



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Sofia Pereira Machado

Aplicação da Metodologia TRIZ a um
Sistema de Aproveitamento de
Águas Pluviais de uma Unidade Hospitalar



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Sofia Pereira Machado

Aplicação da Metodologia TRIZ a um
Sistema de Aproveitamento de
Águas Pluviais de uma Unidade Hospitalar

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professora Doutora Maria Manuela Carvalho de Lemos
Lima



AGRADECIMENTOS

Finalmente após um longo e árduo percurso, consegui alcançar a meta pela qual lutei e que desejei.

Começo por agradecer a Deus, pela coragem e motivação que me deu ao longo de todo o meu curso académico para nunca desistir, mesmo nos momentos mais difíceis.

À minha orientadora, a Professora Doutora Maria Manuela Lima, pela aceitação desta tarefa, apoio, acompanhamento e cooperação no decorrer da elaboração deste trabalho, que fizeram com que o meu ritmo de trabalho nunca diminuísse e com que as tarefas e os objetivos a que me propus fossem concretizados.

Ao engenheiro Luís Moreira, por ter aceitado colaborar na minha dissertação. Agradeço a preciosa ajuda, disponibilidade, paciência e gentileza que sempre teve para comigo, uma vez que o seu tempo já era reduzido mas mesmo assim nunca me negou ajuda. Sendo sempre muito amável, atencioso e prestável, sem ele não teria sido possível concretizar esta etapa crucial da minha caminhada académica.

Ao meu pai, Adelino Machado, que faleceu no terceiro ano do meu curso e que infelizmente não pode assistir a este prazeroso desfecho, no entanto foi graças à sua motivação que inicialmente não desisti e que hoje estou aqui. Se inicialmente este era um sonho dele, após a sua partida passou a ser o meu objetivo e motivação, por saber que estava a realizar o que ele sempre desejou para mim e hoje sinto-me feliz por isso.

À minha mãe, Marcelina Barbosa, pela imensa coragem, ajuda incondicional, motivação, carinho e compreensão ao longo de todo o meu percurso e nas horas mais difíceis, que fizeram com que nunca desistisse, mesmo estando longe de casa e da família.



Às minhas irmãs, Lúdia Machado e Cristina Machado, pelo apoio e paciência nos momentos mais difíceis, pilares fundamentais da minha vida, por percorrem quilómetros só para almoçar ou jantar comigo na altura dos exames e quando me sentia em baixo, por me fazerem acreditar que eu iria conseguir e me proporcionarem momentos de alívio, descontração e de riso ao longo destes anos.

Ao meu namorado, José Pedro Barbosa, e à sua família, pela ajuda, motivação, boa disposição, paciência e apoio incondicional desde que os conheci. Um grande obrigada especialmente ao José Pedro, pois é graças a ele que consegui terminar esta etapa. Sempre me apoiou, mesmo nos momentos mais difíceis e em que praticamente não tinha tempo para lhe dar a atenção que ele merecia, foi o meu pilar para a concretização deste sonho.

Ao meu “cunhado”, Nelson Rodrigues, pela amizade, descontração, momentos de boa disposição e pela disponibilidade sempre que lhe pedi conselhos e ajuda nos momentos em que precisei.

Como não podia deixar de ser, tenho de agradecer à minha amiga Melissa Barbosa, pela verdadeira amizade ao longo destes 8 anos, os sinceros e valiosos conselhos, os telefonemas que me proporcionavam momentos de descontração, riso, motivação e companhia, nos momentos em que me sentia em baixo e sozinha. Apesar de estar a quilómetros de distância nunca me abandonou e sempre teve tempo e uma palavra amiga para me confortar.

Claro que também não posso deixar de agradecer, aos meus colegas de universidade, Mariana Gomes, Tiago Ferreira e Carlos Gomes, pela ajuda ao longo destes anos de curso e ao longo desta dissertação, a eles devo um sincero e muito obrigado, pois foram uma peça fundamental nesta etapa, sem eles sei que teria sido muito mais difícil. Estarão sempre presentes na minha memória os momentos de ajuda e os momentos de amizade sincera que me proporcionaram. Com eles chorei, ri e encontrei um ombro amigo.

Por fim, termino com a parte da oração com que sempre me identifiquei e que me acompanhou ao longo do meu percurso e que me motivou a seguir o meu caminho:

“Pai Nosso que estais nos céus, santificado seja o Vosso nome, venha a nós o Vosso reino, seja feita a Vossa vontade assim na terra como no céu...”





A adversidade é como um forte vendaval. Arrebata
tudo menos o que não se pode arrebatat, e faz com
que nos vejamos como somos na realidade"

(Arthur Golden)



RESUMO

Atualmente, a gestão eficiente de recursos naturais do planeta torna-se cada vez mais urgente e necessária, uma vez que a utilização descontrolada dos mesmos pode conduzir à escassez de alguns, que poderão já não se encontrar disponíveis para as gerações futuras, como é o caso da água potável. Esta é um bem essencial para a Humanidade e fundamental para a saúde, alimentação e para a economia. De modo a satisfazer a sua procura futuramente devem criar-se e desenvolver os meios e as soluções necessárias para o seu uso eficiente, uma vez que na natureza não se encontra água pura, pois esta apresenta capacidade para dissolver diversas substâncias e transportar matérias em suspensão.

No âmbito da procura de soluções sustentáveis para a utilização deste recurso, surge o SAAP – sistema de aproveitamento de águas pluviais. De modo a perceber-se melhor a relevância deste tema é elaborada uma pesquisa bibliográfica bem como uma breve síntese histórica sobre esta prática. O objetivo desta dissertação consiste em utilizar a metodologia TRIZ – Teoria para Resolução de Problemas Inventivos na análise de um sistema de aproveitamento de águas pluviais numa unidade hospitalar no distrito de Braga. Procura-se analisar a viabilidade, desenvolver e avaliar novas soluções técnicas para o sistema, de modo a aumentar as vantagens e os benefícios que as mesmas podem trazer para o mesmo.

Estudam-se as diferentes componentes do sistema e os requisitos que este deve cumprir para o correto funcionamento, através da aplicação da metodologia TRIZ. A presente dissertação utiliza os princípios e disposições de evolução que se encontram definidas na TRIZ, para avaliar e investigar novas soluções que possibilitem o progresso dos SAAP atuais, de modo a indicar alternativas possíveis no seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Sistema de aproveitamento de águas pluviais, TRIZ, método dos objetivos ponderados, sustentabilidade





ABSTRACT

Currently the efficient management of the planet's natural resources becomes even more urgent and necessary since the uncontrolled use of the natural resources can lead to shortages in, for example, potable water, which may no longer be available for future generations. Water is an essential commodity and fundamental to one's health, diet, and economy. Therefore, in order to meet its "future demand" there must be an establishment and development of necessary solutions for an efficient use of this priceless commodity, seeing that water, in its pure form, cannot be found in nature.

In the search for sustainable solutions for water use, there is the RHS, Rainwater Harvesting System. In order to better understand the relevance of this theme, a literature review on the topic is elaborated, as well as, a brief historical overview of this practice. The aim of this work is to use the TRIZ methodology, Theory of the Resolution of Invention-Related tasks, in the analysis of a rainwater harvesting system for a hospital in the Braga district. This dissertations seeks to analyze the feasibility, and develop and evaluate new technical solutions for the system in a way that increases the system's advantages and benefits.

Different components of the system and the requirements they must meet for proper functioning were studied through the application of the TRIZ methodology. This dissertation uses the principles and provisions of evolution that are defined in the TRIZ methodology to evaluate and investigate new solutions that enable the progress of current SAAPs, in order to indicate possible alternatives for its development.

Keywords: Rainwater harvesting systems, TRIZ methodology, Weighted objectives method, Sustainability





ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo.....	v
Abstract	vii
Índice de abreviaturas	xviii
1. Introdução	- 1 -
1.1. Interesse e enquadramento do tema.....	- 1 -
1.2. Objetivos	- 3 -
1.3. Estrutura da dissertação.....	- 4 -
2. Revisão bibliográfica	- 7 -
2.1. Estudo do aproveitamento de águas pluviais noutros países.....	- 7 -
2.2. Estudo do aproveitamento de água pluvial em Portugal	- 10 -
2.2.1. Pluviosidade em Portugal Continental.....	- 11 -
2.3. Vantagens e desvantagens dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais.....	- 14 -
2.4. Pegada Hídrica	- 15 -
2.4.1. Pegada Hídrica de Portugal.....	- 17 -
2.5. Legislação e normalização	- 18 -
2.6. Qualidade da água pluvial	- 21 -
3. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais.....	- 25 -
3.1. Componentes dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.....	- 27 -
3.1.1. Superfície de captação	- 27 -
3.1.2. Dispositivos de desvio das primeiras águas (first flush).....	- 34 -
3.1.3. Dispositivos de filtração.....	- 35 -
3.1.4. Reservatórios de armazenamento.....	- 37 -
3.1.5. Sistema de bombagem	- 53 -



3.1.6.	Tratamento	- 59 -
3.1.7.	Rede de distribuição	- 61 -
3.1.8.	Manutenção	- 61 -
4.	TRIZ: Teoria para resolução de problemas inventivos.....	- 63 -
4.1.1.	Descrição da metodologia TRIZ	- 63 -
5.	Caso de Estudo: Sistema de aproveitamento de águas pluviais numa unidade hospitalar na zona de braga	- 69 -
5.1.	Descrição do caso prático.....	- 69 -
5.1.1.	Caracterização do sistema de rega	- 70 -
5.2.	Análise do sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	- 71 -
5.2.1.	Pluviosidade da zona da unidade hospitalar	- 71 -
5.2.2.	Superfície de captação	- 72 -
5.2.3.	Encaminhamento da água para o reservatório de água pluvial	- 75 -
5.2.4.	Dispositivos de filtração.....	- 77 -
5.2.5.	Reservatório de armazenamento água pluvial	- 78 -
5.2.6.	Encaminhamento da água para os locais de consumo	- 81 -
6.	Aplicação da metodologia TRIZ ao caso de estudo	- 83 -
6.1.	Estrutura das funções.....	- 83 -
6.2.	Árvore de objetivos	- 84 -
6.3.	Especificações	- 84 -
6.4.	Escolha do tipo de componentes	- 85 -
6.5.	Descrição de cada função dos componentes básicos do SAAP em estudo	- 86 -
6.6.	Método dos objetivos ponderados	- 86 -
6.7.	Justificação da classificação	- 91 -
6.7.1.	Conclusão.....	- 92 -
6.7.2.	Discussão de resultados	- 92 -



6.7.3. Análise de sensibilidade aos pesos atribuídos aos desempenhos das funções de cada componente do SAAP em análise.....	- 96 -
7. Síntese e conclusão	- 105 -
8. Perspetivas de evolução.....	- 107 -
BIBLIOGRAFIA	- 109 -
ANEXOS	- 115 -





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de drenagem de Tóquio (O Observador, 2011)	- 9 -
Figura 2 - Natura Towers, Telheiras (Natura Towers, 2015).....	- 11 -
Figura 3 - Precipitação acumulada anual (IPMA, 2015)	- 13 -
Figura 4 - Instalação típica para a captação de água pluvial (AMSHA AFRICA FOUNDATION, 2010)Os equipamentos que integram os SAAP podem ser projetados, desenvolvidos e instalados de raiz paralelamente à construção da habitação, podendo também ser instalados em edifícios já construídos, havendo inúmeras soluções técnicas para a sua instalação.	- 27 -
Figura 5 - Malha de plástico ou metal instalada sobre a caleira (Bertolo, 2006).....	- 33 -
Figura 6 - Formatos comuns de caleiras (Pereira, 2012)	- 34 -
Figura 7 - Dispositivo de desvio das primeiras águas (May S. , 2004)	- 35 -
Figura 8 - Filtro de água pluvial (Skywater Catalog, 2010)	- 37 -
Figura 9- Reservatório doméstico superficial (Guidelines for residential properties in Cambera, 2008)	- 41 -
Figura 10 - Sistema de aproveitamento de água pluvial instalado no sótão (Neves, 2006).....	- 42 -
Figura 11 - Sistema de aproveitamento de água pluvial doméstica exterior e enterrado (Sacadura, 2011).	- 42 -
Figura 12 - Reservatório em madeira (Texas Water Development Board , 2005)	- 46 -
Figura 13 - Reservatório de aço galvanizado (Texas Water Development Board , 2005)	- 49 -
Figura 14 - Conjunto de sucção flutuante (3P Technik, 2005)	- 51 -
Figura 15 - Amortecedor (3P Technik, 2005).....	- 52 -
Figura 16 – Sifão (3P Technik, 2005).....	- 53 -
Figura 17 - Descarga de superfície (Harvesting rainwater for domestic uses: na information guide, 2010)	- 53 -
Figura 18 - Aplicação possível de uma bomba centrífuga normal (Rodrigues, 2010)	- 55 -
Figura 19 - Aplicação possível de uma bomba centrífuga auto ferrante (Rodrigues, 2010)	- 56 -
Figura 20 - Matriz dos objetivos ponderados (Silva L. , 2013)	- 65 -
Figura 21 - Matriz por ordem de importância dos objetivos (Silva L. , 2013)	- 66 -
Figura 22 - Objetivos em posição de importância numa escala de 1 a 10 (Silva L. , 2013).....	- 66 -
Figura 23 - Controlador total de rega.....	- 70 -
Figura 24 - Valores médios das quantidades totais e máximas diárias por mês da precipitação na região de Braga. (IPMA, 2015).....	- 71 -



Figura 25 - Valores da precipitação mensal na região de Braga (SNIRH, 2015).....	- 72 -
Figura 26 - Delimitação das coberturas e das zonas exteriores	- 73 -
Figura 27 - Ralo do sistema Geberit pluvial (Geberit, 2015).....	- 76 -
Figura 28 - Tubo de queda do sistema	- 76 -
Figura 29 - Localização do reservatório de água pluvial	- 77 -
Figura 30 - Dispositivo de filtração instalado entre a bacia de retenção e as eletrobombas.....	- 78 -
Figura 31 – Local onde se encontra o reservatório enterrado	- 79 -
Figura 32 - Planta do reservatório de água pluvial	- 79 -
Figura 33 - Eletrobombas que constituem o sistema	- 82 -
Figura 34 - Árvore de objetivos específicos aplicados ao SAAP em estudo	- 84 -



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Representação esquemática dos componentes de uma pegada hídrica (Hoekstra <i>et al</i> , 2011)	- 16 -
Tabela 2 - Valores típicos de coeficientes de escoamento consoante a superfície de captação (Sacadura, 2011)	- 29 -
Tabela 3 - Comparação das vantagens de desvantagens da escolha da localização do reservatório (Rodrigues, 2010)	- 39 -
Tabela 4 - Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP (ANQIP, 2009)	- 62 -
Tabela 5 - Desempenho com uso de duas escalas (Silva L. , 2013)	- 67 -
Tabela 6 - Classificação da escala de desempenho utilizando uma escala de 10 pontos	- 68 -
Tabela 7 - Volumes mensais aproveitáveis de água pluvial	- 74 -
Tabela 8 - Mapa morfológico	- 86 -
Tabela 9 - Classificação da escala de desempenho utilizando uma escala de 10 pontos	- 87 -
Tabela 10 - Método dos objetivos ponderados para a captação (coberturas)	- 88 -
Tabela 11 - Método dos objetivos ponderados para a captação (pavimentos)	- 89 -
Tabela 12 - Método dos objetivos ponderados para o sistema de condução da água até ao reservatório	- 89 -
Tabela 13 - Método dos objetivos ponderados para a constituição dos materiais que conduzem a água até ao reservatório	- 90 -
Tabela 14 - Método dos objetivos ponderados para a posição do reservatório	- 90 -
Tabela 15 - Método dos objetivos ponderados para a constituição do reservatório	- 91 -
Tabela 16 - Resultados da aplicação do método dos objetivos ponderados	- 93 -
Tabela 17 - Método dos objetivos ponderados para a captação no caso do cenário 1	- 97 -
Tabela 18 - Método dos objetivos ponderados para a condução da água até ao reservatório no caso do cenário 1	- 98 -
Tabela 19 - Método dos objetivos ponderados para a posição e constituição do reservatório no caso do cenário 1	- 99 -
Tabela 20 - Método dos objetivos ponderados para a captação reservatório no caso do cenário 2	- 100 -
Tabela 21 - Método dos objetivos ponderados para a condução da água até ao reservatório no caso do cenário 2	- 101 -



Tabela 22 - Método dos objetivos ponderados para a posição e constituição do reservatório no caso do cenário 2..... - 102 -

Tabela 23 - Soluções recomendadas resultantes do cenário 1 e 2 - 103 -





ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

DQA – Diretiva Quadro da Água

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

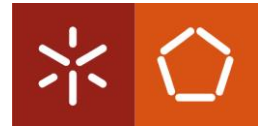
PEAD – polietileno de alta densidade

PNEUA – Plano Nacional para o Uso Eficiente Da Água

PVC – Policloreto de vinilo

SAAP – Sistema de aproveitamento de águas pluviais

TRIZ – Teoria de Resolução de Problemas Inventivos





1. INTRODUÇÃO

1.1. Interesse e enquadramento do tema

O crescente aumento da população mundial conduziu a um aumento da procura de água potável e a uma maior impermeabilização dos solos, o que fez com que aumentassem os escoamentos superficiais de água, resultando no aumento de inundações, poluição e diminuição da quantidade de água nos aquíferos. Além disso, outros fatores como as alterações climáticas que ocorrem devido a razões ambientais, a poluição abusiva dos aquíferos que se tem verificado por todo o planeta e a ausência de tratamento das águas residuais e do correspondente reaproveitamento, levaram a que água se tornasse num recurso cada vez mais limitado, com custos associados gradualmente mais elevados, o que leva a que esta situação atual se torne preocupante.

A escassez de água potável e a progressiva consciência ambiental dos cidadãos está a dar origem a novas práticas relacionadas com o aproveitamento de água pluvial, de modo a que se assiste a um retorno da valorização e conservação da água. Devido a estas circunstâncias tornou-se necessário recorrer a ações e métodos, de forma a tratar este recurso de modo sustentável, isto é, adotando-se medidas para um consumo eficiente de água pode-se diminuir a quantidade e o desperdício de água que é retirada dos recursos hídricos, e assim diminuir a pressão sobre os mesmos.

Entre as diversas medidas que têm sido propostas para aumentar a eficiência hídrica e reduzir a utilização de água potável, surge a utilização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) em edifícios de habitação, hospitalares, comerciais e industriais. Este tipo de sistemas ao longo dos anos tem vindo a ser cada vez mais utilizado nos países mais industrializados, no entanto em Portugal a sua aplicação é ainda escassa, principalmente, devido à falta de informação e aos elevados custos de implantação do sistema.



O aproveitamento de águas pluviais consiste em captar a água da chuva que cai sobre as superfícies de captação e direcioná-las para reservatórios de armazenamento para serem utilizadas posteriormente. De um modo geral, a captação da água da chuva é efetuada no telhado das habitações, mas também pode ser efetuada noutras superfícies de recolha, tais como: pavimentos e superfícies relvadas. Caso contrário, esta água seria encaminhada diretamente para o esgoto ou assumiria outros estados físicos através da transpiração e evaporação. Uma vez efetuada a recolha e o armazenamento, esta água pode ser utilizada para diversas atividades que necessitem de água com parâmetros de qualidade inferior ao das águas potáveis, tais como: lavagem de pavimentos, descargas de autoclismos, rega de jardins e em sistemas de combate a incêndios.

A sustentabilidade de um sistema de aproveitamento de águas pluviais depende essencialmente do regime de precipitação local, da poluição existente na atmosfera onde se tenciona implementar o sistema, da capacidade de armazenamento do reservatório, da dimensão da área de recolha e do conhecimento dos volumes de precipitação normais da zona onde se tenciona construir o sistema.

Na tentativa de implementar e melhorar um sistema de aproveitamento de águas pluviais com a finalidade de o tornar o mais eficiente e sustentável possível, irão ser aplicados os princípios e as disposições da metodologia TRIZ, definida como uma teoria de resolução de problemas inventivos. Trata-se de uma metodologia que incentiva a inovação e o desenvolvimento tecnológico. Esta metodologia surgiu com base no trabalho do engenheiro e inventor, Genrich Altshuller e a sua equipa, nos anos 40 do século passado na extinta União Soviética. Estes dedicaram-se à análise de milhares de patentes, com o fim de procurar inspiração para melhorar ou criar novos equipamentos e com o objetivo de encontrar o algoritmo que sistematizasse a criatividade. O resultado foi uma teoria que engloba o estudo dos sistemas tecnológicos, da sua evolução, da procura de novas soluções tecnológicas e de métodos para ajudar engenheiros e inventores a desbloquearem os seus processos cognitivos, potencializando, assim o processo criativo (Carneiro, 2013). Esta metodologia foi anteriormente aplicada pela primeira vez a um SAAP (Gomes, 2014), partindo a presente dissertação dessa aplicação no sentido de a complementar e de possibilitar a sua aplicação a um caso de estudo real e concreto.

Assim, espera-se que com o auxílio da metodologia TRIZ seja possível desenvolver, avaliar e admitir novas soluções técnicas para os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, de modo a aumentar os seus benefícios do ponto de vista sustentável, ambiental e económico.



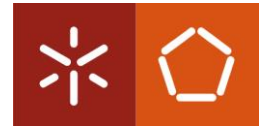
1.2. Objetivos

O objetivo geral desta dissertação prende-se com a aplicação do conceito de aproveitamento de águas pluviais, estudando-se e analisando-se para tal a sua evolução ao longo do tempo e abordando-se os principais benefícios aliados ao mesmo. Além disso objetiva-se clarificar as aplicações existentes, quer a nível nacional quer a nível mundial, dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, procedendo-se igualmente a uma caracterização geral deste tipo de sistemas e das suas principais aplicações.

Com a elaboração desta dissertação, partindo-se deste objetivo geral pretende-se contribuir para o aumento do conhecimento e desenvolvimento de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, aplicando a metodologia TRIZ. Esta metodologia será utilizada como técnica, ajuda e ferramenta devido à forma como aborda a criatividade e desenvolvimento tecnológico, uma vez que se trata de um processo viável de adquirir mais conhecimento sobre o funcionamento dos SAAP, com o objetivo de desenvolver novas soluções técnicas para o equipamento, principalmente a nível ambiental. Sendo assim, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são excelentes candidatos para serem estudados através desta metodologia, uma vez que esta ainda se encontra pouco difundida no nosso país e é possível que venham a surgir novos caminhos nesta área de estudo, promovendo-se assim a inovação (Carneiro, 2013).

Para a realização deste objetivo geral é necessário a realização dos seguintes objetivos específicos:

- Recolher informação bibliográfica relativamente ao funcionamento dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais existentes em Portugal e noutros países, à localização dos sistemas, aos acessórios e aos materiais utilizados na construção dos mesmos;
- Recolher informação bibliográfica relativamente às aplicações das águas pluviais em edificações para fins não potáveis;
- Recolher informação bibliográfica sobre as vantagens e desvantagens da implantação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais e a importância do reaproveitamento da água;
- Escolher um sistema de abastecimento de águas pluviais existente e em funcionamento;



- Recolher informação bibliográfica relativamente à pluviosidade da área em estudo;
- Recolher informação junto dos utilizadores do sistema de aproveitamento de águas pluviais já existente e em funcionamento, escolhido para o caso de estudo, com o objetivo de melhorar a constituição do equipamento de modo a que este se torne o mais sustentável possível;
- Recolher informação bibliográfica sobre a metodologia TRIZ;
- Melhorar a metodologia de análise de SAAP com base na metodologia TRIZ, estabelecendo novos objetivos e funções de forma a avaliar de uma perspetiva diferente o desempenho de cada uma das componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial que se pretende estudar;
- Efetuar uma análise de sensibilidade relativa aos pesos atribuídos aos desempenhos das funções de cada componente do SAAP, tendo por base a opinião dos utilizadores do sistema de água pluvial escolhido para caso de estudo;
- Determinar a partir da aplicação da metodologia TRIZ ao sistema de aproveitamento de água pluvial em análise as correções, melhorias ou novas soluções técnicas que podem ser implementadas no mesmo.

1.3. Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em oito capítulos. Após este capítulo inicial introdutório, o capítulo 2 apresenta um breve estudo sobre o aproveitamento de água pluvial em Portugal e no mundo bem como a respetiva legislação e normalização. Apresenta-se um estudo da pluviosidade em Portugal Continental e uma análise elucidativa da qualidade da água pluvial.

No capítulo seguinte apresenta-se uma explicação sobre os sistemas de aproveitamento de águas pluviais onde se descreve as etapas pelas quais a água passa, desde a sua recolha até aos pontos de consumo, os principais fatores que influenciam o dimensionamento e implantação do reservatório de armazenamento de águas pluviais e as componentes básicas que constituem o sistema, especificando-se as características desempenhadas por cada componente.

O capítulo 4 foca-se na descrição da metodologia a aplicar, a TRIZ, desenvolvida por Gomes (2014). Sendo como objetivo principal deste trabalho dar continuidade à metodologia de análise de

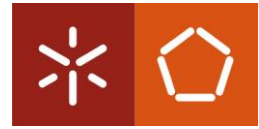


SAAP, abordada no ano anterior, de forma a obter novas soluções que se podem implementar nos SAAP.

O capítulo que se segue foca-se inteiramente no caso de estudo de um sistema de águas pluviais numa unidade hospitalar, onde se descreve o sistema e analisam-se os consumos mensais do mesmo, tendo em conta a precipitação local, o volume de água aproveitada pelas superfícies de recolha e a dimensão do reservatório de armazenamento.

No capítulo 6 aplica-se a metodologia TRIZ ao caso de estudo, analisando toda a informação sobre as diferentes opções disponíveis para os elementos constituintes do SAAP que irão ser abordados, mencionando a variedade existente, deste modo procura-se que o resultado final seja o mais otimizado possível. É esperado o desenvolvimento de novas soluções técnicas para o equipamento em estudo, de modo a aumentar o desempenho e vantagens do sistema. Em seguida, efetua-se uma análise de sensibilidade às ponderações atribuídas aos desempenhos das funções de cada componente do SAAP que foram abordadas anteriormente, elaborando-se para tal diferentes cenários com o propósito de efetuar uma análise comparativa entre os mesmos.

Nos capítulos 7 e 8 apresenta-se uma síntese e conclusão desta dissertação, bem como sugestões de trabalhos que poderão vir a ser desenvolvidos no futuro dentro desta temática, de forma a contribuir para o desenvolvimento deste tipo de sistemas.





2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para compreender melhor o tema é necessário compreender todos os conceitos que o englobam e elaborar uma análise tendo em conta a posição e o grau de importância que este ocupa nos dias de hoje.

O presente capítulo começa por explicar e introduzir a temática de aproveitamento de água pluvial, o respetivo enquadramento geral. Em seguida apresenta-se o conceito de pegada hídrica e uma análise elucidativa da qualidade da água pluvial.

2.1. Estudo do aproveitamento de águas pluviais noutros países

O aproveitamento de águas pluviais não é uma inovação nos dias de hoje, principalmente nas regiões mais áridas e semiáridas. Esta técnica foi empregue há milhares de anos atrás em distintas partes do mundo e em diferentes continentes. A sua difusão sucedeu principalmente nas regiões mais secas, onde a precipitação anual é muito baixa, as chuvas acontecem durante poucos meses e em locais diferentes. Por vezes, esta foi a única opção disponível de aquisição de água para o consumo humano nessas regiões. Esta prática de aproveitamento de águas pluviais teve elevada importância no desenvolvimento e sobrevivência dos povos (Sacadura, 2011)

Atualmente países como o Japão, a China, Alemanha, Moçambique, Tailândia, Singapura, Holanda estão seriamente empenhados na disseminação do aproveitamento de água da chuva.

No caso de países como a China, Moçambique e Tailândia estes foram obrigados a desenvolver técnicas de aproveitamento de águas pluviais devido à escassez de água que se faz sentir nestes países.

Na província de Gansu, uma das mais secas da China, a precipitação anual é de 300 mm e a evaporação potencial varia entre 1500 e 2000 mm. Devido a estes valores de precipitação anual, uma das medidas implementadas nesta província foi a construção de tanques de armazenamento de águas



pluviais para fornecer água potável, desenvolver a agricultura, e melhorar o ecossistema de áreas secas (Hagemann, 2009).

Em Moçambique, uma vez que a água superficial é relativamente escassa e encontra-se mal distribuída a captação de águas pluviais é uma técnica tradicional que ainda é largamente utilizada, principalmente nas províncias centrais de clima mais árido. A prática mais comum consiste na construção de tanques de argila, que armazenam as águas escoadas. Nas regiões que dispõem de mais recursos, os tanques são construídos em betão (Hagemann, 2009).

O Japão é um bom exemplo de implementação de tecnologias de aproveitamento de águas pluviais, uma vez que possui um elevado número de sistemas de aproveitamento das mesmas devido á necessidade de controlar o elevado escoamento superficial, de fontes alternativas de água, ao incentivo financeiro concedido pelo governo para construção deste tipo de sistemas e pela criação de regulamentos que obrigam a que todos os prédios captem as águas pluviais, quando a área do terreno for superior a $10\,000\text{ m}^2$ ou quando os edifícios possuírem uma a área superior a $3\,000\text{ m}^2$. Ainda mais, com o intuito de reduzir o consumo de água potável o regulamento obriga a que todos os prédios com uma área superior a $30\,000\text{ m}^2$ utilizem mais de 100 m^3 por dia para fins não potáveis.

Um exemplo de sistemas de captação de águas pluviais, no Japão, é nos estádios de Tokyo, Fukuoka e Nagoya, estes possuem áreas de captação e reservatórios de armazenamento, de forma a que cerca de 73% da água que se escoia pela superfície dos telhados é captada e utilizada para fins não potáveis como a rega de jardins e descarga de autoclismos (Hagemann, 2009).

Recentemente em Tóquio, para evitar a inundação da cidade durante a época das chuvas construi-se um complexo subterrâneo para armazenar as águas pluviais e caso seja necessário conduzi-las em direção ao rio. Este complexo é constituído por poços de 32 m de diâmetro e por 65 m de profundidade interligados por tuneis de 64 Km, que formam um colossal sistema de drenagem de águas (Figura 1).



Figura 1 - Sistema de drenagem de Tóquio (O Observador, 2011)

Ainda no Continente asiático temos o exemplo do aeroporto de Changi, em Singapura, que capta as águas pluviais das pistas de aterragem para posterior utilização nas descargas de autoclismos e rega de jardins, ajudando a minimizar problemas decorrentes de inundação nas pistas.

Na Holanda, por exemplo, a água é captada para evitar o transbordamento de canais que rodeiam o país, situado abaixo do nível do mar. A água armazenada é utilizada na irrigação de terrenos e abastecimento de fontes ornamentais (May S. , 2009).

A Tailândia possui águas subterrâneas muito salinas devido ao seu território ter tido origem numa regressão marítima, a precipitação anual é de aproximadamente de 1300 mm, e raramente chove na estação seca, que vai de Outubro a Janeiro. Atualmente uma ONG dá suporte financeiro para agricultores que queiram utilizar as águas pluviais. Esta iniciativa foi considerada um êxito principalmente porque a prática teve grande aceitação por parte de população.

Na Alemanha, para o controlar as cheias, melhorar o microclima e poupar mais água foi implantado um sistema que capta a água da chuva de telhados e armazena essa água em reservatórios de cimento de 6 m³, este sistema encontra-se presente em 35% dos edifícios recentemente construídos, uma vez que beneficiam do apoio financeiro do seu governo. A água captada e armazenada nestes sistemas é posteriormente utilizada para descargas de autoclismos, lavagem de roupas, rega de plantações, entre outros usos (Hansen, 1996).



2.2. Estudo do aproveitamento de água pluvial em Portugal

Embora em Portugal o aproveitamento da água da chuva não seja ainda uma prática corrente, hoje em dia é possível encontrar alguns exemplos de empreendimentos de sistemas de aproveitamentos de águas pluviais, desenvolvidos por entidades públicas e privadas, que comprovam que o uso da água da chuva ao longo da história sempre foi uma técnica importante e praticada. Isto deve-se ao facto de esta técnica ser a única opção disponível de obtenção de água, que é um bem essencial para o consumo humano, principalmente em regiões secas.

Um exemplo é a Vila de Monsaraz, que construiu um notável sistema de recolha de águas pluviais coletivo através de uma complexa rede de caleiras e tubos de queda que encaminham as águas para uma cisterna. Construída no final da Idade Média (séculos XIV – XV), e de enormes proporções, a cisterna recolhia e armazenava as águas pluviais caídas sobre o telhado de Monsaraz, e constituía o principal reservatório abastecedor da população.

No Algarve, onde a precipitação é menos abundante, podem identificar-se várias construções de reservatórios para aproveitamento das águas pluviais. Às portas do castelo de Silves existe ainda a cisterna árabe, que tem uma forma circular, com 18 metros de profundidade e 2,5 m de diâmetro. Localiza-se junto à muralha e próxima da porta principal, o que sugere que terá tido um papel fundamental no abastecimento da cidade baixa (Sacadura, 2011).

Atualmente já se encontram disponíveis em comercialização por várias empresas produtos, serviços e sistemas de aproveitamento de águas pluviais completos ou com as componentes em separado.

Em seguida apresentam-se alguns exemplos de recentes aplicações de sistemas de aproveitamento de águas pluviais por todo o território português, embora a maior parte dos quais se encontrem associados a rega de jardins e limpeza de pavimentos.

Um exemplo é um hotel em Angra do Heroísmo, Terceira Mar Hotel, que faz o aproveitamento de água pluvial para rega de jardins. O reservatório foi construído em 2003 e tem a capacidade de 1500 m^3 (ambiente online).

Em Aveiro, o Departamento de Engenharia Civil da universidade instalou um sistema de aproveitamento de águas pluviais para apoio ao seu laboratório de hidráulica. Este sistema foi



instalado no âmbito da cooperação existente entre o Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP). Destaca-se ainda que com investimentos adicionais relativamente pequenos, é possível executar uma extensão deste sistema para alimentação de instalações sanitárias, torneira de lavagens e sistemas de rega (Sacadura, 2011).

Em Oeiras temos um outro caso, desta vez no edifício da sede da empresa Seth, em que o sistema implementado teve como objetivo a utilização de águas pluviais para a descarga de autoclismos de sanitas e mictórios, na lavagem de garagens, na rega dos jardins e no sistema de combate a incêndios. Pode também referir-se as Natura Towers, em Lisboa, edifício que aloja a nova sede da empresa de construção MSF, é um exemplo de um edifício sustentável, pois possui medidas de eficiência energética e hídricas a vários níveis. O sistema de aproveitamento de águas pluviais recolhe a água das coberturas, sendo armazenada nas caves e posteriormente utilizada para rega (Figura 2).



Figura 2 - Natura Towers, Telheiras (Natura Towers, 2015)

2.2.1. Pluviosidade em Portugal Continental

A precipitação é um processo hidrológico com uma dinâmica não linear, caracterizado por extrema variabilidade manifestada num largo espectro de escalas temporais e espaciais. Esta variabilidade envolve um grande intervalo dinâmico, uma vez que em alguns casos pode conduzir a situações de catástrofe, tanto relacionadas com secas como com cheias (Santos, 2011).



Portugal Continental, possui no norte atlântico um clima temperado mediterrânico de influência atlântica, no norte transmontano um clima temperado mediterrânico de influência continental e no sul um clima temperado mediterrânico. Assim, este não pode ser considerado, em termos de precipitação, um país desfavorecido em recursos hídricos. No entanto esta situação tem-se vindo a alterar nos últimos anos e as regiões mais afetadas com estas alterações climáticas são as do interior, que são as mais afetadas pela seca, e as do litoral, que sofrem com períodos de chuva intensa (Santos, 2011).

No anexo 1, encontra-se um mapa da pluviosidade média anual em Portugal Continental, onde é possível observar-se a distribuição espacial em Portugal Continental, verificando-se que o norte do país é mais húmido que o sul, tal facto deve-se á circunstância do norte da Península Ibérica ser influenciada pelos sistemas frontais vindos do Atlântico, o que normalmente não afeta a zona sul.

Segundo o instituto português do mar e da atmosfera a temperatura média anual varia entre cerca de 7 °C nas terras altas do interior norte e centro e cerca de 18 °C no litoral sul. Assim, com base nos mesmos dados concluiu-se que a precipitação média anual tem valores mais elevados no Minho e no Douro litoral e os valores mais baixos no interior do Baixo Alentejo. Portugal é assim considerado um dos países com clima mais ameno da Europa (IPMA, 2015).

A precipitação anual média varia entre pouco mais de 300 mm nas montanhas do norte e menos de 400 mm em zonas do sul do Alentejo.

Da análise do mapa de precipitação acumulada anual pode-se concluir que a região onde chove mais em Portugal Continental é a zona Norte e Oeste (Alto Minho) (Figura 3).

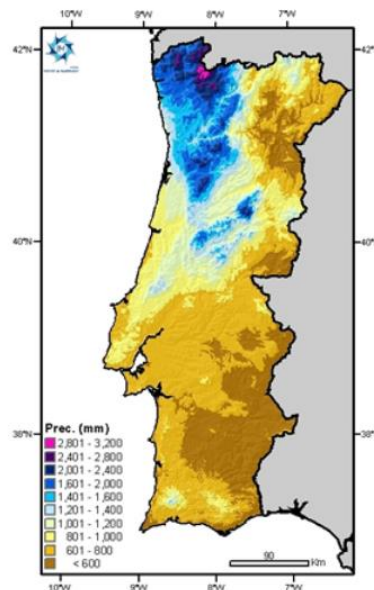


Figura 3 - Precipitação acumulada anual (IPMA, 2015)

A neve ocorre regularmente em quatro distritos no norte do país ao longo do período de Inverno, que são, Guarda, Bragança, Vila Real e Viseu, diminuindo a sua ocorrência em direção ao sul, até se tornar inexistente na maior parte do Algarve.

A precipitação num dado local varia de forma acentuada ao longo do ano, concentrando-se no semestre de Outubro a Março. Os maiores valores de precipitação correspondem, de modo geral, aos meses de Dezembro e Janeiro e os menores valores registam-se nos meses de Julho a Agosto. Estes factos demonstram que a precipitação em Portugal, além de se distribuir de forma irregular no território, apresenta também uma grande variabilidade ao longo do ano e de ano para ano. A variação ao longo do ano deve-se á circulação geral das massas de ar na região da Península Ibérica e a distribuição espacial é explicada com base nos fatores climáticos regionais e globais, como a latitude, influências oceânicas e continentais.

Embora a precipitação anual num local varie acentuadamente de ano para ano, o respetivo valor médio num período superior a cerca de 30 anos, geralmente, mantêm-se constante. Naturalmente, que aspetos como as alterações climáticas podem resultar em variações mais ou menos significativas nos valores médios e na irregularidade da precipitação ao longo do ano.

No entanto, o aproveitamento da água da chuva será de interesse quer nas zonas de seca como nas de maior pluviosidade, nas primeiras, pela sua vertente de economia de água, e nas segundas,



para além da economia da água da chuva, pelo efeito de redução da quantidade de água descarregada no sistema de drenagem urbana (Bertolo & Simões, 2010).

2.3. Vantagens e desvantagens dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais representam uma fonte alternativa de água com qualidade razoável que pode ser utilizada em vários usos, principalmente os considerados não-potáveis reduzindo assim risco de inundações, a utilização de água potável, a quantidade de água da chuva que cai nos esgotos e rios e o volume de água que se descarrega no sistema de drenagem municipal, diminuindo assim os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento e a dependência das reservas de água subterrânea, que devido à sobreexploração podem esgotar-se (May, 2004).

Além destas vantagens, pode-se citar também o reduzido impacto ambiental destes sistemas, facilidade e reduzidos custos de construção e manutenção, utilização de estruturas existentes na edificação (telhados, pavimentos ou superfícies relvadas) e a obtenção de água com qualidade aceitável para variados fins com reduzido ou nenhum tratamento (Marinoski, 2007).

Deste modo, o uso deste tipo de sistemas constitui uma medida com elevado potencial económico e ambiental, uma vez que reduz a utilização de água potável. Podendo as águas pluviais no estado bruto serem utilizadas para fins não-potáveis e quando tratadas podem ser utilizadas em tarefas que exijam água com qualidade inferior à considerada ótima para consumo.

Assim, o sistema de aproveitamento de águas pluviais contribui para a diminuição do volume utilizado de água potável e redução da dependência do abastecimento de água da rede de distribuição, o que conduz a uma economia no sistema de abastecimento. O aproveitamento desta fonte de água terá particular interesse quando não há ligação à rede pública, ou seja, em habitações isoladas ou indústrias.

No entanto, para este sistema possuir benefícios compensadores tem de ser adequado às necessidades dos utilizadores, sendo para tal necessário estudar qual o sistema de aproveitamento de águas pluviais mais adequado a cada caso.



As desvantagens da implementação deste tipo de sistemas são: o elevado custo de instalação, qualidade da água vulnerável podendo causar sérios riscos para a saúde, capacidade de armazenamento que limita a quantidade de água recolhida, diminuição do volume de água recolhida em períodos de seca e a necessidade de se efetuar manutenções periódicas ao sistema, pois caso contrário podem aparecer riscos sanitários (Silva, 2012).

2.4. Pegada Hídrica

A crescente utilização de água doce está a originar grande preocupação em diversas partes do mundo, uma vez que é um bem escasso, vital e essencial para o desenvolvimento e crescimento das populações e dos países.

As atividades humanas consomem e poluem uma grande quantidade de água. A maior parte da utilização desta destina-se à produção agrícola, consumo de volumes significativos de água e poluição pelos sectores industriais e domésticos (Programme, 2009). A poluição e o consumo da água podem estar associados a atividades como a irrigação, higiene pessoal, limpeza e refrigeração. O total de consumo e poluição da água é geralmente considerado como a soma de diversas distribuições de água e atividades poluentes independentes. No entanto tem-se prestado pouca atenção ao facto de que, no final, o total de água consumida e o volume de poluição está relacionado com o que e quanto certas comunidades consomem e à estrutura da economia global que fornece os diversos bens de consumo e serviços (Hoekstra *et al*, 2011).

A ideia de se contabilizar o uso da água ao longo das cadeias produtivas ganhou maior importância após a introdução do conceito de “pegada hídrica” por Hoekstra, em 2002 (Hoekstra A. Y., 2008 b).

A pegada hídrica é um indicador do uso da água que analisa a sua utilização de forma direta e indireta, tanto do consumidor quanto do produtor (Hoekstra & Chapagain, 2008). Ou seja, a pegada hídrica de um indivíduo, comunidade ou empresa é definida como o volume de água doce total que é utilizado para produzir os bens e serviços consumidos pelo indivíduo, comunidade ou produzidos pelas empresas, tanto em território nacional como no estrangeiro, no caso de bens importados (Hoekstra *et al*, 2011).



As pegadas hídricas podem ser divididas em três componentes (Tabela 1):

- Pegada hídrica azul: refere-se ao consumo de água doce superficial ou subterrânea ao longo da sua cadeia produtiva. O termo consumo refere-se à perda de água superficial ou subterrânea disponível numa bacia hidrográfica quando a água evapora, é incorporada num produto, não retorna à mesma bacia hidrográfica embora escoe para outra bacia ou oceano, ou não retorne no mesmo período, por exemplo, quando é retirada no período de seca e só retorne no período de chuvas (GRACE Communications Foundation).
- Pegada hídrica verde: refere-se ao volume de água da chuva consumida, que não escoa, e é utilizada no processo de produção. É particularmente relevante para os produtos agrícolas e florestais correspondendo ao total de água da chuva que sofre evapotranspiração mais a água incorporada nos produtos agrícolas e florestais colhidos (GRACE Communications Foundation).
- Pegada hídrica cinza: refere-se à poluição e é definida como o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes a partir de concentrações em condições naturais e de padrões de qualidade da água existentes (GRACE Communications Foundation).

Tabela 1 - Representação esquemática dos componentes de uma pegada hídrica (Hoekstra *et al*, 2011)

	Uso direto	Uso indireto	
Captação da água	Pegada hídrica Verde	Pegada hídrica verde	Consumo
Vazão de retorno da água captada	Pegada hídrica Azul	Pegada hídrica azul	
	Pegada hídrica Cinza	Pegada hídrica cinza	Poluição

Portanto, a pegada hídrica oferece uma perspetiva mais adequada e mais ampla sobre a forma como o consumidor ou produtor se relaciona com o uso dos sistemas de água doce. É uma medida volumétrica de consumo e poluição, não é uma medida da severidade do impacto ambiental local do consumo e poluição da água. O impacto ambiental local de uma determinada quantidade de consumo e poluição da água depende da vulnerabilidade do sistema hídrico local, do número de consumidores



e poluidores que fazem uso do mesmo sistema. A contabilização da pegada hídrica fornece informações temporais e espaciais específicas acerca de como a água deve ser utilizada nas diversas atividades humanas (Hoekstra *et al*, 2011).

A avaliação da pegada hídrica refere-se a um amplo campo de atividades que visam:

- Definir de objetivos.
- Quantificar e localizar a pegada hídrica de um processo, produto, produtor, consumidor ou quantificar no espaço e no tempo a pegada hídrica numa determinada área geográfica.
- Avaliar a sustentabilidade ambiental, social e económica de cada pegada hídrica.
- Formular estratégias de resposta.

Em termos gerais, é importante avaliar a pegada hídrica e analisar o modo como as atividades e os produtos se podem relacionar com as questões de escassez e poluição da água para que estes se possam tornar o mais sustentáveis possíveis sob o ponto de vista hídrico (Hoekstra *et al*, 2011).

2.4.1. Pegada Hídrica de Portugal

Portugal possui uma das maiores pegadas hídricas por habitante, ocupando a sexta posição numa lista de 140 países analisados. A elevada pegada hídrica de Portugal deve-se à reduzida eficiência do sector agrícola nacional, à dependência dos bens agrícolas, que se importa, principalmente de Espanha, e às diferenças geográficas internas, com problemas de escassez de água a sul.

Estima-se que em Portugal o emprego da água seja de aproximadamente 52 m^3 /pessoa/ano e a capitação diária regional varia entre cerca de 130 litros (nos Açores) e mais de 290 litros (no Algarve). Se a estes valores for acrescentado o consumo de cada indivíduo, toda a água utilizada nos bens consumidos, desde a agricultura à energia, conclui-se que cada cidadão português é responsável pelo uso de $2,264 \text{ m}^3$ /ano. Mais de 80 % desse valor corresponde à água consumida pelos bens agrícolas e cerca de 54% destes corresponde à importação de bens para consumo, ou seja, a maior parte da pegada hídrica de Portugal é externa.



Entre os seis países que possuem as pegadas hídricas mais relevantes, cinco encontram-se na região mediterrânea, nomeadamente: Grécia, Itália, Espanha, Chipre e Portugal.

Portugal possui recursos hídricos relativamente abundantes no contexto da região mediterrânica, ficando somente atrás da Grécia, e apresenta uma taxa de escassez de água de 33%.

Para se melhorar a eficácia da utilização da água deve-se conhecer as características do consumo direto (quem, onde e como se consome mais água) e também do consumo indireto (quem, onde e como se produzem os bens importados e em quais deles na produção se usa água) (PÚBLICO, 2010).

Assim, para alterar este cenário é fundamental apostar na educação, sensibilização dos consumidores para que optem por escolhas pessoais mais sustentáveis e desenvolver ferramentas adequadas de certificação da gestão de água (WWF, 2010).

2.5. Legislação e normalização

Portugal não possui nenhuma legislação nacional para controlar o aproveitamento de águas pluviais não potáveis em usos urbanos. Foi publicada a Resolução da Assembleia da Republica n° 10/2011, a qual aconselha ao Governo que tome a iniciativa de prever a construção de redes secundárias de abastecimento de água pressupondo o aproveitamento de águas pluviais, em instalações, edifícios e equipamentos públicos de dimensões relevantes, tendo em vista a sua utilização para fins não potáveis, com o objetivo de aumentar a eficiência ambiental e energética (Silva, 2012).

As primeiras leis existentes em Portugal relacionadas com a água datam da década de 40 do século passado. A regulamentação para o abastecimento de água surge em 1943 e ao longo dos 50 anos seguintes, os conceitos e a tecnologia de projeto, execução e gestão de sistemas de distribuição de água e de drenagem de águas residuais evoluíram e, neste contexto, foi elaborada a revisão e atualização das leis existentes relacionadas com a matéria de sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, o que veio a consagrar o Decreto-lei n° 207/94, de 6 de Agosto de 1994 (Decreto-Lei n° 207/94 (1994)). Transversalmente a este surge o Decreto Regulamentar n° 23/95 de 23 de Agosto de 1995 para agregar num só texto os princípios mais



importantes aprovados pelo Decreto-Lei n.º 207/94, definindo assim, o conceito de águas residuais pluviais ou, simplesmente águas pluviais (Decreto Regulamentar, n.º 23/95, 1995). Como já referido anteriormente, as águas pluviais são definidas como águas não potáveis, de modo que a sua utilização seja destinada a rega, sistemas de incêndios, lavagem de pavimentos e veículos, descargas de autoclismos e lavagem de roupa. Contudo, segundo este Decreto Regulamentar, mais precisamente o Artigo 86.º, enuncia que a utilização de água não potável encontra-se interdita para alguns usos antes descritos nas edificações:

1. A entidade gestora de distribuição, desde que sejam salvaguardadas as condições de proteção da saúde, pode autorizar a utilização da água não potável exclusivamente para a lavagem de pavimentos e rega.
2. As redes de água não potável e respetivos dispositivos de utilização devem ser sinalizados.

O Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto regulamenta a qualidade da água para consumo humano, tendo como objetivo principal preservar a saúde humana dos efeitos prejudiciais que possam acontecer devido à contaminação da água potável, garantindo para tal a sua limpeza e salubridade. No presente Decreto-Lei, são explanados os critérios de verificação da qualidade da água, através de parâmetros físicos, microbiológicos e biológicos (Decreto-Lei n.º 236/98, 1998), que admitem que a água para consumo humano não deve colocar em risco a saúde, estragos no sistema de abastecimento, deve ser agradável à vista e ao paladar (Silva, 2012).

A 23 de Outubro de 2000 é aprovada a Diretiva Quadro da Água (DQA, 2000). No seguimento da aprovação da DQA (transporta para a lei nacional através da lei da água), surge, em Junho de 2001, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA). O PNUEA foi criado com o objetivo de avaliar a eficiência da utilização da água em Portugal nos sectores agrícola, urbano e industrial, propondo um conjunto de medidas que permitem melhorar a utilização deste recurso, tendo como vantagens adicionais a redução das águas residuais resultantes e dos consumos energéticos associados (Oliveira, 2008). As medidas que refletem o aproveitamento de água pluvial em usos urbanos não potáveis são:

- N.º 8 – reutilização ou uso de água de qualidade inferior
- N.º 38 – utilização da água da chuva em jardins e similares
- N.º 45 – utilização da água da chuva em lagos e espelhos de água



No sentido de se alcançar uma gestão participada, ativa, clara e motivada no que se refere à água e de modo a identificar medidas e meios de ação para um uso eficiente, em 2011 foi criado o novo PNUEA pelo Instituto da água, e elaborado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil com o apoio do Instituto Superior de Agronomia. O mesmo deverá encontrar-se em vigor até 2020 e assenta em três princípios fundamentais que devem ser conseguidos: eficiência hídrica, sustentabilidade e eficiência energética (Sacadura, 2011).

Este plano contém inúmeros motivos para sustentar esta opção estratégica, designadamente (Sacadura, 2011):

- Corresponde a um imperativo ambiental, uma vez que é necessário consciencializar a sociedade de que os recursos hídricos não são ilimitados e que, por isso é necessário proteger e conservá-los.
- Interesse económico a nível do tecido empresarial, uma vez que a água é um fator essencial de produção em inúmeros sectores de atividade económica e minimiza os encargos, através da maior eficiência da sua utilização, aumentando naturalmente a competitividade das empresas nos mercados nacional e internacional.
- Necessidade estratégica ligada às disponibilidades e reservas de água no país na medida em que, embora à escala nacional e anual Portugal não tenha graves problemas de escassez de água em situação hídrica normal – apenas as bacias das Ribeiras do Algarve, Ribeiras do Oeste, Sado, Lis e Leça estão sujeitas a maior stress hídrico, podem no entanto ocorrer situações críticas de seca, sazonais ou localizadas.
- Interesse económico a nível nacional, na medida em que as potenciais economias de água correspondem a um valor muito relevante, estimado em cerca de 0,64 % do produto interno bruto nacional.
- Interesse económico a nível dos cidadãos, na medida em que permite a redução dos encargos com a utilização da água, devido à redução do volume de água consumido e à eventual descida de escalão, sem que haja redução da qualidade de vida do agregado familiar e da segurança da saúde pública.
- Obrigações do país em termos de legislação comunitária, nomeadamente em termos da conservação da água, da crescente aplicação de custos no uso da mesma, e na obrigação de utilização das melhores técnicas disponíveis nas unidades mais importantes dos diferentes sectores comerciais.



Em 2005 o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) elaborou uma série de relatórios técnicos de apoio à implementação de PNUEA, entre os quais o RT9, referente à análise dos documentos regulamentares e normativos importantes e onde são identificadas as incompatibilidades e deficiências para o emprego das medidas consideradas no PNUEA (Oliveira, 2008).

Neste sentido a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) criou um enquadramento técnico, através de Especificações Técnicas, ETA 0701 e a ETA 0702, de forma a garantir a correta elaboração das instalações e dos projetos. A ETA 0701 estabelece critérios técnicos para a elaboração de sistemas de aproveitamento de água pluvial das coberturas de edifícios, para fins não potáveis, estabelece uma sucessão de requisitos para um funcionamento correto de um SAAP, menciona que os SAAP devem ser objeto de um projeto técnico, cuja produção deve respeitar as exigências da Portaria n°701-H/2008, de 29 de Julho e do Regulamento Geral ou da Norma Europeia EN 12056-3 e todas as suas componentes devem respeitar a legislação, normalização nacional e europeia eventualmente existente. A ETA 0702 estabelece as condições para a certificação de SAAP, realizados de acordo com a ETA 0701. A certificação do sistema presume a sua realização em concordância com a ETA 0701 e impõe a certificação do projeto pela ANQIP, a interferência de um instalador certificado e certificação da instalação (Sacadura, 2011).

2.6. Qualidade da água pluvial

A água da chuva é uma água natural, mais macia, com dureza zero para todos os fins práticos. Quase não apresenta minerais nem sais dissolvidos, e a sua qualidade é próxima da qualidade da água destilada (Texas Water Development Board in cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems, 1997).

No instante em que cai na superfície de captação é suave, limpa, isenta de microrganismos e contaminantes químicos. Porém, durante a captação e armazenamento há um potencial para a contaminação química, física e microbiológica (Environmental Health Committee, 2004).

O conhecimento das características qualitativas das águas pluviais é importante para definir os usos a que esta pode estar destinada, bem como a necessidade e o tipo de tratamento a ser feito para torná-la própria para determinadas aplicações.



A qualidade da água da chuva é diretamente influenciada pelas condições atmosféricas locais, presença de vegetação no local de recolha, localização geográfica da área de captação, já que a quantidade de substâncias presentes na atmosfera numa zona rural difere da existente numa zona urbana, condições meteorológicas do local (intensidade, duração, tipo de chuva, regime dos ventos e estação do ano), composição dos materiais que formam o sistema de captação, transporte e armazenamento (Philippi *et al*, 2006).

As áreas de captação retêm impurezas e outros tipos de materiais que quando levados pela água podem alterar a sua qualidade, de forma que esta se torne imprópria para certos usos.

Ou seja, a água da chuva embora seja praticamente desprovida de impurezas, dependendo dos locais a sua qualidade vai ser diferente. Por exemplo, em regiões industriais ou urbanas, onde diariamente são lançadas imensas quantidades de impurezas no ar, a qualidade desse ar tende a não ser mais a ideal. Portanto, nos primeiros minutos em que a chuva cai, esta agrega e acarreta parte dessas impurezas ao longo do seu trajeto, no que acaba por piorar a qualidade da água captada.

Assim, a qualidade da água é definida em função do tipo, da quantidade de impurezas presentes na mesma e do local onde é captada.

Após ser recolhida e armazenada, é necessário efetuar sempre algum tipo de tratamento com o fim de evitar o mau funcionamento dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais. O nível de tratamento que se fornece depende do fim para o qual a água a tratar será utilizada, uma vez que existem várias aplicações em que não é exigido nenhum tipo de tratamento específico.

Na especificação técnica ETA 0701 são mencionados alguns cuidados a ter no controlo e uso da água da chuva, tais como (ANQIP, 2009):

- No caso de rega de zonas verdes, lavagem de pavimentos e automóveis, o uso da água da chuva, analisadas as presentes prescrições técnicas de instalação, pode não carecer de qualquer tratamento suplementar físico-químico ou bacteriológico.
- A utilização de água da chuva sem tratamento em descargas de autoclismo, apenas deve ser utilizada quando a água respeita, no mínimo, as normas de qualidade de águas balneares, nos termos da legislação nacional e das diretivas europeias aplicáveis (Decreto-lei n.º 236/98, de 1/8, que transpõe a Diretiva n.º 76/160/CEE, do Conselho, de 8/12). Não serem cumpridos os valores máximos admissíveis para os parâmetros



microbiológicos, deve-se antever uma desinfeção da água por radiação ultravioleta, cloro ou outro processo adequado. No caso de serem utilizados compostos para desinfeção, recomenda-se que o cloro residual livre se situe entre 0,2 e 0,6 mg/L.

- A lavagem de roupas com água da chuva não necessita de um tratamento específico quando a temperatura da água de lavagem atingir no mínimo, 55°.
- No caso de ser necessário considerar algum tipo de tratamento ou desinfeção para a água da chuva, este deverá ser implementado a jusante do sistema de bombagem, antes da entrada da água da chuva na rede não potável.
- Nos usos industriais, os tratamentos eventualmente necessários deverão ser analisados caso a caso.
- Quando a área de recolha se encontrar numa zona com um potencial de poluição maior deve-se considerar tratamentos suplementares adequados.
- Pode ser necessário efetuar uma correção do pH da água, no caso de este ser superior a 8,5 ou inferior a 6,5, tendo em conta os materiais utilizados na instalação.

Apesar de existirem numerosas fontes de poluição atmosférica os níveis de contaminação das águas pluviais são reduzidos, na maior parte do mundo, especialmente em locais rurais e ilhas. A principal fonte de poluição ocorre após o contacto da água com a superfície de captação, durante o transporte e armazenamento (Waller, 1989).





3. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) têm como objetivo conservar os recursos hídricos, reduzindo a utilização de água potável. Estes sistemas recolhem a água da chuva que cai sobre as superfícies, direcionando-a para reservatórios de armazenamento para posteriormente ser utilizada.

A água da chuva, juntamente com as folhas, os sedimentos e os detritos, é recolhida nas áreas impermeáveis, normalmente as coberturas. Em seguida é encaminhada para as caleiras, onde são colocadas malhas de plástico ou metal para uma primeira filtragem, e conduzida através de tubos de queda, passando por um outro sistema de filtragem, que lhe retira as restantes impurezas antes de ser recolhida no reservatório de armazenamento.

Para a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) ter benefícios é necessário ter em atenção a superfície por onde a água passa para ser captada, a dimensão da área de recolha, o tamanho do reservatório, o local e o regime de precipitação da zona onde se pretende construir o sistema.

Logo, conhecendo estes dados têm-se uma perceção da quantidade de água que irá ser captada, armazenada e a dimensão do reservatório, uma vez que este deve possuir a dimensão suficiente para salvaguardar as necessidades dos utilizadores do sistema.

Os principais fatores que influenciam o dimensionamento e implantação do reservatório de armazenamento de águas pluviais são: o coeficiente de escoamento, a superfície de captação, a precipitação no local onde se pretende implementar o sistema e a quantidade de água da chuva que se pretende armazenar para consumo (Bertolo, 2006) .

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais incluem, geralmente, as seguintes componentes básicas, que desempenham as características e especificações elucidadas em seguida (Figura 4):



- **Superfície de captação:** é formada pelas diferentes superfícies, pelos diferentes materiais e inclinações sobre a qual a chuva cai, e em seguida é recolhida.
- **Sistema de transporte:** é composto pelo conjunto de componentes que encaminham a água captada na superfície de recolha até ao reservatório de armazenamento, nomeadamente: os algerozes, os tubos de queda e as caleiras. Quanto aos materiais que se podem empregar existe uma grande variedade de materiais, desde os mais económicos e poluentes, até aos mais dispendiosos e ambientalistas.
- **Dispositivos de desvio das primeiras águas (first flush):** desvia as primeiras águas pluviais captadas pela cobertura em cada chuvada, para evitar a contaminação da água recolhida e armazenada que se encontra no reservatório.
- **Dispositivos de filtração:** são constituídos por uma vasta gama de geometrias e materiais e têm como função principal remover os detritos e poeiras da água pluvial antes de esta ser armazenada.
- **Dispositivos de armazenamento:** são constituídos por um ou mais reservatórios de armazenamento e podem possuir localizações e materiais diferentes.
- **Sistema de bombagem:** pode encontrar-se localizado submerso ou a seco. Na gama de bombas a seco encontram-se disponíveis dois tipos no mercado: as centrífugas e as auto-ferrantes.
- **Tratamento:** só se justifica quando é feito corretamente e a superfície de recolha e de armazenamento asseguram que a água não é novamente contaminada.
- **Rede de distribuição:** é o sistema de transporte que envia a água que se encontra armazenada no reservatório para o seu uso final, através de um sistema pressurizado ou por gravidade e pode possuir diferentes geometrias e materiais.
- **Manutenção:** pode ser efetuada pelos utilizadores, embora seja aconselhável que o sistema de bombagem e de tratamento seja acompanhado por técnicos especializados. As manutenções semestrais devem ter lugar no início e final da época das chuvas. Cada componente dos SAAP possui indicação da frequência com que deve ser efetuada a manutenção do mesmo.

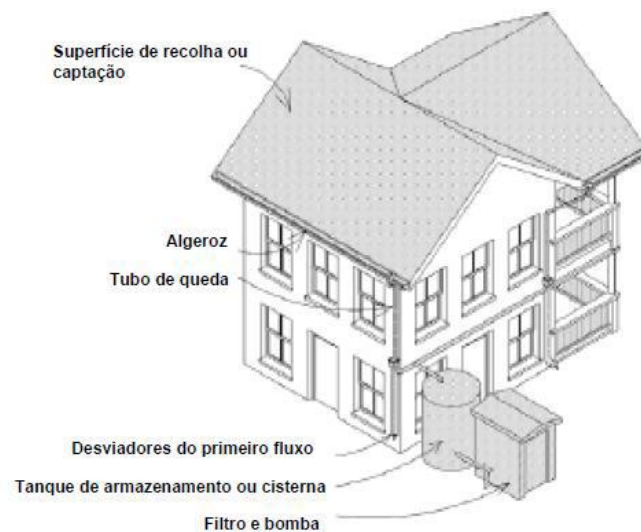


Figura 4 - Instalação típica para a captação de água pluvial (AMSHA AFRICA FOUNDATION, 2010) Os equipamentos que integram os SAAP podem ser projetados, desenvolvidos e instalados de raiz paralelamente à construção da habitação, podendo também ser instalados em edifícios já construídos, havendo inúmeras soluções técnicas para a sua instalação.

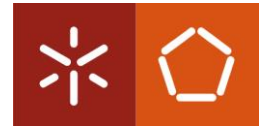
3.1. Componentes dos sistemas de aproveitamento de água pluvial

Na instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais devem ser considerados todos os componentes, elementos acessórios e instalações complementares que sejam fundamentais ao bom funcionamento do mesmo.

Em seguida encontra-se uma explicação dos princípios de funcionamento dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

3.1.1. Superfície de captação

A superfície de captação é habitualmente o local onde a água da chuva cai e em seguida é recolhida. Geralmente é o telhado porque representa uma maior área impermeável do terreno ocupado, é a maneira mais fácil e próxima de recolher a água, promovendo assim a menor contaminação possível, uma vez que as áreas sobre a superfície do solo encontram-se usualmente



mais expostas à contaminação química e biológica. As superfícies relvadas e os pavimentos também podem ser considerados superfícies de captação especialmente, quando não são suscetíveis de aglomerar substâncias poluentes em quantidades consideráveis.

A superfície de captação pode ser constituída por diferentes tipos de materiais, que podem influenciar diretamente a qualidade da água captada e a definição do coeficiente de escoamento superficial. Além disso, conhecer a composição do material que constitui a superfície de captação é importante para evitar a contaminação da água da chuva devido a componentes tóxicos, que possam ser lixiviados no decorrer da precipitação.

Normalmente existem diversos tipos de materiais que podem ser utilizados para a cobertura, contudo, estas devem ser constituídas por materiais quimicamente inertes, tais como plástico, lâminas de alumínio ou fibra de vidro. No entanto, são também utilizados outros materiais como as telhas de cimento ou argila, fibrocimento, asfalto, aço galvanizado ou betão armado. Recomenda-se que a tinta utilizada para a pintura da cobertura não seja tóxica e não contenha chumbo na sua composição. Em coberturas novas, é aconselhável o desvio das águas da primeira chuva, de modo a retirar os detritos e poeiras resultantes da sua construção (Bertolo & Simões, 2010).

Nem toda a água pluvial que cai sobre a superfície de captação é recolhida e encaminhada para o reservatório, uma vez que podem ocorrer perdas devido ao tipo de material da cobertura, ao seu declive, à evaporação e até ao seu armazenamento.

As superfícies de captação devem possuir uma inclinação gradual e o material que as constitui deve ser impermeável, liso e não poroso, para a água escoar mais facilmente devido à força da gravidade, recolher uma maior quantidade de água e reduzir a hipótese de se acumularem detritos, poeiras e microrganismos, que influenciam diretamente a qualidade da água pluvial recolhida. No entanto, existem outros fatores que influenciam diretamente a qualidade das águas pluviais, tais como o tipo de manutenção e limpeza que é efetuada na superfície de captação.

As coberturas devem ser limpas, uma ou duas vezes por ano, especialmente no final de cada estação seca. Deve verificar-se a presença de detritos acumulados, tais como fezes de animais, folhas e galhos, a fim de remover os mesmos para minimizar a contaminação e manter a qualidade da água recolhida (Silva, 2012).



Uma vez que o tipo de revestimento intervém diretamente na quantidade de água a aproveitar é aconselhável a escolha de materiais para revestimentos com um coeficiente de escoamento (C) mais elevado, com a intenção de aumentar o escoamento e diminuir a absorção de água, levando a um aumento de volume de água pluvial aproveitada. Desta forma, define-se o coeficiente de escoamento, como a relação entre o volume total de água pluvial recolhida pela superfície de captação e o volume total de água precipitada, tendo em conta as características da cobertura (Sacadura, 2011).

O valor do coeficiente de escoamento (C) utilizado no projeto dos SAAP deve ter em conta as retenções, absorções e desvio de águas. Na tabela seguinte encontram-se os valores típicos de coeficientes de escoamento dos vários tipos de superfície de captação (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores típicos de coeficientes de escoamento consoante a superfície de captação
(Sacadura, 2011)

Superfície de Captação	Coeficiente de Escoamento
Telhados	
▪ Impermeáveis	0,80
▪ Gravelha	0,6
Relvados	
▪ Verdes extensivas	0,5
▪ Verdes intensivas	0,3
Ruas	
▪ Asfaltadas	0,7
▪ Betonadas	0,8

3.1.1.1. Sistema de transporte

A água após ser captada ao nível da cobertura, flui para as caleiras e algerozes que a conduzem até ao dispositivo de desvio do escoamento inicial (first flush), quando existe, ou diretamente para os tubos de queda até ao reservatório de armazenamento. Ao longo deste processo são retidos os detritos que aí se encontram, que posteriormente são removidos pelos dispositivos de filtração.



Todas as edificações devem de possuir órgãos de condução, que direcionam a água da chuva da cobertura para o reservatório. Assim, é importante efetuar corretamente o dimensionamento e instalação destes equipamentos de forma a maximizar o volume de água pluvial recolhido, uma vez que um dimensionamento inadequado reduz significativamente a eficiência da recolha, comprometendo o funcionamento de todo o sistema de aproveitamento de água da chuva (Sacadura, 2011).

Existem dois tipos de sistemas de condução da água pluvial, o sistema gravítico (tradicional) e o sistema sinfónico (pressurizado).

No sistema gravítico tradicional o escoamento ocorre com fluido aderindo às paredes dos tubos de queda, uma vez que é impossível neste sistema estabelecer o escoamento sobre pressão. O transporte da água é horizontal e realizado com recurso a inclinações que incentivam o seu escoamento. Para grandes extensões pode ser problemático, uma vez que o desnível necessário possui uma ordem de grandeza significativa, que para o efeito é pouco atrativo do ponto de vista arquitetónico e construtivo. Os mesmos são prejudiciais quer se realizem em altura ou enterrados. Desníveis enterrados levam a maiores volumes de escavação, por seu lado desníveis em altura não são muito atrativos esteticamente (Gomes, 2014).

Dependendo da inclinação e distância ao tubo de queda de cada ramal de ligação, estes muito dificilmente originarão uma ligação ao mesmo nível. Está-se então perante um aumento desnecessário de complexidade e de probabilidade de ocorrência de anormalidades no sistema (Gomes, 2014).

Os tubos de queda do sistema tradicional possuem um dimensionamento, que conduz a um subaproveitamento, uma vez que na realidade o escoamento não se faz sempre em secção cheia. Quando o escoamento sobre pressão se realizar em secção cheia obtém-se um ganho na capacidade de transporte, principalmente por possibilitar o escoamento de grandes caudais em secção inferiores (Gomes, 2014).

Para o sistema tradicional gravítico o diâmetro do tubo de queda tem de ser constante, reto e vertical ao longo de todo o seu desenvolvimento, pois este é dimensionado para secção cheia e os caudais tem tendência a aumentar no sentido em que escoam, no caso de impossibilidade necessitarão de ser adotados raios tão grandes quanto possível para minimização dos efeitos sobre o sistema. Na realidade o escoamento nem sempre é efetuado em secção cheia, o que conduz a um



subaproveitamento, mas nas situações em que o escoamento sobre pressão se realizar em secção cheia obtêm-se um ganho na capacidade de transporte, principalmente por possibilitar o escoamento de caudais elevados em secções inferiores. A sua instalação deve ser efetuada na face exterior dos edifícios ou em galerias verticais visitáveis, de modo a ser possível um acesso fácil na necessidade de eventuais reparações. O diâmetro dos tubos de queda gravitacionais deverá ser maior que o diâmetro de todos os ramais a ele ligados.

Este sistema pode ser utilizado na maior parte das coberturas atuais, em coberturas planas, com ou sem vegetação e em coberturas inclinadas. É mais adequado para drenagem de coberturas a níveis elevados, não se apropriando para drenagens de água da chuva ao nível do piso térreo, já que a sua eficiência depende da diferença de cotas dos pontos a montante e a jusante do sistema (Gomes, 2014).

O sistema sinfónico dá-se sobre pressão, o que revela enormes vantagens no que toca á condução da água, uma vez a capacidade de vazão é superior à do sistema gravítico tradicional e o mesmo é isento de penderes o que possibilita a condução da água para qualquer ponto, no entanto a condução desta a grandes distâncias envolve desníveis notáveis, o mesmo não se verifica no sistema gravítico tradicional. A possibilidade de pré-fabricação do sistema sinfónico é também um contributo muito significativo. Esta característica simplifica a receção e montagem em obra deste sistema e por outro lado garante a qualidade da construção, uma vez que o controlo de qualidade é mais fiável em fábrica do que *in situ* (Gomes, 2014).

Neste tipo de escoamento, as inclinações dos ramais de descarga são desnecessárias, podendo mesmo ser nulas, e as inclinações ascendentes não são vantajosas para a drenagem de águas pluviais, mesmo que em pressão e mesmo que por vezes possa ser vantajoso em determinados troços. Evitando-se assim comprometer o seu funcionamento, perante caudais reduzidos em que este opera no regime gravítico.

Todavia, embora este sistema apresente claras vantagens em comparação com o sistema gravítico tradicional os custos de manutenção são elevados e necessita de pessoal qualificado para a sua exploração o que condiciona em muito a sua aplicação (Pereira, 2012).

Os materiais mais utilizados para caleiras e tubos de queda são o policloreto de vinilo (PVC), o aço galvanizado e o alumínio. Os tubos de queda possuem normalmente o mesmo material que as caleiras, mas apresentam uma secção transversal inferior. As caleiras de alumínio e de aço



galvanizado são aconselhadas devido à sua resistência à corrosão, uma vez que o alumínio e o aço galvanizado são materiais muito inertes. Contudo a aplicação dos mesmos conduz a um investimento inicial maior comparado com as de plástico (Carlon, 2005).

Embora o PVC seja o material mais utilizado para a montagem de sistemas tradicionais o seu emprego nos sistemas sinfónicos não é viável, uma vez que no sistema sinfónico é o próprio escoamento da massa líquida que exerce um efeito de sucção e promove o escoamento. O PVC apresenta um reduzido valor de resistência ao impacto e é um material em que as tensões internas de depressão leva ao colapso do material motivo pelo qual é necessário seleccionar outro tipo de material para este sistema (Pereira, 2012).

O polietileno de alta densidade (PEAD) e o ferro fundido são os materiais que mais se usam na elaboração de sistemas sinfónicos. Estes são praticamente inquebráveis a temperaturas constantes e possuem óptima resistência à abrasão (Pereira, 2012).

O PEAD possui um módulo de elasticidade menor que o PVC logo é mais deformável, já o módulo de elasticidade que o ferro fundido apresenta é de uma ordem de grandeza muito superior, o que significa que é um material menos deformável. Assim, será menos expectável a ocorrência de deformações neste material, no entanto, se forem induzidas deformações estas poderão submeter o sistema a um maior estado de tensão interna. Os sistemas de drenagem devem absorver deformações da estrutura e por vezes atravessar juntas de dilatação, para tal necessitam de um menor módulo de elasticidade que corresponde a uma maior flexibilidade do material, levando a que esta seja uma característica favorável (Pereira, 2012).

Pelas diferenças nas densidades, entende-se que o PEAD é um material muito mais leve que o ferro fundido, mas devido as tubagens terem espessuras maiores, o PEAD é uma solução menos solicitada ao nível das cargas na estrutura (Pereira, 2012).

A dilatação térmica é outra característica importante, uma vez que há uma grande probabilidade das tubagens serem instaladas no exterior dos edifícios, assim sendo estarão sujeitas a amplitudes térmicas cujo o efeito não deve ser desprezado. Embora o ferro fundido tenha um coeficiente de dilatação térmica linear menor, por outro lado também o seu calor específico é menor, isto significa que este material necessita de uma menor quantidade de energia calorífica para aumentar a



temperatura. O mesmo não se verifica no PEAD que necessita de maior energia calorífica para elevar a sua temperatura pois têm um coeficiente de dilatação térmica linear maior (Pereira, 2012).

As caleiras devem ser protegidas por uma malha de plástico ou metal, instalada em toda a sua extensão, para poderem ser retirados os detritos de maior dimensão, como folhas ou galhos. Embora estes detritos passem nas malhas, posteriormente vão ficar retidos nos dispositivos de filtração do sistema, prevenindo assim entupimentos nas condutas que encaminham a água até ao reservatório (Figura 5).

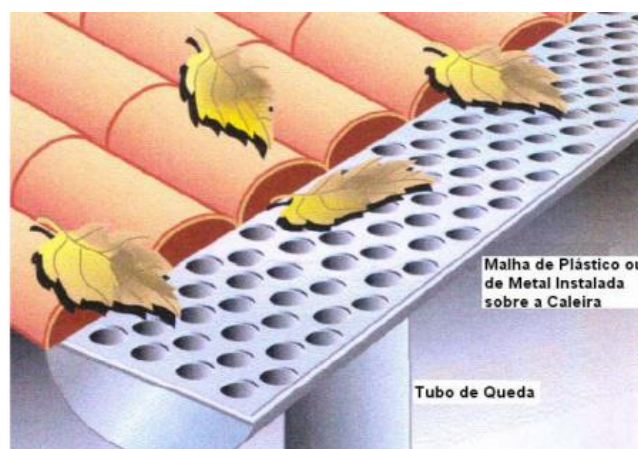


Figura 5 - Malha de plástico ou metal instalada sobre a caleira (Bertolo, 2006)

As caleiras desempenham duas funções: recolher a água da cobertura e transportar a mesma para os tubos de queda. Devem possuir uma inclinação contínua e suficiente em direção aos tubos de queda, de forma a evitar a concentração da água, a qual pode levar ao aumento da aglomeração de detritos e ao crescimento de algas.

As funções das caleiras são afetadas pelo formato e pelo declive das mesmas, para uma melhor eficiência recomenda-se que as caleiras tenham uma inclinação de 0,5% para 2/3 do comprimento e 1% para o restante 1/3 do comprimento e, idealmente, uma forma trapezoidal ou semicircular para interceção e transportes ótimos (Figura 6). O aumento do declive possibilita a condução de uma maior quantidade de água em relação a uma caleira com menor declive. As caleiras de formato trapezoidal e semicircular são as preferidas pois são capazes de drenar uma maior área da cobertura, ou seja transportar mais água, com a mesma quantidade de material utilizado para construir a caleira. Admitindo que o preço das caleiras é em função da quantidade de material utilizado para as construir conclui-se que as caleiras trapezoidais e semicirculares devem ser economicamente mais rentáveis e



ser capazes de proporcionar mais velocidade à água, o que conduz a uma drenagem mais eficaz e à remoção de detritos (Pereira, 2012).

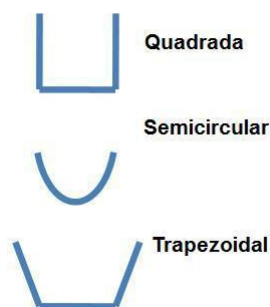


Figura 6 - Formatos comuns de caleiras (Pereira, 2012)

Tal como na superfície de captação, é recomendado que os órgãos de condução não apresentem chumbo na sua composição, nem pinturas que possam contaminar a água recolhida (Bertolo E. d., 2006).

3.1.2. Dispositivos de desvio das primeiras águas (*first flush*)

Durante os períodos secos, as superfícies de captação da água pluvial acumulam detritos, como folhas, poeiras, fezes de animais, galhos, entre outros. Recomenda-se então após um período de seca que as primeiras águas pluviais captadas pela cobertura sejam desviadas por razões de qualidade.

A instalação de um dispositivo de funcionamento automático para desvio do escoamento inicial (*first flush*) têm como objetivo principal evitar que a primeira água da chuva, que lava a superfícies de captação e arrasta os poluentes presentes nesses locais, altere a qualidade da água recolhida e que se encontra armazenada desde a última precipitação (Figura 7).

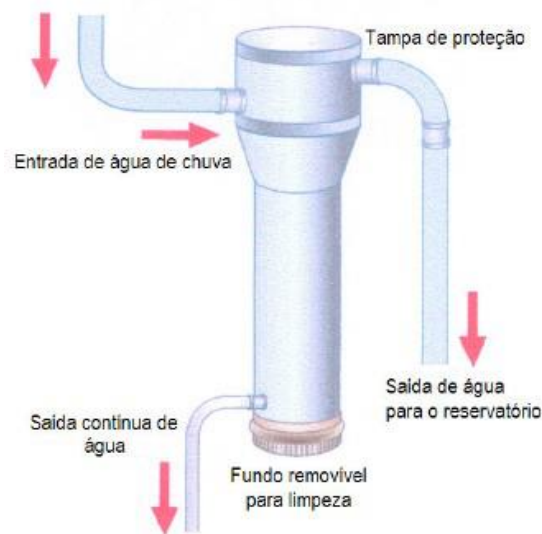


Figura 7 - Dispositivo de desvio das primeiras águas (May S. , 2004)

A especificação técnica da ANQIP ETA 0701 refere que o volume de água a desviar será determinado com base em critérios de tempo ou com base na área da cobertura e numa altura de precipitação pré-estabelecida, que poderá variar entre 0,5 e 8,5 mm, de acordo com as condições locais (ANQIP, 2009).

O volume que se deve desviar com base na área de cobertura e altura de captação pode ser obtido pela expressão:

$$V_d = P \times A \quad (1)$$

Onde,

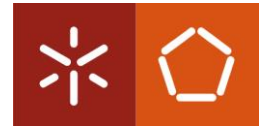
V_d – Volume a desviar do sistema (litros)

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

A – Área de captação (m^2)

3.1.3. Dispositivos de filtração

A água da chuva depois de captada ao nível do telhado das habitações e ao nível dos pavimentos permeáveis, antes de ser armazenada no reservatório, passa pelo dispositivo de filtração.



Estes, têm como objetivo reter os detritos ou substâncias que por ventura venham com a água pluvial, uma vez que os pavimentos e os telhados das habitações são superfícies que podem conter substâncias e detritos que podem levar a deterioração da qualidade da água recolhida.

O dispositivo de filtração deve ser colocado imediatamente antes do tanque de armazenamento, evita que as folhas e os sólidos de maiores dimensões entrem no reservatório protegendo a qualidade da água pluvial no mesmo. A acumulação de matéria orgânica no reservatório leva à sua decomposição resultando em níveis baixos de oxigénio e à acumulação de nutrientes na base do reservatório. Baixos níveis de oxigénio podem originar o aparecimento de odores e crescimento de bactérias prejudiciais no reservatório. Assim, o objetivo de um filtro de alta qualidade é, não só eliminar os contaminantes, mas também facultar oxigénio à água ao longo do processo de filtração (Silva, 2012).

Todos os dispositivos de filtração devem ser devidamente limpos, uma vez que sem uma manutenção apropriada, além de ficarem obstruídos e restringirem o fluxo da água pluvial também contribuem para o desenvolvimento de microrganismos patogénicos (Texas Water Development Board , 2005). Os filtros de boa qualidade necessitam de inspeção apenas algumas vezes por ano e têm uma vida útil igual à do edifício.

A eficiência de filtragem é tida em conta no dimensionamento de reservatórios e pode até ser designada de coeficiente de filtro. É entendida como a razão entre o volume total da água pluvial filtrada e que atinge o reservatório e o volume total de água pluvial que chega ao filtro, portanto as perdas no filtro refletem o volume de água que é descarregada, normalmente, para o sistema de águas residuais ou pluviais. Um valor típico para o coeficiente de filtro é de 0,9, ou seja, 10% da água que entra no filtro é encaminhada para a rede de água pluvial (Sacadura, 2011).

No mercado português pode-se encontrar uma vasta gama de filtros, tais como o que se encontra representado na Figura 8.



Figura 8 - Filtro de água pluvial (Skywater Catalog, 2010)

3.1.4. Reservatórios de armazenamento

O reservatório de armazenamento de água pluvial representa a componente mais dispendioso do SAAP. De modo a evitar danos e a minimizar os riscos de contaminação o mesmo deve ser cuidadosamente instalado. Tendo em vista a maximização do retorno financeiro do investimento o dimensionamento do reservatório deve ser executado minuciosamente tendo sempre em conta a capacidade, o material e a localização.

Os reservatórios podem ser enterrados, apoiados sobre o solo ou elevados. Podem também ser constituídos por diversos materiais e possuir diferentes formas, sendo os mais comuns cilindros ou retangulares, podem ainda desempenhar funções estéticas conforme o tipo de projeto.

A água armazenada pode ser enviada para os pontos de utilização por gravidade ou por bombagem. A distribuição da água por gravidade consiste no transporte da água pluvial armazenada até ao seu uso final. Em contrapartida, no caso do reservatório não se encontrar colocado a uma altura que permita a distribuição da água até ao local de consumo por gravidade, deve fazer-se a distribuição por bombagem, que consiste na distribuição da água armazenada com recurso a uma bomba. No caso de ocorrência de um volume de precipitação superior à capacidade de armazenamento do reservatório, a água excedente escoar-se pelo descarregador do reservatório para a rede pública de esgoto pluvial.



Caso não haja água da chuva suficiente no reservatório de água pluvial, este é automaticamente alimentado pelo sistema de abastecimento de água potável.

Para um dimensionamento económico e eficiente é fundamental ter conhecimento de algumas características do sistema tal como a área de captação, o índice pluviométrico da região e o coeficiente de escoamento superficial. Quanto maior for a área de captação, maior é o volume de chuva que poderá ser recolhido. O índice pluviométrico indica a distribuição da chuva ao longo do ano e quanto mais regular for o seu valor mais fiável será o sistema (Anecchini, 2005).

O volume do reservatório depende principalmente da área de recolha e da quantidade de água pluvial que é utilizada. Contudo, pode também basear-se na disponibilidade de espaço no local, nos requisitos legais e na disponibilidade de uma fonte de água de reserva. A escolha do volume do reservatório irá influenciar as suas possíveis localizações e dependendo do mesmo a escolha do material que constituirá o reservatório poderá ser diferente.

O reservatório deve ser dimensionado com base nos critérios económicos, técnicos e ambientais, tendo geralmente em conta as boas práticas de engenharia. A especificação técnica ANQUIP ETA 0701 refere algumas características construtivas que devem ser respeitadas na construção do reservatório.

3.1.4.1. Localização do Reservatório

A seleção do local de instalação do reservatório depende do espaço disponível para construção, dos materiais a utilizar, da forma, o tipo de solo, temperaturas exteriores e mão-de-obra disponível na zona.

Os reservatórios podem ser diferenciados através da sua posição em relação ao solo, podendo ser instalado acima ou abaixo do mesmo, ou então tendo por base a diferença de materiais em que os reservatórios são fabricados. Devem encontrar-se o mais próximo possível dos pontos de fornecimento e consumo de água pluvial, de forma a diminuir a distância que a água tem que ser transportada. Se se pretender a utilização da água armazenada por gravidade, os reservatórios deverão localizar-se numa zona com maior cota possível (Silva, 2012).



Na tabela seguinte apresenta-se as vantagens e desvantagens a ter em conta na escolha da localização do reservatório.

Tabela 3 - Comparação das vantagens e desvantagens da escolha da localização do reservatório (Rodrigues, 2010)

Reservatórios acima do solo		Reservatórios abaixo do solo	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Acesso fácil para reparação e inspeção	Necessitam de espaço para instalação	Requer pouco ou nenhum espaço	As fugas são mais fáceis de detetar
Menores custos de instalação	Sujeito ao ataque de intempéries	Protegidos das condições climáticas	Raízes da água podem danificar a estrutura do reservatório
Existem várias opções de reservatórios	A água encontra-se mais exposta à luz solar	Discreto	Maior probabilidade de contaminação da água do reservatório devido à água proveniente do solo ou de inundações
Pode ser construído com uma vasta gama de materiais	Maior risco de crescimento de algas	O terreno envolvente possibilita a melhor sustentação deste, permitindo que a espessura das paredes do reservatório seja mais fina, reduzindo os custos	A extração de água é mais complicada, requerendo, muitas vezes, o recurso a bombas
Construção fácil com materiais tradicionais	Risco de danos devido ao gelo nas tubagens	Mais difícil de esvaziar	Instalação mais dispendiosa
A água pode ser retirada pela ação da gravidade em alguns casos	A falha do reservatório pode levar a problemas graves	Sem luz e calor, a atividade biológica é reduzida	Maior facilidade de efetuar a limpeza e manutenção
Pode ser elevada a sua posição para aumentar a pressão no sistema			Flutuação do reservatório pode ocorrer se o nível freático for elevado e o reservatório estiver vazio
Permite a deteção de fugas			Requerem uma localização apropriada



Como referido anteriormente, existem três opções distintas para a instalação do reservatório neste tipo de sistemas, os superficiais, os elevados e os enterrados.

▪ **Reservatórios domésticos superficiais**

Para instalar este tipo de reservatórios deve ter-se em conta principalmente as condições do terreno, pois dependendo destas escolhe-se o local de instalação do reservatório, o modelo, o sistema de distribuição de água e o material a ser utilizado. Os reservatórios superficiais devem ser instalados em locais que disponham de área livre, havendo a hipótese de determinados usos não terem necessidade de bombeamento, tais como a lavagem de pavimentos e a rega de jardins (Anecchini, 2005). Os reservatórios domésticos superficiais necessitam de uma estrutura de apoio, mesmo quando são instalados sobre o solo, de modo a garantir que estão devidamente nivelados (Figura 9). No caso de se encontrarem expostos necessitam de ter uma boa aparência e é fulcral que a altura máxima da parte superior do conjunto do reservatório, filtro e descarga permaneçam a uma cota menor que a menor cota de captação. Nestas condições, para captação em construções térreas, dotadas de calhas e tubagens aéreas, pode-se alcançar uma pressão por gravidade de até 1,50 m.c.a na saída do reservatório, sem recorrer ao uso de bombas. Este facto é relevante na utilização de água em baixas pressões, como é o caso da irrigação que usa o sistema gota-a-gota (Sacadura, 2011).

Relativamente ao tipo de material que pode constituir o reservatório, é possível o uso de betão, alvenaria impermeabilizada, fibra de vidro, plástico, aço inoxidável, entre outros. A seleção do tipo de material deve atender à facilidade de instalação (transporte e forma geométrica) e facilidade de manutenção (limpeza e reparos) (Sacadura, 2011).

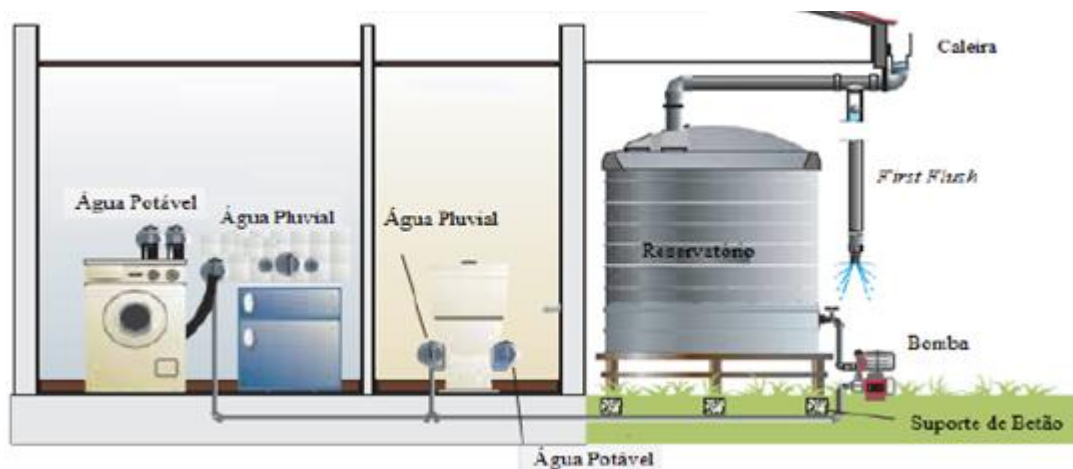


Figura 9- Reservatório doméstico superficial (Guidelines for residential properties in Camberra, 2008)

- **Reservatórios domésticos elevados**

Este tipo de reservatórios são mais comuns em edifícios multifamiliares, pois geralmente, disponibilizam maiores áreas para instalação do reservatório e a utilização de equipamentos de bombagem será menor, encontrando-se o reservatório instalado numa zona mais elevada em vez de enterrado ou apoiado sobre o solo (Figura 10) (Sacadura, 2011).

A instalação deste sistema em habitações unifamiliares possui o inconveniente de ter de ser instalado na fase de construção. Sendo por isso, muito menos atrativo que os outros tipos de reservatórios (Sacadura, 2011).

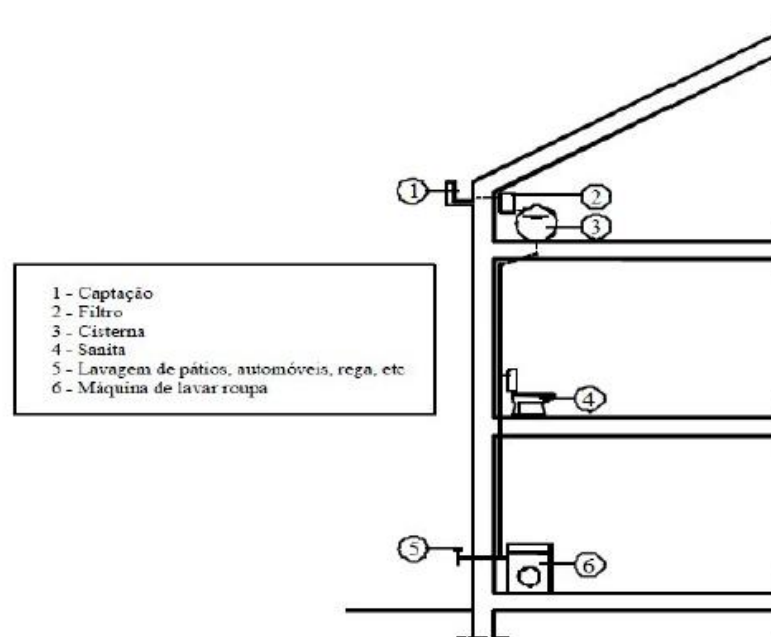


Figura 10 - Sistema de aproveitamento de água pluvial instalado no sótão (Neves, 2006)

▪ Reservatórios domésticos enterrados

Este tipo de reservatórios são os mais comuns (Figura 11). Existe uma grande diversidade de materiais e formatos para deste tipo de reservatórios no mercado português. Podendo até existir diferentes funcionalidades para cada situação. Há a possibilidade de ter-se um reservatório destinado apenas para rega de jardim ou lavagem de veículos, no qual é instalada uma mangueira num poste que pode ter diferentes formas segundo o gosto do cliente ou a arquitetura da habitação (Sacadura, 2011).

No entanto, o mais usual é que este tipo de reservatórios seja utilizado para fins domésticos e para usos exteriores.



Figura 11 - Sistema de aproveitamento de água pluvial doméstica exterior e enterrado (Sacadura, 2011).



3.1.4.2. Materiais para o reservatório

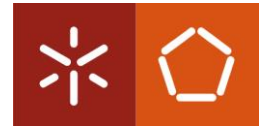
O material escolhido para a construção do reservatório deverá ser durável, estanque em relação ao exterior, liso no interior e selado com juntas de material que não seja tóxico. Se a água armazenada for para consumo potável, deve assegurar-se que as pinturas e o material que se vai usar nas juntas sejam adequados.

No mercado português encontram-se disponíveis reservatórios de diversos materiais, dimensões, formas e cores, que se adequam a qualquer projeto e a qualquer orçamento. Em seguida apresenta-se uma descrição dos principais materiais utilizados na construção dos mesmos.

➤ **Betão armado**

Os reservatórios de betão armado podem ser construídos *in situ* ou em blocos de betão pré-fabricado, enterrados ou superficiais. Sendo mais comuns e vantajosos os reservatórios que se encontram enterrados, pois são mais robustos, pesados, duráveis e permitem satisfazer um maior número de necessidades sem ocupar área útil da habitação.

O mais versátil de todos os tipos de reservatórios são os construídos *in situ*, pois dependendo da capacidade e resistência pretendida podem ser de várias formas e tamanhos. Este tipo de reservatório pode ser instalado acima ou abaixo do solo. As principais vantagens são a durabilidade, o facto de serem facilmente integrados na estrutura de uma habitação, a capacidade de resistir a condições meteorológicas adversas e o facto do cálcio presente no betão contribuir para a alcalinização da água. No entanto os reservatórios desta categoria são geralmente os mais caros e difíceis de instalar. Por causa do seu peso elevado, estes reservatórios após a sua construção são considerados permanentes. Estes reservatórios podem também ser enterrados ou semi-enterrados. A vantagem de enterrar estes tipos de reservatórios prende-se com a finalidade de poderem ser instalados com coberturas resistentes a sobrecargas, levando a que sejam indicados para estruturas ou instalação sob acessos rodoviários. No entanto os reservatórios de betão armado estão mais sujeitos à ocorrência de fissuras e a vazamentos, principalmente em solos argilosos. Isto porque, a contração e a expansão que o terreno sofre pode originar uma tensão extra no reservatório. Ainda assim estas fissuras podem ser facilmente consertadas, embora para tal seja necessário esvaziar completamente o reservatório para se localizar as fugas. Em comparação com os reservatórios de betão de superfície a



localização das fugas nos reservatórios enterrados é mais difícil. Esta situação pode ser agravada caso existam fontes de poluição que consigam contaminar a água armazenada através das fissuras.

Os reservatórios de betão pré-fabricados embora sejam construídos no local de implantação, podem também ser adquiridos numa peça única ou em várias peças para posterior montagem e instalação no local. O número de peças é variável devido à existência de vários métodos de construção deste tipo de reservatórios. Contudo não estando disponíveis nas dimensões possíveis dos reservatórios fabricados *in situ*, podem ser instalados em série de forma a assegurar uma capacidade de armazenamento superior. Como enunciado anteriormente, os reservatórios de betão são robustos logo podem ser instalados diretamente sob o solo, desde que o seu equipamento de transporte e peso o permitam.

Como o betão é um material poroso, a água poderá penetrar na parede causando problemas de corrosão na armadura da estrutura. A corrosão conduz a que a armadura aumente o seu volume levando ao aparecimento de fissuras no betão. Para contornar este efeito negativo da água no betão armado deve-se aplicar um revestimento plástico no interior para precaver a fissuração e consequente falha da estrutura. Com este revestimento a estanquidade do reservatório será melhorada impedindo a contaminação da água que se encontra armazenada por águas subterrâneas, caso o reservatório se localize abaixo do solo. Este problema é mais comum em reservatórios de grandes dimensões mas é também um aspeto a ter em conta para os de menor dimensão. A reparação destes reservatórios é considerada de elevada dificuldade, principalmente quando estes se encontram enterrados.

As principais desvantagens deste tipo de reservatórios prendem-se com o facto de ser necessário equipamento pesado para a construção ou instalação, serem permanentes, vulneráveis a danos ambientais e de manuseamento, exigirem manutenção contínua e estarem sujeitos a rápida deterioração devida à fissuração.

➤ **Ferrocimento**

O Ferrocimento é um material constituído por argamassa de cimento e aço cuja principal vantagem é seu custo reduzido. Normalmente os reservatórios construídos com este material são executados *in situ*, embora também possam existir no mercado reservatórios pré-fabricados deste tipo.

Embora este material tenha um início de construção muito parecido ao do betão armado, as suas características de flexibilidade, desempenho e resistência conduzem à sua classificação como um



material distinto do betão (Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997). Ao contrário dos reservatórios de betão armado, os reservatórios de ferrocimento são construídos por diversas camadas de malha de aço (arame usado frequentemente em vedações) envolvidas em argamassa de cimento e modeladas à volta com o auxílio de um molde provisório de chapas finas de aço, que após a cura do material é removido. Este material apresenta-se como uma solução económica concebendo projetos 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 o aço, o arame de vedações e a areia (Rodrigues, 2010).

Estes reservatórios destinam-se, geralmente, a aplicações acima do solo, tendo sido utilizados na sua maioria em países em desenvolvimento graças ao seu baixo custo e à elevada disponibilidade de matéria-prima imprescindível na sua construção. A desvantagem deste material é que requer uma maior manutenção em relação aos reservatórios construídos noutros materiais. No entanto as pequenas fissuras e vazamentos podem ser facilmente reparados com uma mistura simples de cimento e água, aplicada nos pontos de fuga visíveis no exterior. Esta mistura pode também ser aplicada nos locais onde apareçam manchas húmidas. À semelhança dos outros tipos de reservatórios acima do solo recomenda-se pintar de branco os mesmos de forma a refletir os raios solares, reduzindo a evaporação e mantendo a água à temperatura indicada (Bertolo E. d., 2006).

É importante assegurar que a mistura usada na construção destes reservatórios não contenha componentes tóxicos capazes de tornar a água imprópria para consumo (Bertolo E. d., 2006).

➤ **Madeira**

Os reservatórios de madeira são frequentemente uma escolha muito tentadora para recolha de águas pluviais em zonas urbanas e suburbanas devido à preocupação estética. Os reservatórios mais recentes são construídos geralmente em pinho, cedro, cipreste ou envolvidos por uma tensão de cabos de aço e revestida com plástico (Figura 12). Estes reservatórios encontram-se disponíveis numa vasta gama de dimensões, são duráveis, e têm de ser construídos *in situ* por técnicos qualificados, podendo ser facilmente montados e desmontados em diferentes locais (Texas Water Development Board , 2005).

As principais desvantagens deste tipo de reservatórios é o seu preço elevado, não podem ser construídos em locais quentes e/ou secos e só podem ser instalados acima do solo (Silva, 2012).



Figura 12 - Reservatório em madeira (Texas Water Development Board , 2005)

➤ **Plásticos**

- Fibra de vidro

Estes tipos de reservatórios são os mais utilizados atualmente nas instalações de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. À semelhança dos reservatórios em polietileno e em aço galvanizado, os reservatórios em fibra de vidro apresentam-se comercialmente numa vasta gama de dimensões, são simples de transportar e podem ser adequados para armazenamento de água destinada a fins potáveis. Os reservatórios que são instalados à superfície devem ser instalados em locais nivelados, sólidos e suaves, no entanto embora seja mais indicada a instalação dos mesmos à superfície, podem ser também instalados no solo desde que a sua resistência e estrutura sejam reforçadas.

Os reservatórios de fibra de vidro são leves, têm elevada durabilidade, o seu custo é acessível, a manutenção é fácil, resistem a temperaturas extremas, possuem elevada resistência à ferrugem e corrosão química. No entanto, estes reservatórios são mais dispendiosos, particularmente os reservatórios de menor capacidade (inferiores a $4 m^3$), que é o caso de um reservatório para uma habitação unifamiliar, sendo então melhor a escolha de outro tipo de material. Outra característica é o facto de os seus acessórios serem parte integrante do reservatório, assim o risco de fugas por ligações mal efetuadas é menor.

O material compósito de fibra de vidro pode ser relativamente inerte quando fabricado para o efeito e obedecendo a normas de qualidade, caso em que o revestimento do reservatório se torna desnecessário. Estes reservatórios podem também ser feitos com proteção contra radiações UV de



forma a impedir a degradação causada pela luz solar. Como alternativa, uma pintura exterior é uma maneira simples de protegê-lo deste tipo de degradação.

A fibra de vidro utilizada para o armazenamento de água deve ser corretamente curada. Quando a camada interna de fibra de vidro não é bem curada o interior do reservatório pode ficar com um odor desagradável, consequência da degradação da qualidade da água. Durante o fabrico do reservatório, são aplicadas camadas de fibra de vidro sucessivamente. Com a aplicação sucessiva das camadas, as moléculas soltas de estireno aguardam sobre a superfície para se ligarem as moléculas da próxima camada. Normalmente, uma camada de material ceroso é adicionada à camada exterior de fibra de vidro para ligar essas moléculas e assim, curar a fibra de vidro. É importante verificar a qualidade da fibra de vidro, pois no caso de a fibra de vidro ser de má qualidade, os materiais podem contaminar a água. Por uma questão de segurança, é aconselhável efetuar uma limpeza ao reservatório antes da primeira utilização (Rodrigues, 2010). Estes reservatórios são fabricados com uma camada interior que não é prejudicial para o consumo humano e devem ser também opacos para evitarem o crescimento de algas.

- Polietileno de alta densidade (PEAD)

Os reservatórios de polietileno de alta densidade encontram-se disponíveis comercialmente numa vasta gama de formas, dimensões e cores. São um dos tipos mais comuns de reservatórios a ser vendidos hoje em dia e podem ser construídos quer acima, quer abaixo do solo.

As principais vantagens destes reservatórios são o facto de serem duráveis, serem ligeiramente maiores que os de fibra de vidro, serem resistentes a radiações UV, não enferrujarem e serem em comparação com os restantes tipos de reservatórios mais baratos. Ultimamente têm tido um aumento de popularidade graças ao seu baixo custo e à sua durabilidade, ligeiramente maior do que os de fibra de vidro. São mais leves do que os outros tipos de tanques, incluindo os de fibra de vidro, e consequentemente, mais fáceis de transportar, no caso de ser necessário mudar de local. A sua superfície lisa facilita as operações de limpeza. As reparações também são relativamente fáceis de efetuar, utilizando o calor para amolecer o plástico e moldar de acordo com o necessário.

Os reservatórios de polietileno utilizados no exterior devem ser seleccionados contendo inibidores de radiações UV, com a finalidade de garantir maior duração. É também possível que sejam



instalados interiormente, ou pintados com uma pintura de proteção de modo a minimizar os efeitos das radiações UV.

Este tipo de reservatórios é também fácil de manusear, garante a resistência ao impacto durante a vida útil do reservatório, assegura a não transmissão para a água de substâncias tóxicas que possam interferir com a qualidade da água armazenada, ao contrário da fibra de vidro, por exemplo (Bertolo E. d., 2006).

➤ **Metal**

▪ **Aço Galvanizado**

Os reservatórios em chapa de aço galvanizado, tal como acontece com os reservatórios em polietileno, podem ser uma opção favorável quando se pretende um reservatório de superfície (Figura 13). Encontram-se disponíveis em diversos tamanhos, são fáceis de se deslocar, leves e o seu preço é acessível, à semelhança dos de polietileno (Rodrigues, 2010).

A maioria dos reservatórios de aço galvanizado são nervurados e, de forma a garantir uma resistência superior à corrosão, são revestidos por uma cobertura de zinco (Rodrigues, 2010).

Para prolongar o tempo de vida útil deste tipo de reservatórios e para garantir a não transmissão de substâncias tóxicas para a água armazenada, estes devem ser revestidos, geralmente, de polietileno, PVC ou pintados com uma tinta especial. De forma a evitar a corrosão extrema, estes reservatórios só podem ser utilizados à superfície (Rodrigues, 2010).

Durante a execução das operações de limpeza devem ser tomados cuidados adicionais para assegurar que o revestimento plástico não é danificado no decorrer das mesmas, impedindo o fenómeno de corrosão (Rodrigues, 2010).

As principais vantagens deste tipo de reservatórios é o facto de possuírem uma estrutura rígida e de resistirem a temperaturas extremas sem apresentar danos. Como desvantagens pode-se apontar os problemas de controlo de corrosão, a suscetibilidade a danos devido a transporte e manuseamento, a deterioração num reduzido espaço de tempo do reservatório dependendo da qualidade da água, exigência de manutenção regular, a obrigatoriedade de uso de um número elevado de juntas de silicone e conexões e a necessidade do revestimento plástico em todas as superfícies e junções de



modo a impedir a corrosão e a contaminação da água por substâncias tóxicas constituintes do material (Rodrigues, 2010).



Figura 13 - Reservatório de aço galvanizado (Texas Water Development Board , 2005)

3.1.4.3. Requisitos na instalação do reservatório

No dimensionamento do reservatório deve ter-se determinados cuidados, de forma a não alterar a qualidade da água que se encontra no seu interior. A especificação técnica ANQIP ETA 0701, refere algumas características construtivas que devem ser respeitadas pelos reservatórios e alguns cuidados a serem tomados, tais como:

- Os reservatórios devem ser constituídos por materiais que assegurem as condições estruturais necessárias, não porosos e que não favoreçam reações químicas com a água.
- Os reservatórios devem possuir um sifão, descarga de fundo e filtro a montante. Os cantos devem ser arredondados para simplificar a manutenção e para precaver o desenvolvimento de biofilmes. A cisterna deve ser ventilada, coberta e permitir a inspeção, respeitando todas as normas de segurança.
- As águas das chuvas provenientes do sifão do sistema, do dispositivo de primeira lavagem e do filtro poderão ser lançadas na rede de água pluviais, infiltradas ou lançadas em linha de água natural, desde que não exista a possibilidade de contaminação.
- No reservatório deve ser colocado um dispositivo que diminua a turbulência e que reduza a velocidade de entrada de água no mesmo. A aspiração da bombagem deve também ser realizada com velocidade reduzida e, quando possível, entre 10 e 15 cm



abaixo do nível da água na cisterna, ou através de um sistema equivalente que não permita a sucção de resíduos flutuantes ou sedimentos na mesma.

- A água da chuva deverá ser armazenada num local abrigado da luz e do calor com aberturas dotadas de dispositivos anti-roedores e anti-mosquitos. Quando o overflow estiver ligado diretamente a uma rede pluvial, recomenda-se a instalação de uma membrana anti-roedores. No caso de existir a possibilidade de retorno, o sistema de descarga deve ser equipado com uma válvula para evitar o retorno da água.
- Os reservatórios que se localizam em locais de temperaturas reduzidas devem ser instalados de modo a prevenir o congelamento da massa de água armazenada. Nestas condições, as tubagens devem possuir isolamento. No caso dos reservatórios serem colocados no exterior, devem ser preferencialmente enterrados, de forma a aproveitar a proteção geotérmica do solo (a uma profundidade mínima de 1 metro);
- Quando se efetua a instalação de reservatórios de fibra de vidro, PEAD ou constituídos por outros materiais plásticos devem respeitar-se as instruções de instalação do fabricante para evitar deformações estruturais. Na instalação de tanques enterrados deverá antever-se a flutuação, quando se encontram vazios, e atender ainda às cargas de tráfego.
- Os reservatórios de grandes dimensões devem ser repartidos por células, para facilitar a sua manutenção. A comunicação entre as células deve ser equipada com válvulas de seccionamento e o seu esvaziamento pode ser executado através de uma descarga de fundo gravítica ou por bombagem.
- No início do sistema deve ser instalado um sistema de corte, para quando forem drenados ou derramados (deliberadamente ou acidentalmente) produtos potencialmente nocivos para a saúde humana na área de captação, o sistema possa ser desconectado, impedindo assim a entrada desses produtos no reservatório. A ligação só deve ser retomada após a lavagem adequada da área de captação e garantia de ausência de perigosidade.
- Para efeitos de dimensionamento, não devem ser considerados períodos de armazenamento de água no reservatório superiores a 30 dias.



3.1.4.4. Acessórios do reservatório

➤ Conjunto de sucção flutuante

O conjunto de sucção flutuante atua como uma boia que mantém a entrada para o tubo logo por baixo da superfície, podendo ainda ser dotado de um filtro roscado. O tubo é composto por uma mangueira flexível, o que garante a funcionalidade do conjunto, independente da quantidade de água que se encontra no reservatório (Figura 14).

Este conjunto encontra-se antes da bomba e tem como principal função remover as partículas que se encontram em suspensão, de modo a que estas não sejam absorvidas e enviadas pela bomba para a rede de distribuição. Com isto evita-se que as partículas em suspensão entupam a bomba, reduzindo o desgaste e consumo de energia (Sacadura, 2011).

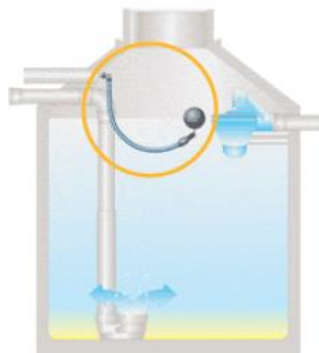


Figura 14 - Conjunto de sucção flutuante (3P Technik, 2005)

➤ Amortecedor

O amortecedor evita que a água vinda do filtro choque com a superfície ou entre com muita pressão no reservatório, evitando a turbulência e permitindo a entrada de oxigénio na água que se encontra no reservatório. A função do amortecedor é funcionar como um vaso de expansão instalado no fundo do reservatório que recebe a água saída do filtro por meio de um tubo. Deste modo, a água expande-se e perde força, saindo apenas para cima e sem causar perturbação nos sedimentos que se encontram depositados no fundo. Este dispositivo é um requisito obrigatório segundo a norma técnica ETA 0701 (Figura 15) (Silva, 2012).



Figura 15 - Amortecedor (3P Technik, 2005)

➤ Sifão

Partículas leves, como o pólen ou óleos podem atingir e acumular-se na superfície da água armazenada do reservatório. Contudo os mesmos devem ser removidos periodicamente mesmo sabendo que, em princípio, não prejudicam a qualidade da água pluvial armazenada.

O sifão é um dispositivo que têm como principal função limpar a camada superficial de água do reservatório, para tal é aconselhado que este se encontre totalmente cheio e transborde pelo menos duas vezes durante o ano, para que possa cumprir eficientemente a sua função principal (Figura 16). No caso de esta camada não ter sido limpa pode, em casos extremos, tamponar a superfície da água impossibilitando a entrada de oxigénio, o que conduz a processos anaeróbios (3P Technik, 2005).

Para o correto funcionamento do SAAP o sifão deve atuar também como selo hidráulico, evitando a entrada de odores do exterior e impedindo a entrada de pequenos animais, que podem transmitir doenças. A barreira faz-se por meio de uma lâmina espiral ou pelo desenho do sifão, com aberturas estreitas, por onde se aspira a água, impedindo o acesso de animais ou de partículas mais leves ao reservatório(Sickermann, 2002).

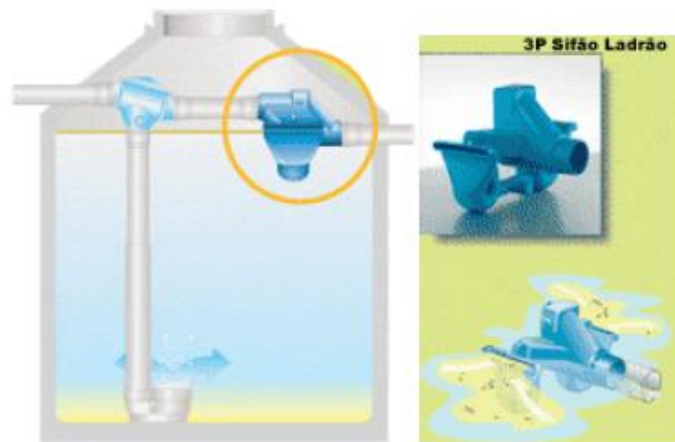


Figura 16 – Sifão (3P Technik, 2005)

➤ Descarga de superfície

Dispositivo que permite que o excesso de água seja descarregado do reservatório de armazenamento e que o material flutuante seja retirado da superfície. É imprescindível uma válvula antirretorno para impedir a contaminação por refluxo, bem como uma barreira anti roedores (Figura 17).

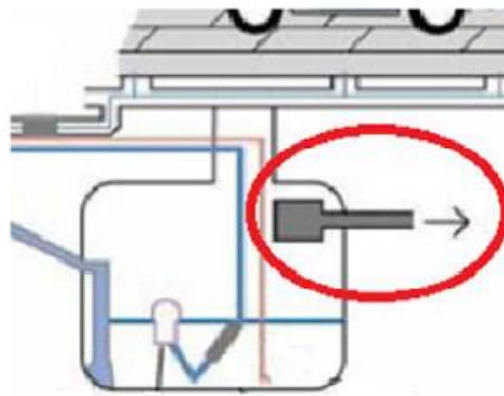


Figura 17 - Descarga de superfície (Harvesting rainwater for domestic uses: na information guide, 2010)

3.1.5. Sistema de bombagem

A distribuição da água pode ser efetuada por gravidade ou por bombagem. Utilizam-se bombas quando é necessário elevar a água a cotas superiores à do reservatório. Isto é, comum quando o



reservatório se encontra enterrado ou semienterrado e é necessário bombear a água para os pontos de utilização.

O sistema de bombagem arranca sempre que houver consumo e pára assim que o consumo termina, permitindo assim um uso eficiente da energia.

Os equipamentos de bombagem criados para os sistemas domésticos de aproveitamento de água pluvial devem estar tecnologicamente dotados de funções que possibilitem a gestão da água pluvial de uma forma responsável e eficiente. É aconselhável a sua localização na área doméstica, pela simplificação técnica que proporciona ao instalador e ao utilizador final.

As bombas podem ser divididas em dois grupos: e deslocamento positivo e turbobombas. Neste caso só serão abordadas as turbobombas, uma vez que desenvolvem uma alta velocidade no fluido, capaz de produzir caudais elevados, fornecem um fluxo contínuo mas têm carga hidráulica relativamente baixa.

Dentro deste tipo de bombas encontram-se as bombas centrífugas e bombas a jacto. Uma bomba centrífuga é a mais indicada para aplicar em instalações de aproveitamento de águas pluviais devido à sua gama de cargas hidráulicas (elevações) e caudais, simplicidade e relativo baixo custo. Pretende-se que a bomba utilizada em sistemas de aproveitamento de águas pluviais utilize pouca energia, seja durável, resistente à corrosão, capaz de bombear à altura pretendida e que tenha uma exigência mínima de manutenção.

Existem vários tipos de instalações possíveis dependendo da localização e do tipo de controlo da bomba. As bombas podem localizar-se a seco ou submersas e para controlar a bomba é importante efetuar-se uma proteção da bomba, automatismo da bomba e garantir o suprimento.

Em seguida apresenta-se uma análise dos diferentes tipos de instalações possível no que diz respeito à localização e controlo da bomba.



➤ **Localização da bomba: A seco ou submersa**

▪ **Bombas a seco**

Dentro da gama das bombas a seco existem duas opções disponíveis no mercado: centrífugas e centrífugas auto-ferrantes.

As bombas centrífugas normais devem ser montadas abaixo da superfície da água que está a bombear (Figura 18). A utilização de uma bomba centrífuga normal conduz assim a um custo adicional uma vez que é necessário escavar mais para a instalação da bomba e acessórios e, por esta razão, dificulta o fácil acesso em casos de manutenção ou reparação. Este tipo de bombas é indicado para sistemas que incluam um reservatório acima do solo.



Figura 18 - Aplicação possível de uma bomba centrífuga normal (Rodrigues, 2010)

As bombas centrífugas auto-ferrantes são uma alternativa às bombas centrífugas normais (Figura 19). Estas bombas diferem das normais pois podem ser instaladas acima da linha de água que se pretende bombear, permitindo uma instalação mais simples e proporcionando uma maior facilidade de reparação e manutenção. A razão desta diferença prende-se com o facto de, ao contrário das bombas centrífugas, que pela sua natureza não geram sucção se tiverem ar, as bombas auto ferrantes armazenam uma quantidade de água de maneira a que, quando tiverem de entrar em funcionamento, a bomba se encontre já “ferrada”. A ferragem das bombas define-se assim como a substituição do ar contido na bomba e na conduta de aspiração, por líquido. Uma bomba instalada acima da superfície livre do líquido no reservatório está ferrada quando no seu interior estiver cheio de líquido possível de ser bombeado. Por esta razão, este tipo de bombas deve ser utilizado quando se opta por reservatórios enterrados.

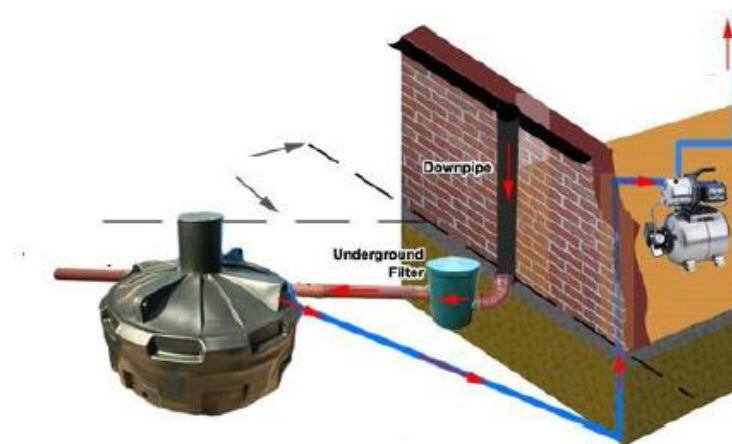


Figura 19 - Aplicação possível de uma bomba centrífuga auto ferrante (Rodrigues, 2010)

▪ **Bombas submersíveis**

As bombas submersíveis são uma opção alternativa à utilização das bombas a seco. Possuem um motor hermeticamente fechado acoplado ao corpo da bomba. O conjunto encontra-se imerso no líquido a ser bombeado.

A principal vantagem deste tipo de bombas é o facto de evitarem a cavitação, que é um problema associado à diferença entre a superfície do líquido e a bomba. As bombas submersíveis empurram a água até o ponto desejado, sendo esta uma das soluções para que não entre ar na bomba, que se encontra constantemente “ferrada”. A opção de utilização deste tipo de bombas é tida como uma solução preferencial, uma vez que apesar destas representarem um maior investimento inicial, apresentam vantagens como: a simplicidade de instalação, ausência de ruído quando se encontram ligadas e o facto de se encontrarem constantemente ferradas. Estas bombas podem ser instaladas quer em reservatórios enterrados quer em reservatórios acima do solo e devem ser facilmente removíveis, para permitir e facilitar as operações de manutenção. No caso de serem instaladas dentro dos reservatórios devem ser dotadas de dispositivos de sucção com tomada de água ligada ao flutuador ou sistema equivalente que não permita o arrastamento de partículas sedimentadas ou flutuantes para a tubagem (ANQIP, 2009). A instalação de bombagem no exterior do reservatório deve respeitar os níveis de ruído estabelecidos por lei, esta protegida do calor, frio ou chuva e num local ventilado (ANQIP, 2009).



➤ **Tipo de controlo da bomba**

O controlador de bomba combina a função de um interruptor de pressão e um interruptor de caudal. É importante efetuar uma escolha adequada para o tipo de controlo da bomba, pois estes sistemas permitem ligar e desligar a bomba, automaticamente, dependendo da necessidade de água e também fornecer proteção à bomba para não operar a seco.

▪ **Proteção da bomba**

Para a proteção da bomba deve ser instalado um interruptor de nível que desligue automaticamente a bomba, no caso o reservatório se encontrar vazio. A instalação deste interruptor requer alguns cuidados, nomeadamente no que diz respeito à sensibilidade com que deve ser calibrado. No caso de ser mal calibrado, a bomba vai ligar e desligar várias vezes para fornecer pequenos volumes, e se não forem tomadas as devidas precauções, pode aquecer e até queimar.

No caso das bombas submersíveis o aquecimento da bomba pode também contribuir para o aquecimento da água armazenada sendo favorável ao aparecimento de microrganismos considerados prejudiciais para a qualidade da água. Para assegurar o funcionamento normal do sistema é fundamental instalar um painel de controlo eletrónico que estará ligado ao interruptor de nível, localizado dentro do reservatório. Quando o nível de água dentro do reservatório for menor que um determinado nível pré-definido o interruptor envia um sinal para o painel de controlo que, em seguida, toma as seguintes ações nas duas válvulas solenoides.

A primeira válvula solenóide que é colocada do lado do abastecimento, logo após a bomba e que está normalmente na posição aberta, será fechada pelo painel de controlo para evitar que a água da rede municipal retorne ao reservatório. A segunda válvula solenóide, que é colocada em linha no tubo de abastecimento municipal e está na posição normalmente fechada, será aberta pelo painel de controlo para permitir que a água municipal alimente a habitação. Assim que recomeçar a chover e o nível de água nos reservatórios subir, as válvulas voltam à sua posição inicial. Este processo é uma das formas de efetuar o suprimento.

▪ **Automatismo da bomba**

O facto de a bomba se ligar e desligar de acordo com as necessidades de água, apesar de representar uma vantagem na automatização do sistema, pode fazer reduzir o tempo de vida da



bomba, sendo necessário instalar sistemas que impeçam ou reduzam a probabilidade de que tal ocorra. Este problema é mais grave nos sistemas diretos pois obrigam a bomba a efetuar mais operações. Em seguida são descritos alguns dos sistemas que podem ser instalados, juntos ou separados da bomba, de maneira a atenuar este efeito. Os sistemas descritos são três: reservatórios de ar comprimido, bombas com sensores de pressão e caixas de controlo.

Os reservatórios de ar comprimido são considerados uma tecnologia comprovada, amplamente aceite e disponível, utilizada e instalada ao longo do tempo em várias aplicações hidráulicas. Quando a pressão atinge um determinado nível, um pressostato desliga a bomba e partir desse momento qualquer consumo que haja faz gastar água, logo diminui a pressão o interior do reservatório. Quando essa pressão atingir um limite considerado baixo, o pressostato faz arrancar a bomba de novo.

As bombas com sensores de pressão são mais recentes e definem-se como sendo um dispositivo que combina a ação da bomba com a ação de um sensor de pressão. Quando ocorrer uma queda de pressão da água esta é detetada e a bomba ligar-se-á automaticamente, ficando operacional até a pressão da água voltar ao normal, altura em que a bomba se voltará a desligar. As instalações típicas de SAAP possuem uma bomba de pressão sensível, dentro ou perto do reservatório de água da chuva, que mantêm a pressão no tubo para qualquer torneira de água não potável. Como a pressão diminui sempre que se utiliza a água armazenada, a bomba vai ligar-se de novo. O arranque da bomba acarreta um grande consumo de eletricidade, que acelera o seu desgaste.

As caixas de controlo consistem num dispositivo que se encontra separado, não integrado na bomba, que deteta a pressão no sistema, ligando ou desligando a bomba de acordo com a necessidade do momento. Ao contrário dos dois sistemas referidos anteriormente para controlo de bomba, estes sistemas podem incluir também a proteção de operação a seco da bomba. Estes controladores podem ser facilmente acrescentados às instalações existentes ou serem comprados já com bomba e acessórios incluídos.

- **Suprimento**

O suprimento define-se como um sistema suplementar de abastecimento, caso não haja água suficiente no reservatório. Como medida preventiva, um SAAP deve possuir uma ligação independente ao serviço de abastecimento público de água. Recomenda-se então que todos os SAAP sejam dotados deste tipo de sistema para que o seu funcionamento contínuo seja assegurado quando



não exista água pluvial no volume necessário para abastecimento das funções definidas uma vez que os eventos de precipitação são aleatórios.

O suprimento da água deve poder ser realizado sem que seja interrompido o abastecimento da rede não potável, sendo recomendável a instalação de sistemas que façam, de forma automática e segura, a gestão e a comutação das fontes de abastecimento. Assim, é necessário ligar à rede pública os pontos do SAAP de modo a assegurar que o funcionamento do mesmo seja contínuo, mesmo quando o reservatório se encontre vazio.

O suprimento com a água da rede potável deve ser pré-estabelecido de acordo com os consumos nos fins não potáveis previstos e não de acordo com o volume do reservatório, de modo a minimizar o consumo de água potável.

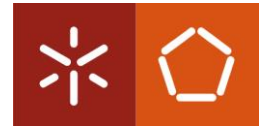
3.1.6. Tratamento

O sistema de tratamento a utilizar num SAAP depende da qualidade de água recolhida e das exigências de qualidade da água em função das utilizações a que se destina.

O tratamento da água pluvial apenas faz sentido quando é efetuado corretamente, isto é, se a recolha e o armazenamento da água garantir que esta não sofre nova contaminação. Existem vários tipos de tratamento possíveis, sendo os mais comuns a filtração e a desinfecção, por cloro ou por exposição à radiação ultra violeta.

Embora existam numerosos métodos de desinfecção, alguns métodos são mais apropriados para a utilização em habitações do que outros. Recomenda-se então o uso da radiação ultra violeta combinada com o uso de coro, pelas seguintes razões:

- A radiação ultra violeta é extremamente eficaz contra o “*cryptosporidium*”, mas são necessárias doses elevadas para inativar alguns agentes patogénicos virais. Assim, aconselha-se o uso desta radiação, uma vez que é muito mais eficaz contra os parasitas do que contra certos vírus.
- O cloro é muito eficiente contra os vírus, mas praticamente ineficaz contra o “*cryptosporidium*”, e tal como os raios ultravioleta, também é mais eficaz contra alguns agentes patogénicos.



No entanto existem diferenças importantes entre os raios ultravioleta e o cloro, tais como:

- O cloro é mais eficiente contra vírus do que parasitas, enquanto que os raios ultravioleta têm exatamente o efeito oposto.
- A desinfecção por radiação ultravioleta têm melhor desempenho em água relativamente transparente, enquanto que o cloro pode ser usado para desinfetar água que se encontra visivelmente turva.
- A radiação ultravioleta pode inativar agentes patogénicos em poucos segundos, enquanto que o cloro necessita de vários minutos.
- A eficiência da radiação ultravioleta depende do pH e da temperatura da água, enquanto que a eficácia do cloro é afetada pelo pH, temperatura e pela concentração do cloro na água.

O tratamento da água pluvial é particularmente relevante no caso de sistemas de águas potáveis mas, para as aplicações não potáveis esta etapa inclui usualmente apenas a remoção de sólidos, aliás o filtro pode ser considerado a primeira fase de tratamento da água da chuva.

Quando as aplicações finais compreendem a descarga de autoclismos e lavagem de roupas deve executar-se após a filtração uma outra filtração, mas desta vez com carvão ativado por exemplo, desinfecção ou um controlador de pH da água. Pode efetuar-se uma injeção de cloro no reservatório de água, no entanto a adição de uma quantidade elevada deste desinfetante normalmente é desfavorável para a máquina de lavar roupa, então pode recorrer-se à filtração com carvão ativado para remoção do excesso de cloro. Existe ainda a possibilidade de se apelar a um sistema de oxigenação de água, operação que consiste na introdução, pelo fundo do reservatório, de bolhas de oxigénio puro ou ar, evitando deste modo condições favoráveis à criação de contextos anaeróbios.

No caso da água recolhida ser utilizada no exterior para rega ou lavagem de pavimentos, as exigências de tratamento são menos restritas, ou até desnecessárias.

Em suma, o bom senso simplifica muito os procedimentos de tratamento, uma vez que, dependendo das características do local de captação e da utilização prevista, para uso doméstico potável ou não potável, devem ser aplicadas técnicas apropriadas de filtração e desinfecção, de forma a garantir sempre os cuidados necessários para manter a qualidade da água de forma a esta nunca apresentar um risco para a saúde.



3.1.7. Rede de distribuição

A água armazenada pode ser distribuída por gravidade ou por bombagem. A distribuição da água por gravidade consiste no transporte da água pluvial armazenada até ao seu uso final. Por outro lado, no caso do reservatório não se encontrar colocado a uma altura que permita a distribuição da água até ao local de consumo por gravidade, deve fazer-se a distribuição por bombagem, que consiste na repartição da água pluvial com auxílio de uma bomba. Qualquer bomba pode ser utilizada, desde que seja convenientemente dimensionada para este fim, a sua aspiração deve ser executada a baixa velocidade e posicionada de forma a não permitir a aspiração de resíduos flutuantes e sedimentados. O sistema liga-se sempre que existir consumo e desliga-se assim que este termina, possibilitando um uso eficiente.

É necessário dimensionar uma rede de água suplementar uma vez que para a utilização legal do SAAP, a legislação não permite a circulação de água pluvial na tubagem de água potável. Assim, visto que se trata de água não potável e com fins restritos na sua utilização, a canalização destes sistemas, bem como os seus elementos acessórios, devem ser claramente diferenciados das redes de água potável. Propõe-se a utilização de fita adesiva colorida e de preferência com uma descrição do tipo de água presente. No caso dos dispositivos de rega ou de lavagem estes devem de estar também assinalados e identificados, podendo utilizar-se o mesmo método descrito anteriormente. Alerta-se ainda que as torneiras de lavagem ou de rega necessitam de ser dotadas de manípulos amovíveis, uma forma de segurança contra usos inadequados (Gomes, 2014).

3.1.8. Manutenção

A execução de manutenções qualificadas e inspeções regulares são fundamentais para a vida útil dos SAAP, pois assim as reparações e os danos estruturais não planeados podem ser previstos.

As inspeções do sistema podem ser realizadas pelos utilizadores, porém existem situações em que se deve considerar a intervenção de um técnico especializado.



Nas operações de manutenção ou higienização quando se utilizam produtos potencialmente nocivos para a saúde humana ou para o ambiente, deve-se assegurar medidas que impossibilitem o lançamento de efluentes decorrentes dessas operações no ciclo pluvial natural ou na rede de drenagem das águas residuais sem que, previamente, se faça a verificação da compatibilidade com que os componentes naturais, canalizações e órgãos de tratamento a jusante, recorrendo a pré-manutenção, quando necessário.

Independentemente das operações excecionais bem como, na ausência de condições que indiquem períodos mais curtos de intervenção e reparação, a manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais deverá ser realizado de acordo com a Tabela 4 (ANQIP, 2009):

Tabela 4 - Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP (ANQIP, 2009)

Componentes	Frequência da manutenção
Filtros	Inspeção e limpeza semestrais
Sistema de desvio do first flush	Automático – inspeção semestral e limpeza anual Manual – inspeção e limpeza semestral
Caleiras e tubos de descarga	Inspeção e limpeza semestrais
Órgãos de tratamento/desinfecção	Inspeção mensal e manutenção anual
Sistemas de bombagem	De acordo com as indicações do fabricante
Cisterna	Inspeção anual, limpeza e higienização de 10 em 10 anos (no máximo)
Unidades de controlo	Inspeção semestral e manutenção anual
Canalizações e acessórios	Inspeção anual



4. TRIZ: TEORIA PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS INVENTIVOS

No presente capítulo é elaborada uma breve descrição da metodologia de solução de problemas TRIZ e dos princípios em que esta metodologia se baseia, no seguimento da dissertação de Gomes (2014).

A TRIZ é uma metodologia de solução de problemas, utilizada por várias empresas, principalmente na área de engenharia. Esta metodologia possui ferramentas para auxiliar o processo de projeto de produtos, possibilitando a correção de problemas e a adoção de soluções que não pertenciam ao leque das soluções usadas na área em questão.

Na tentativa de implementar um sistema de distribuição de águas pluviais o mais eficiente possível, irão ser usados os princípios e as disposições que se encontram definidas na metodologia TRIZ, acrónimo da teoria para a resolução de problemas inventivos propondo-se que este sistema seja uma ajuda a esta decisão.

Desta forma, espera-se que a metodologia TRIZ permita o desenvolvimento de novas ideias e conceitos face aos SAAP atuais, a fim de indicar alternativas inovadoras na sua evolução (Carneiro, 2013).

4.1.1. Descrição da metodologia TRIZ

A TRIZ foi concebida em 1946 na extinta URSS por Genrich Salovich Altshuller, que se debruçou sobre a análise de milhares de patentes com o fim de procurar inspiração para melhorar ou criar novos equipamentos. Sendo a TRIZ uma metodologia que divulga vários princípios e padrões, para qualquer sistema tecnológico e respetiva evolução e, também ajuda a desbloquear o processo criativo de inventores e projetistas, possibilitando assim o surgimento de novas ideias.

A TRIZ é elucidada como uma teoria de Resolução de Problemas Inventivos e possui uma metodologia versátil e diversificada, podendo ser utilizada, por si só, em todas as fases de um projeto



ou como uma ferramenta auxiliar a outros métodos tradicionais, englobando assim todos os processos, técnicas, ajudas ou ferramentas que o projetista poderá utilizar e ajustar entre si de modo a conseguir concretizar o projeto. Assim, a TRIZ além de um conjunto de métodos e ferramentas para auxiliar um projeto é, de um certo ponto de vista, uma ciência que estuda a evolução da tecnologia e dos princípios que se encontram por detrás dessa evolução.

Quando se inicia um projeto este, geralmente, tem como ponto de partida um problema mal definido, sendo necessário em primeiro lugar listar os objetivos, de forma clara, simples, de fácil compreensão de modo a ter sempre uma ideia clara dos objetivos que se pretende explorar, apesar destes poderem sofrer alterações, à medida que se compreende melhor o problema, quando isso acontecer pode ser necessário efetuar uma requalificação dos mesmos (Gomes, 2014).

Os objetivos devem incluir fatores técnicos, económicos, de segurança, requisitos dos consumidores e das empresas responsáveis pela construção e distribuição dos equipamentos. Após a definição dos objetivos deve-se elaborar uma lista detalhada e por ordem de importância dos mesmos. Sempre que realizável, um objetivo deve ser apontado de forma a ser possível uma avaliação quantitativa do desempenho alcançado por uma solução sobre esse objetivo. Outros objetivos podem encontrar-se referidos com aspetos qualitativos, a estes serão atribuídos pontuações numéricas (Gomes, 2014).

Os objetivos ou as funções indicam o que deve ser alcançado e o estabelecimento das especificações de um produto, refere-se ao conjunto de requisitos que compreendem as especificações de desempenho do mesmo (Gomes, 2014).

Após o desenvolvimento de uma série de soluções, o projetista depara-se com a dificuldade em elege a melhor solução alternativa. As escolhas podem ser eleitas de diversas formas, por intuição, por palpite ou baseadas na experiência de cada indivíduo, contudo é preferível que sejam executadas conforme um procedimento racional. A avaliação das soluções alternativas deve ser executada tendo em consideração os objetivos finais que o produto deve alcançar (Gomes, 2014).

Para avaliar as soluções possíveis recorre-se ao método dos objetivos ponderados. Este método oferece uma forma de avaliar e comparar diferentes soluções alternativas, que consiste em atribuir “pesos” numéricos aos objetivos e pontuações numéricas aos desempenhos das soluções alternativas,



medidas em função dos objetivos. A atribuição de um valor numérico a cada objetivo impõe o seu “peso” em relação aos restantes objetivos (Gomes, 2014).

No processo de ordenação dos objetivos pode-se utilizar a comparação sistemática de pares de objetivos (Figura 20). Neste processo consideram-se apenas dois valores, 1 e 0. A cada célula da matriz deve ser atribuído um destes valores, tendo em conta se o primeiro objetivo é mais ou menos importante que o seguinte, e assim por diante. Na matriz apresentada na Figura 20, temos o objetivo A e ao evoluímos ao longo da linha respetiva ao mesmo em primeiro lugar devemos avaliar se “o objetivo A é mais importante que o objetivo B?”. No caso de ser mais importante, coloca-se na célula o valor 1, se for menos importante atribui-se o valor 0. Além desta avaliação ao longo desta linha também se deve avaliar o objetivo A em relação ao objetivo C, D e E (Gomes, 2014).

Objectivos	A	B	C	D	E	Totais das linhas
→ A	-	0	0	0	1	1
B	1	-	1	1	1	4
C	1	0	-	1	1	3
D	1	0	0	-	1	2
E	0	0	0	0	-	0

Figura 20 - Matriz dos objetivos ponderados (Silva L. , 2013)

Depois de efetuadas todas as comparações e avaliações, encontram-se em cada uma das linhas os totais que indicam a ordem de importância dos objetivos (Figura 21). Logo, a linha que obtiver o maior total indica o objetivo mais importante. Assim, conclui-se que o objetivo A pode ser considerado mais importante que o objetivo E, o objetivo D mais importante que o A, o objetivo C mais importante que o D e o objetivo B é o mais importante de todos os outros. Nestes casos as decisões devem ser definidas de forma a solucionar tais problemas. Esta ordenação de objetivos é um exemplo de uma escala ordinal (Gomes, 2014).



Objectivos	A	B	C	D	E	Totais das linhas
A	-	0	0	0	1	1
B	1	-	1	1	1	4
C	1	0	-	1	1	3
D	1	0	0	-	1	2
E	0	0	0	0	-	0

B
C
D
A
E

Figura 21 - Matriz por ordem de importância dos objetivos (Silva L. , 2013)

O passo que se segue consiste na atribuição de um valor numérico a cada objetivo, este valor demonstra o seu “peso” em relação aos restantes objetivos. Uma forma simples de efetuar a atribuição de um valor numérico a cada objetivo é, considerando a lista ordenada anterior, coloca-se os objetivos em posições de importância relativa numa escala de 1 a 10, tal como mostra a figura seguinte (Figura 22). Atribui-se ao objetivo mais relevante o valor de 10 e aos outros objetivos atribuíram-se os restantes valores.

10	B
9	
8	
7	C
6	
5	D
4	A
3	
2	E
1	

Figura 22 - Objetivos em posição de importância numa escala de 1 a 10 (Silva L. , 2013)

A etapa seguinte compreende o estabelecimento dos parâmetros de desempenho, isto é, pontuações de “utilidade” atribuídas a cada um dos objetivos. Esta etapa requer a conversão dos argumentos dos objetivos em parâmetros que possam ser estimados com uma certa confiança, requer também uma escala simples para atribuição de pontuações de “utilidade”, já que alguns poderão não ser quantificáveis. Geralmente, para representar o desempenho, utiliza-se uma escala de 5 classes, cujo significado qualitativo atribuído a cada classe é: muito abaixo da média, abaixo da média, média,



acima da média e muito acima da média. Contudo, muitas vezes é necessário a utilização de uma escala de 9 ou 10 classes.

Na Tabela 5, apresentam-se os graus de desempenho adjudicados por uma escala de 11 e de 5 classes. É relevante referir, que no presente trabalho se adotará uma adaptação da primeira opção de pontos (escala de 11 pontos) (Tabela 6) para classificar as opções de desempenho dos SAAP em análise. A vantagem da utilização deste tipo de escalas é que tanto os parâmetros qualitativos como os parâmetros quantitativos podem ser comparados neste tipo de escalas, que exibem as gamas desde o pior até ao melhor desempenho possível.

Tabela 5 - Desempenho com uso de duas escalas (Silva L. , 2013)

Escala de onze pontos	Significado	Escala de 5 pontos	Significado
0	Solução totalmente inútil	1	Inadequado
1	Solução inadequada		
2	Solução muito má	2	Fraco
3	Solução má		
4	Solução tolerável	3	Satisfatório
5	Solução adequada		
6	Solução satisfatória		
7	Solução boa	4	Bom
8	Solução muito boa		
9	Solução excelente	5	Excelente
10	Solução perfeita ou ideal		

Na Tabela 6 apresenta-se a opção de graus de desempenho que será utilizada neste trabalho, após sofrer algumas adaptações face à primeira opção de pontos demonstrada na Tabela 5.

Assim na Tabela 6 admitiu-se a utilização de uma escala de desempenho de 1 (péssimo) a 10 (excelente), e para cada grau de desempenho atribuíram-se novos significados de desempenho. As alterações que a primeira opção irá sofrer para ser utilizada neste trabalho são, nomeadamente, ter início em 1 e não em 0, uma vez que não existe nenhuma vantagem em iniciar a escala nesse valor, e



atribuição de novos significados de desempenho de compreensão mais intuitiva, como se pode observar na Tabela 6, que será a tabela a utilizar neste trabalho.

Tabela 6 - Classificação da escala de desempenho utilizando uma escala de 10 pontos

Escala	Significado do desempenho (avaliação qualitativa)
1	Péssimo
2	Muito Fraco
3	Fraco
4	Tolerável
5	Adequado
6	Satisfatório
7	Bom
8	Muito Bom
9	Excelente
10	Ideal

Para terminar este tipo de análise, considera-se cada uma das propostas alternativas e calcula-se, para cada uma delas, uma pontuação para o seu desempenho de acordo com os parâmetros determinados. Nesta etapa recomenda-se não só a participação de todos os membros que constituem a equipa de projeto, mas também dos utilizadores do mesmo, uma vez que as diversas soluções irão ser pontuadas de forma diferente por pessoas com pontos de vista distintos. O desempenho de cada parâmetro, e para cada alternativa, deve ser ajustado de forma a ter em consideração os diferentes “pesos” de cada objetivo, isto é, multiplicando as pontuações de “utilidade”, pelos “pesos” obtêm-se para cada alternativa um conjunto de pontuações ajustadas, que servirão para indicar o valor relativo de “utilidade” dessa alternativa consoante cada objetivo.

Por último, analisa-se o valor da soma entre os produtos das pontuações de cada parâmetro, pelo “peso” dos objetivos para cada uma das alternativas e considera-se a melhor alternativa a que apresentar o valor mais elevado da soma. No entanto, a comparação, e discussão dos valores de forma crítica, pode ser uma muito mais útil do que simplesmente escolher a melhor alternativa.



5. CASO DE ESTUDO: SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NUMA UNIDADE HOSPITALAR NA ZONA DE BRAGA

No presente capítulo descreve-se o caso de estudo, que tem como objetivo a preservação dos recursos hídricos e reduzir os gastos no consumo de água da rede de pública que o sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis permite. Assim, através da utilização deste tipo de sistemas pode-se desenvolver e obter novas soluções do ponto de vista sustentável, ambiental e económico para o uso de água pluvial para diversos fins.

5.1. Descrição do caso prático

O sistema de aproveitamento de águas pluviais escolhido para ser analisado encontra-se numa unidade hospitalar situada no distrito de Braga.

Esta unidade hospitalar possui uma estrutura arquitetónica totalmente construída de raiz, implementada num terreno de 23 hectares, com uma área total de construção de 235.512,00 m^2 e uma área bruta de construção de 102.403,62 m^2 . A estrutura desta unidade hospitalar foi construída para uma perfeita articulação entre as diferentes funcionalidades, sempre na perspetiva de uma maior qualidade de serviço e conveniência para o utente, permitindo assim disponibilizar cuidados médicos a cerca de 1.2 milhões de utentes e disponibilizando instalações totalmente equipadas com tecnologia de primeira linha.

No anexo 2 apresenta-se a planta topográfica do terreno onde se encontra implementada a unidade hospitalar, no anexo 3 apresenta-se a planta do sistema de rega da unidade hospitalar e no anexo 4 apresenta-se a legenda do mesmo.

O sistema de aproveitamento de águas pluviais foi implementado unicamente para rega de jardins, uma vez que a unidade hospitalar possui uma área jardinada de aproximadamente 20.000 m^2 e o consumo médio mensal de água ao longo do ano para este fim é de cerca de 1500 m^3 , o que se



traduz num consumo de água elevado aliado a este sector. Assim, com vista a atenuarem-se os gastos financeiros adjacentes ao mesmo e tendo em conta as necessidades de água relativamente à rega de jardins, instalou-se um sistema de aproveitamento de águas pluviais para se poder armazenar a água pluvial captada ao nível das coberturas dos edifícios e dos pavimentos que constituem a unidade hospitalar. Um outro motivo que levou à implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais foi a necessidade técnica de alimentar as eletrobombas para se efetuar a rega das áreas ajardinadas, uma vez que o caudal fornecido pela companhia não era suficiente foi necessário recorrer ao armazenamento da água pluvial.

5.1.1. Caracterização do sistema de rega

O sistema de rega da unidade hospitalar estudada é automático e encontra-se dividido por sectores, existindo 20 no total. O sistema de rega em pormenor encontra-se presente no anexo 3.

A rega é efetuada em 2 períodos do dia, o primeiro período tem início às 7h e o segundo às 22h, com a duração de 30 minutos em cada sector. Os sectores de rega são regados por grupos, de forma seguida, uma vez que é necessário respeitar o caudal máximo das bombas. Importa referir que o sistema de rega apenas é utilizado quando a humidade do solo justifique, existindo para tal um controlo diário.

O consumo de água para a rega de jardins é controlado através do contador total de rega, não existindo um controlo do consumo por sectores (Figura 23).



Figura 23 - Controlador total de rega



5.2. Análise do sistema de aproveitamento de águas pluviais

5.2.1. Pluviosidade da zona da unidade hospitalar

Para avaliar o sistema de aproveitamento de águas pluviais é importante ter conhecimento da variabilidade temporal, do regime de precipitação e dos volumes de precipitação normais da zona onde se situa o sistema de aproveitamento de águas pluviais em estudo, pois sabendo estes valores têm-se uma perceção da quantidade de água que irá ser captada e armazenada.

Em seguida apresenta-se a Figura 24, com a informação relativa à precipitação e normais climatológicas da região de Braga, onde se pode observar os valores médios da quantidade total e da quantidade máxima diária por mês da precipitação entre os anos 1981 e 2010.

De acordo com a informação contida na Figura 24, comprova-se que na região de Braga os meses mais chuvosos são Outubro, Novembro, Dezembro e Janeiro, e os meses mais secos são Junho, Julho e Agosto.

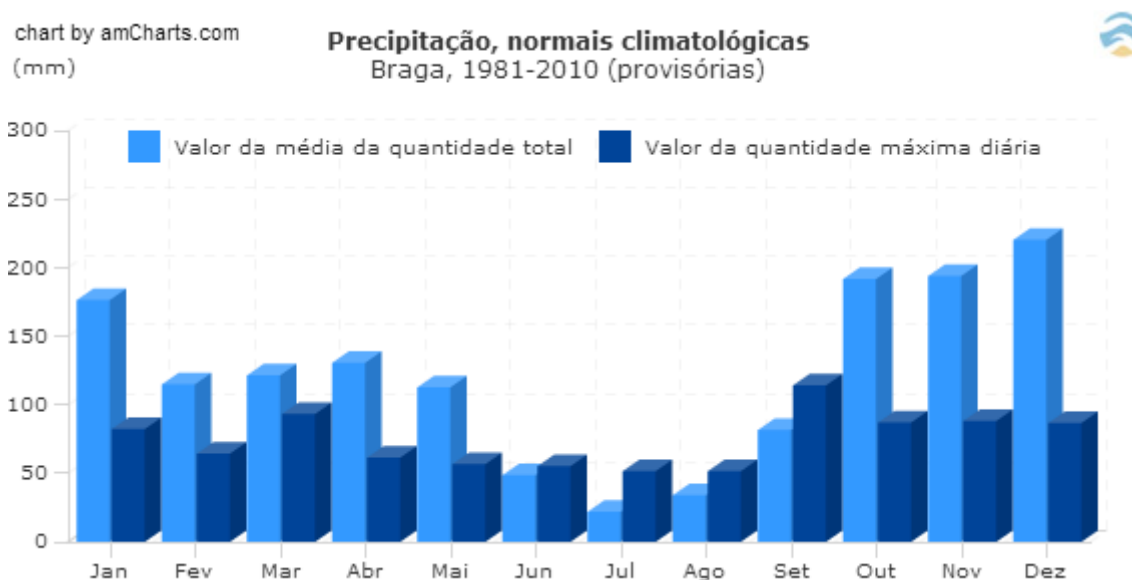


Figura 24 - Valores médios das quantidades totais e máximas diárias por mês da precipitação na região de Braga. (IPMA, 2015)



Recorrendo ao Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), através do boletim de precipitação na bacia Cávado/ribeiras costeiras observou-se e procedeu-se à extração dos dados relativos à precipitação mensal da zona em estudo (em mm) (Figura 25).

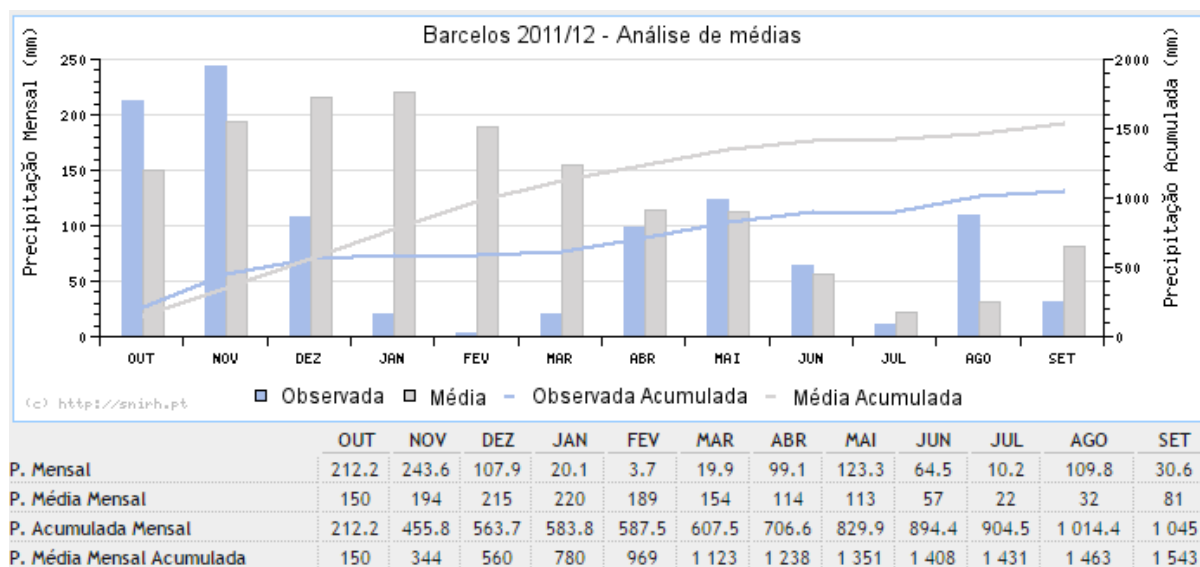


Figura 25 - Valores da precipitação mensal na região de Braga (SNIRH, 2015)

5.2.2. Superfície de captação

A superfície de captação é definida como o local onde a água cai e em seguida é recolhida. Neste caso de estudo as superfícies de captação consideradas para recolha da água pluvial foram as coberturas dos edifícios e os pavimentos da unidade hospitalar.

A área correspondente às coberturas dos edifícios é encontra-se identificada na Figura 26, apresentada em seguida.

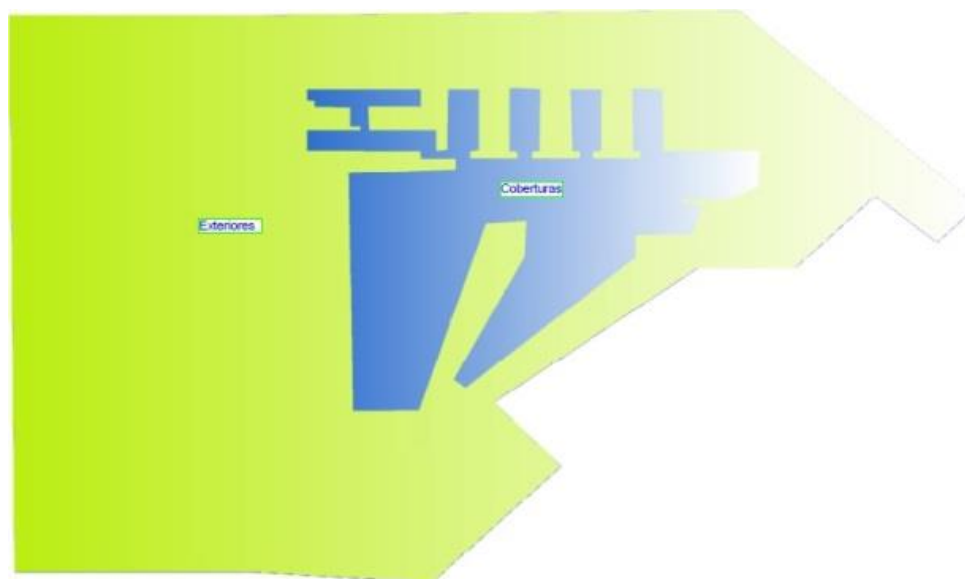


Figura 26 - Delimitação das coberturas e das zonas exteriores

De acordo com a análise da Figura 26 e tendo em conta a área de cada cobertura, pode concluir-se que a água destina à rega de jardins provirá de uma área cobertura de 37.000 m^2 e de uma área pavimentada de 46.600 m^2 .

A área da captação, que corresponde à totalidade da área da cobertura da unidade hospitalar, possui uma inclinação mínima de 2% e os pavimentos possuem uma inclinação entre 1% a 13%, de forma a escoar a água mais facilmente devido à força da gravidade.

O volume de água que se precipita nas coberturas da unidade hospitalar não corresponde à totalidade da água pluvial recolhida e armazenada no reservatório de armazenamento, uma vez que é necessário contabilizar fatores tais como: o coeficiente de escoamento superficial da cobertura e do pavimento e a eficiência hidráulica de filtragem. Relativamente ao primeiro, uma vez que as coberturas são constituídas por telas asfálticas e os pavimentos são constituídos por asfalto, cubos de granito e geodrenos adotou-se um valor médio de 0.9. No que se refere à eficiência hidráulica de filtragem, e de acordo com a especificação técnica ETA 0701, em filtros com manutenção e limpeza trimestral pode ser admitida uma eficiência hidráulica de 0.9, ou seja, moderada.

O volume de água aproveitável é dado pela seguinte expressão:

$$V_a = C \times P \times A \times n_f \quad (1)$$



Em que:

V_a = Volume mensal ou diário de água da chuva útil (L)

C = coeficiente de escoamento da cobertura

P= precipitação média mensal ou diária (mm)

A = área de captação (m^2)

n_f = Eficiência hidráulica de filtragem

Desta forma, através dos valores de precipitação mensal e das áreas de captação acima mencionadas, foram obtidos os volumes presentes na tabela seguinte Tabela 7:

Tabela 7 - Volumes mensais aproveitáveis de água pluvial

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
P Braga (mm)	220	189	154	114	113	57
C	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
η_f	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Área da cobertura (m^2)	37000	37000	37000	37000	37000	37000
Área dos pavimentos (m^2)	46000	46000	46000	46000	46000	46000
Va cobertura (L)	6593,4	5664,33	4615,38	4247,64	3386,61	1708,29
V ap pavimentos (dm^3)	8197,2	7042,14	5738,04	4247,64	4210,38	2123,82
V aproveitável total (dm^3)	14790,6	12706,47	10353,42	8495,28	7596,99	3832,11
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
P Braga (mm)	22	32	81	150	194	215
C	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
η_f	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Área da cobertura (m^2)	37000	37000	37000	37000	37000	37000
Área dos pavimentos (m^2)	46000	46000	46000	46000	46000	46000
Va cobertura (L)	659,34	959,04	2427,57	4495,5	5814,18	6443,55
V ap pavimentos (dm^3)	819,72	1192,32	3018,06	5589	7228,44	8010,9
V aproveitável total (dm^3)	1479,06	2151,36	5445,63	10084,5	13042,6	14454,45



Atentando a Tabela 7, acima presente, pode-se concluir relativamente aos valores de precipitação, que o volume de águas das chuvas aproveitáveis é máximo nos meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e mínimo nos meses de Junho, Julho e Agosto.

5.2.3. Encaminhamento da água para o reservatório de água pluvial

Após se efetuar um levantamento topográfico do terreno em que o sistema de aproveitamento de águas pluviais se insere, recorreu-se às plantas das redes de águas pluviais referentes às zonas pavimentadas e às coberturas dos edifícios para se observar o encaminhamento da água pluvial proveniente das coberturas e das zonas exteriores até ao reservatório de armazenamento existente.

No anexo 5 e no anexo 6 pode-se observar a planta da rede de água pluvial das coberturas dos edifícios e a planta da rede de água pluvial da zona exterior da unidade hospitalar, respetivamente.

A água pluvial recolhida nas coberturas dos edifícios e nos pavimentos é conduzida até ao reservatório de armazenamento através do sistema gravítico e pressurizado.

A água pluvial recolhida ao nível dos pavimentos após ser recolhida é encaminhada para as sarjetas e em seguida conduzida até ao reservatório de armazenamento.

Na planta da rede de águas pluviais referente às coberturas pode-se observar o sentido que a água segue desde o instante em que cai nas telas asfálticas até aos ralos existentes na cobertura (Figura 27). Estes ralos possuem o sistema de pressão negativa Geberit Pluvia. A principal vantagem deste sistema de drenagem é o facto de efetuar o dobro da drenagem de água pluvial com um tubo com metade do diâmetro, isto deve-se à construção especial do ralo Geberit Pluvia que assegura que os tubos de abastecimento e os tubos de queda encham rapidamente e sem criar bolhas de ar quando chove. O sistema funciona através de uma coluna de água fechada formada nos tubos que gera pressão negativa no sistema de tubagem, fazendo com que a água seja aspirada. Embora as dimensões dos tubos sejam menores, a velocidade e a capacidade do fluxo aumentam consideravelmente em comparação com os ralos convencionais (Geberit, 2015).



Figura 27 - Ralo do sistema Geberit pluvial (Geberit, 2015)

Após a água pluvial ser recolhida nos ralos, a mesma é direcionada para as caleiras e posteriormente para os tubos de queda em direção às caixas térreas onde se encontram instalados dissipadores de energia nos locais necessários (Figura 28).



Figura 28 - Tubo de queda do sistema

As caleiras dependendo da localização na cobertura possuem um formato trapezoidal e triangular com uma inclinação mínima de 2%.



Em seguida, a água é conduzida através das caixas e tubagens construídas em betão até ao reservatório de armazenamento ou para a rede pública, que se encontra identificado a vermelho na Figura 29, uma vez que no inverno e nos dias de maior precipitação o reservatório pode atingir a sua capacidade máxima, sendo necessário abrir a comporta que direciona a água para a rede pública de forma a evitar estragos.

No que se refere à frequência de manutenção e limpeza das caixas e tubos de queda esta é efetuada trimestralmente.

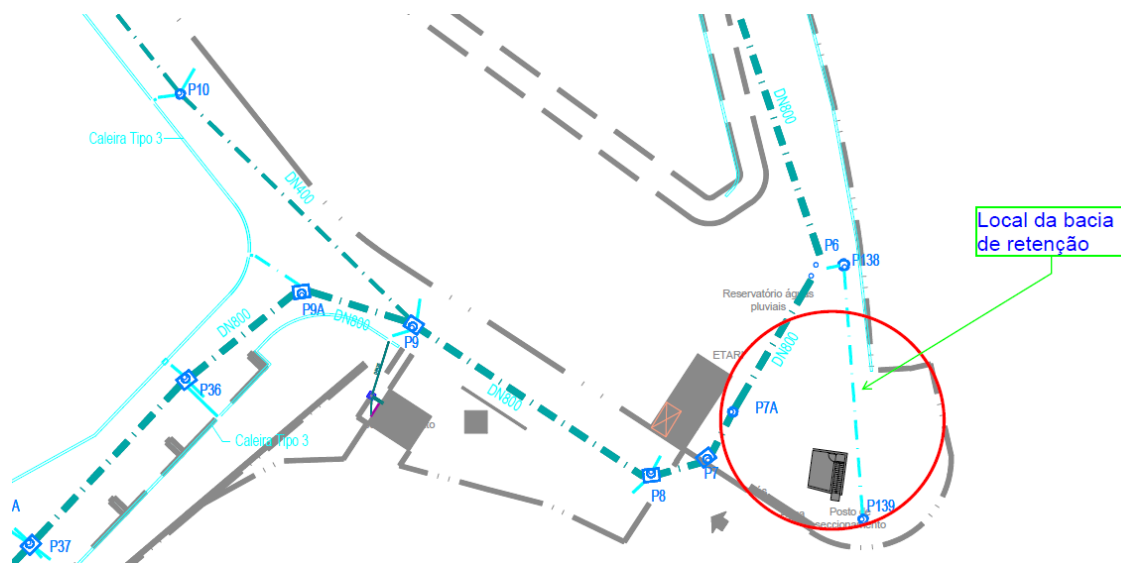


Figura 29 - Localização do reservatório de água pluvial

5.2.4. Dispositivos de filtração

O sistema de aproveitamento de água pluvial em estudo não contempla a existência de um dispositivo de desvio das primeiras águas. No entanto, a água da chuva após ser recolhida nas superfícies de captação, antes de ser armazenada no reservatório, passa por um dispositivo de filtração simples. Este, têm como objetivo principal a proteção das eletrobombas, a retenção dos detritos de maiores dimensões que podem danificar as bombas e a diminuição dos entupimentos dos componentes terminais.

O dispositivo de filtração encontra-se instalado entre a bacia de retenção e as eletrobombas (Figura 30).



Figura 30 - Dispositivo de filtração instalado entre a bacia de retenção e as eletrobombas

De forma a se cumprirem 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 que constituem o mesmo, a frequência de manutenção dos filtros ocorre semanalmente, sempre que a central se encontrar em funcionamento.

No que se refere à frequência de manutenção, a verificação do bom funcionamento dos filtros ocorre semanalmente.

Depois de filtrada a água é então enviada para o reservatório de armazenamento existente.

5.2.5. Reservatório de armazenamento água pluvial

O reservatório de armazenamento de água pluvial existente encontra-se instalado nas imediações do edifício principal do hospital, junto à ETAR (Figura 29).



Figura 31 – Local onde se encontra o reservatório enterrado

O reservatório existente é constituído por betão e possui um formato trapezoidal. O mesmo encontra-se localizado abaixo do solo e possui uma capacidade de armazenamento de 150 m^3 (Figura 31). Uma vez que se trata de um reservatório de pequenas dimensões não houve necessidade deste ser dividido em células ligadas por válvulas de seccionamento, de forma a facilitar as operações de manutenção e de limpeza (Figura 32).



Figura 32 - Planta do reservatório de água pluvial

O reservatório encontra-se coberto, ventilado, permite uma inspeção respeitando as normas de segurança, possui dispositivo overflow e de controlo de entrada de água manual. A aspiração da bombagem é realizada a uma velocidade reduzida, entre os 10 e 15cm abaixo do nível de água reservatório e através de um sistema equivalente que não permite a sucção de resíduos flutuantes ou sedimentos na mesma. A água da chuva armazenada encontra-se num local abrigado da luz e do calor sem aberturas dotadas de dispositivos anti-roedores e anti-mosquitos.

No que se refere à frequência de manutenção esta é efetuada trimestralmente.



Aquando do dimensionamento deste reservatório não foram tidos em conta os seguintes requisitos de instalação da especificação técnica ANQUIP ETA 0701, relativamente às características que um reservatório de armazenamento deve respeitar, entre eles:

- Os materiais que constituem o reservatório não asseguram as condições estruturais necessárias, isto é, esvaziamento do mesmo é efetuado através de uma descarga de fundo gravítica. Os cantos do reservatório não são arredondados de forma a facilitarem as operações de manutenção e a precaver o desenvolvimento de biofilmes.
- O reservatório não possui nenhum dispositivo que reduz a velocidade de entrada de água no mesmo nem nenhum tipo de solução para a flutuação, quando se encontra vazio. Quanto ao sistema de descarga este não se encontra equipado com nenhuma válvula para evitar o retorno da água e no início do sistema não existe nenhum tipo de sistema de corte, para quando forem drenados ou derramados produtos potencialmente nocivos para a saúde humana na área da captação, o sistema possa ser desconectado, impedindo assim a entrada desses produtos no reservatório.

5.2.5.1. Análise dos consumos mensais do sistema de aproveitamento de águas pluviais

Efetuando uma comparação entre a capacidade do reservatório ($150 m^3$), os consumos mensais de água para rega de jardins ($1500 m^3$), a área e rega de aproximadamente $20.000 m^2$ e os valores médios das quantidades totais mensais da precipitação (Figura 25), com base na Tabela 7 facilmente se constata que os consumos de água relativos à rega de zonas verdes são bastante superiores à água pluvial disponível em todos os meses, sendo necessário recorrer-se ao sistema de água da rede pública existente.

Existem alguns meses do ano em que não é possível armazenar água no reservatório, facto decorrente dos consumos elevados de água para a rega de jardins e da escassez de precipitação. Posto isto, talvez seja mais favorável desativar o sistema de aproveitamento pelo menos durante os meses de verão (Junho, Julho e Agosto), devendo recorrer-se neste período de tempo ao sistema de água da rede pública existente. Assim sendo, e tendo em conta que a água não conseguirá suprimir as



necessidades para a rega de jardins, evitam-se gastos decorrentes do funcionamento das bombas e da manutenção dos equipamentos que constituem o reservatório.

5.2.6. Encaminhamento da água para os locais de consumo

No que se refere ao encaminhamento de água pluvial que se encontra armazenada no reservatório para o sistema de rega, este é efetuado por bombagem, uma vez que o reservatório se encontra enterrado sendo necessário elevar a água a cotas superiores para a enviar para os pontos finais de consumo.

O sistema de bombagem localiza-se a seco e é automático, uma vez que arranca sempre que houver consumo e pára assim que o consumo termina. Trata-se de uma bomba centrífuga multicelular vertical, in-line, não auto-ferrante. Este sistema é previamente programado de acordo com as necessidades de rega em tempo real, assim, nos dias em que o índice de humidade no solo for elevado não há necessidade de se ativar o sistema de rega.

O sistema de pressurização existente trata-se de uma central hidropneumática GRUNDFOS da gama Hydro MPC-E, uma vez que esta respeita o caudal, a pressão de projeto e possui variadores de velocidade que se ajustam às necessidades (Figura 33). A mesma encontra-se conectada a três bombas em paralelo, que são montadas numa estrutura comum com todos os acessórios e quadro elétrico, possui um depósito hidropneumático com 200 litros de capacidade e uma pressão máxima de funcionamento de 10 bar. As características principais da central hidropneumática encontram-se presentes no anexo 8.



Figura 33 - Eletrobombas que constituem o sistema

A central Hydro MPC-E é constituída por um quadro eléctrico Control MPC-E, de fabrico da GRUNDFOS, com microprocessador MPC e painel de controlo CU351 para comando, regulação e monitorização de um sistema de abastecimento de água composto por um:

- Armário metálico
- Interruptor tetrapolar de corte geral
- Disjuntores de proteção
- Disjuntor de proteção do circuito de comando
- Sistema de arranque
- Microprocessador MPC incorporando o painel de controlo CU351, para comando de eletrobombas, através da variação contínua da velocidade das eletrobombas equipadas com motores de MGE/MMGE.

No caso das eletrobombas existentes estas apresentam uma potência de 4 KW e são capazes de bombear um caudal de $17,2 \text{ m}^3/\text{h}$, a que corresponde uma altura manométrica de 55 m.c.a. As características técnicas das mesmas encontram-se presentes no anexo 9.

A frequência de manutenção do sistema ocorre ao longo do ano, existindo várias manutenções desde as semanais até às anuais, em que em cada uma delas é referente a uma determinada tarefa.



6. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA TRIZ AO CASO DE ESTUDO

Neste capítulo aplica-se a metodologia TRIZ para avaliação do sistema de águas pluviais (SAAP) existente e em funcionamento numa unidade hospitalar, após descrever e analisar o SAAP em estudo, com o objetivo de efetuar uma análise de sensibilidade às ponderações, pesos e classificações, tendo por base a opinião de um técnico especializado em SAAP. A partir da análise de sensibilidade efetuada tenciona-se desenvolver e avaliar novas soluções técnicas para o equipamento em estudo, de modo a aumentar os benefícios do sistema do ponto de vista ambiental e económico.

No anexo 10 encontra-se o documento que foi enviado para o técnico especializado em SAAP para preenchimento, e cuja análise crítica serviu de base ao presente trabalho.

6.1. Estrutura das funções

No sistema de aproveitamento de águas pluviais existem funções que o SAAP efetua e outras que são os utilizadores ou técnicos a executar, ou seja, o SAAP possui uma interação utilizador-sistema. Em seguida, esclarece-se quais as funções que o SAAP e o utilizador do sistema devem efetuar. As funções do SAAP são: a captação, a condução da água por caleiras, algerozes e tubos de queda, o desvio das primeiras águas das chuvas, a filtração, o armazenamento, a bombagem da água e a distribuição até aos pontos de consumo. Quanto às funções do utilizador, este deve solicitar o uso de água pluvial e garantir uma limpeza apropriada, manutenção e desinfeção do SAAP, de acordo com o que recomenda a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701.



6.2. Árvore de objetivos

De forma a transmitir uma noção de quais as necessidades e características que um sistema de aproveitamento de águas deste tipo deve possuir, construiu-se uma árvore de objetivos principais onde se encontram explícitos os aspetos que se consideram fundamentais neste tipo de sistemas. Os objetivos principais dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais são: a simplicidade, a fiabilidade, a eficiência, a segurança, a viabilidade economia e os benefícios ambientais. Cada um destes objetivos principais possui diversos objetivos específicos, que o SAAP deve satisfazer (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**).

No entanto na análise do SAAP em estudo foi necessário efetuar uma simplificação da árvore de objetivos específicos que resultou na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, uma vez que cada componente que constitui o SAAP possui diferentes objetivos. Procurou-se assim que todos as componentes tivessem os mesmos objetivos, de maneira a simplificar a análise.

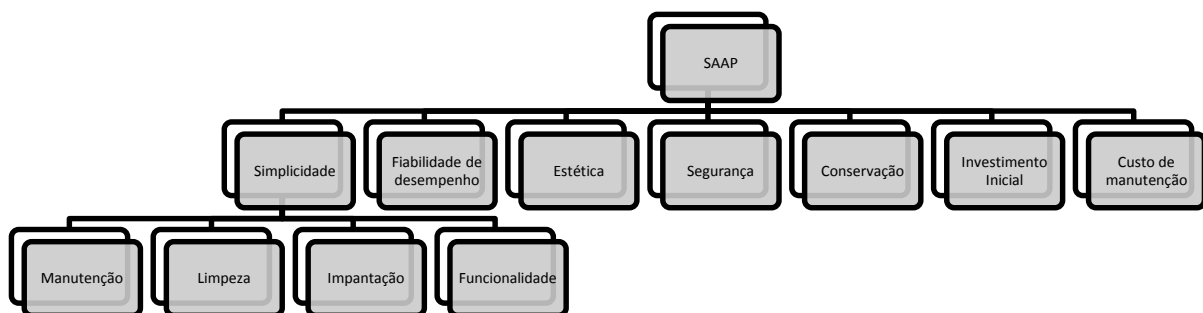


Figura 34 - Árvore de objetivos específicos aplicados ao SAAP em estudo

6.3. Especificações

Em primeiro lugar, antes de se iniciar a análise ao SAAP em si, é fundamental definir as especificações técnicas que o sistema deve cumprir. De forma a limitar o nível de generalidade e procurando-se não perder tempo a projetar algo que não se enquadra no desejado, assim como satisfazer objetivos.



Os SAAP são compostos por superfícies de captação, sistemas de transporte (caleiras, algerozes e tubos de queda), dispositivo de desvio das primeiras águas (*first flush*), dispositivos de filtração, reservatório, sistema de distribuição e acessórios. No entanto nem todos os elementos são suscetíveis de serem alvo de estudo, uma vez que as suas alternativas são pouco variáveis apresentando-se pouco cativantes nesta metodologia. Assim, considera-se que os componentes mais interessantes e relevantes para serem alvo de análise são: as superfícies de captação, o sistema de transporte (caleiras, algerozes e tubos de queda) e o reservatório de armazenamento.

As especificações a esclarecer serão:

- **Superfície de captação:** é formada pelas diferentes superfícies, pelos diferentes materiais, coeficientes de escoamento dos mesmos e inclinações sobre a qual a chuva cai, que consequentemente intervém na qualidade e quantidade de água a armazenar;
- **Sistemas de transporte:** é composto por um conjunto de componentes que encaminham a água captada na superfície de recolha até ao reservatório de armazenamento, nomeadamente: os algerozes, tubos de queda e as caleiras. Quanto aos materiais que se podem empregar existe uma grande variedade de materiais, desde os mais económicos e poluentes, até aos mais dispendiosos e ambientalistas;
- **Reservatórios:** podem possuir diferentes localizações de instalação (enterrados, superficiais e elevados) e utilizar-se diversos materiais;

6.4. Escolha do tipo de componentes

Depois de definidas as especificações técnicas, elaboram-se diversas funções e objetivos para os componentes do SAAP, essas funções são abrangidas num mapa morfológico. Em seguida, cria-se uma lista de critérios de seleção e respetiva ponderação de cada critério na escolha. Depois disso atribuir uma classificação, com opções entre 1 (péssimo) e 10 (ideal).

Na Tabela 8 apresenta-se o conjunto de soluções alternativas que irão ser avaliadas. De salientar que em relação ao reservatório e à condução da água para o mesmo selecionou-se duas soluções, visto que se trata de decisões distintas.



Tabela 8 - Mapa morfológico

		Opções					
		1	2	3	4	5	6
Funções	Captação (coberturas)	Impermeáveis	Gravilha	Verdes extensivas	Verdes intensivas		
	Captação (pavimentos)	Asfaltados	Cubo				
	Condução da água para o reservatório (sistema)	Gravidade	Sinfonagem				
	Condução da água para o reservatório (constituição)	PVC	Polietileno (PEAD)	Alumínio			
	Reservatório (posição)	Elevado	Superficial	Enterrado			
	Reservatório (constituição)	Fibra de vidro	PEAD	Madeira	Aço galvanizado	Betão armado	Ferrocimento

6.5. Descrição de cada função dos componentes básicos do SAAP em estudo

- **Captação:** recolher a água da chuva;
- **Condução da água para o reservatório:** transportar a água captada para o reservatório, através de um conjunto de componentes, nomeadamente: os tubos de queda e as caleiras;
- **Reservatório:** armazenar a água recolhida;

6.6. Método dos objetivos ponderados

Como forma de avaliar e comparar as possíveis soluções alternativas tendo em conta o caso de estudo, pretende-se utilizar o método dos objetivos ponderados. Este método consiste em avaliar e comparar as possíveis soluções alternativas. Começando por listar as componentes básicas do SAAP,



designadamente as superfícies de captação, que podem ser na cobertura ou no pavimento e podem também ser constituídas por diferentes materiais, o sistema de transporte da água para o reservatório, que pode funcionar em escoamento pela força da gravidade ou pressurizada, o reservatório, que pode ser constituído por diversos materiais e possuir localizações distintas. Estas sub-soluções conjugadas dão origem à solução geral.

É necessário efetuar uma lista com as funções que as componentes do SAAP deverão satisfazer, as funções fundamentais, nomeadamente: a recolha da água da chuva e a condução da mesma até ao reservatório de armazenamento de água pluvial de forma segura, fiável e funcional.

Tendo em conta os dois últimos pontos é possível elaborar soluções alternativas, para tal é executado um mapa, em que na coluna da esquerda, verticalmente, se encontram as funções fundamentais e em cada linha as sub-soluções propostas. Em seguida, ordenam-se os objetivos usando uma matriz, que permite a comparação dos mesmos entre si com a atribuição de um valor numérico a cada objetivo, valor este que representa o seu peso perante os restantes objetivos, onde se admite a utilização de uma escala de desempenho de 1 (péssimo) a 10 (ideal). Na Tabela 9 apresenta-se o significado qualitativo de cada grau de desempenho da escala de 10 pontos considerada na análise.

Tabela 9 - Classificação da escala de desempenho utilizando uma escala de 10 pontos

Escala	Significado do desempenho (avaliação qualitativa)
1	Péssimo
2	Muito fraco
3	Fraco
4	Tolerável
5	Adequado
6	Satisfatório
7	Bom
8	Muito bom
9	Excelente
10	Ideal



Seguidamente, encontram-se os parâmetros de desempenho estabelecidos, isto é, as pontuações de “utilidade” para cada um dos objetivos (definidos na Figura 36), atribuídas pelo técnico especializado em SAAP, relativamente ao caso de estudo. Depois considera-se o desempenho de cada parâmetro, e para cada alternativa, deve-se ter em conta diferentes “pesos”. Multiplicando as pontuações de “utilidade” pelos “pesos” obtêm-se para cada alternativa um conjunto de pontuações ajustadas, que servem para indicar o valor de utilidade dessa alternativa. Por último, soma-se os produtos de pontuações de cada parâmetro pelo peso dos objetivos para cada uma das alternativas. Considera-se a melhor alternativa a que apresentar o valor mais elevado, não obstante, a solução final irá ser analisada de forma crítica, para averiguar se é a melhor alternativa a adotar.

Em seguida apresentam-se os mapas de análise, utilizando o método dos objetivos ponderados, de cada componente do SAAP em estudo, com as pontuações de “utilidade” atribuídas para cada um dos objetivos dos diversos componentes do SAAP em análise pelo técnico especializado em SAAP. Os valores dos pesos da ponderação serão objeto de análise posterior na subsecção 6.7.6.

Tabela 10 - Método dos objetivos ponderados para a captação (coberturas)

Captação (coberturas)					
	Ponderação	1	2	3	4
Simplicidade de manutenção	7,5%	9	7	3	1
Simplicidade de limpeza	5%	8	8	6	4
Simplicidade de implantação	15%	10	8	5	5
Simplicidade de Funcionalidade	15%	8	6	4	3
Fiabilidade de desempenho	20%	9	8	6	4
Estética	7,5%	5	8	10	10
Segurança	12,5%	9	9	4	4
Conservação	10%	8	10	6	6
Investimento inicial	5%	10	7	3	4
Custo de manutenção	2,5%	10	7	3	2
Total	100%	8,625	7,875	5,15	4,375



Tabela 11 - Método dos objetivos ponderados para a captação (pavimentos)

Captação (pavimentos)			
	Ponderação	1	2
Simplicidade de manutenção	7,5%	8	7
Simplicidade de limpeza	5%	8	8
Simplicidade de implantação	15%	9	7
Simplicidade de Funcionalidade	15%	9	7
Fiabilidade de desempenho	20%	8	7
Estética	7,5%	7	9
Segurança	12,5%	3	3
Conservação	10%	8	10
Investimento inicial	5%	3	2
Custo de manutenção	2,5%	8	1
Total	100%	7,35	6,6

Tabela 12 - Método dos objetivos ponderados para o sistema de condução da água até ao reservatório

Condução da água até ao reservatório (sistema)			
	Ponderação	1	2
Simplicidade de manutenção	7,5%	8	7
Simplicidade de limpeza	7,5%	8	8
Simplicidade de implantação	15%	7	9
Simplicidade de Funcionalidade	12,5%	9	8
Fiabilidade de desempenho	15%	8	9
Estética	5%	5	9
Segurança	15%	8	9
Conservação	10%	9	9
Investimento inicial	7,5%	9	8



Custo de manutenção	5%	9	9
Total	100%	8,05	8,575

Tabela 13 - Método dos objetivos ponderados para a constituição dos materiais que conduzem a água até ao reservatório

Condução da água até ao reservatório (constituição)				
	Ponderação	1	2	3
Simplicidade de manutenção	5%	8	7	8
Simplicidade de limpeza	5%	9	9	8
Simplicidade de implantação	15%	7	8	9
Simplicidade de Funcionalidade	15%	8	8	9
Fiabilidade de desempenho	15%	6	9	9
Estética	7,5%	7	9	9
Segurança	12,5%	7	9	9
Conservação	15%	6	8	8
Investimento inicial	5%	7	8	7
Custo de manutenção	5%	8	8	8
Total	100%	7,05	8,35	8,6

Tabela 14 - Método dos objetivos ponderados para a posição do reservatório

Reservatório (posição)				
	Ponderação	1	2	3
Simplicidade de manutenção	12,5%	4	9	8
Simplicidade de limpeza	7,5%	6	9	8
Simplicidade de implantação	20%	6	8	8
Simplicidade de Funcionalidade	17,5%	8	9	7
Fiabilidade de desempenho	7,5%	9	8	7
Estética	7,5%	9	8	10
Segurança	10%	7	7	8



Conservação	7,5%	8	8	9
Investimento inicial	5%	4	9	8
Custo de manutenção	5%	8	9	7
Total	100%	6,8	8,375	7,925

Tabela 15 - Método dos objetivos ponderados para a constituição do reservatório

Reservatório (constituição)							
	Ponderação	1	2	3	4	5	6
Simplicidade de manutenção	5%	9	8	9	8	5	9
Simplicidade de limpeza	5%	8	9	9	9	8	9
Simplicidade de implantação	12,5%	9	9	7	9	6	6
Simplicidade de Funcionalidade	15%	8	9	9	6	9	7
Fiabilidade de desempenho	20%	9	9	3	9	8	6
Estética	10%	9	10	8	8	9	6
Segurança	12,5%	8	9	2	9	9	8
Conservação	7,5%	9	8	6	5	6	7
Investimento inicial	5%	8	9	4	8	6	8
Custo de manutenção	5%	9	9	8	7	7	6
Total	100%	8,625	8,975	6	7,95	7,625	6,875

6.7. Justificação da classificação

Após o estabelecimento da gama de soluções, com base nos conhecimentos técnicos, na conduta racional e na experiência individual, do técnico especializado em SAAP, reside agora a questão deste selecionar a melhor solução alternativa.



No anexo 11 encontra-se as justificações para cada uma das opções tomadas pelo técnico especializado em SAAP, relativamente ao valor numérico atribuído anteriormente a cada função em relação à solução em causa de cada uma das componentes em análise.

6.7.1. Conclusão

Conclui-se que os resultados obtidos sugerem a adoção das seguintes soluções: para a captação ao nível das coberturas a opção 1 (superfícies impermeáveis), para a captação ao nível dos pavimentos a opção 1 (superfícies asfaltadas), para o sistema de condução da água para o reservatório a opção 2 (sistema sifónico) e 3 (PEAD), e para o reservatório a opção 2 (reservatório á superfície) e 2 (PEAD).

6.7.2. Discussão de resultados

Tendo em conta a análise e descrição efetuada no capítulo 5 ao SAAP em estudo e com base nos resultados da análise de sensibilidade efetuada aos componentes básicos do SAAP que foram avaliados, pode-se discutir a possibilidade de execução e implantação de possíveis melhorias, tendo em conta o critério técnico-económico e o seu melhor desempenho. Apresentam-se na tabela seguinte as soluções que se encontram implementadas e as respetivas opções que de acordo com o método dos objetivos ponderados se deveriam adotar (Tabela 16).



Tabela 16 - Resultados da aplicação do método dos objetivos ponderados

Sistema	Presente	Recomendado pelo método dos objetivos ponderados
Captação (coberturas)	Impermeável	Impermeável
Captação (pavimentos)	Asfalto	Asfalto
	Cubo	
Condução da água (sistema)	Gravidade	Pressurizado
	Pressurizado	
Condução da água (constituição)	PEAD	Alumínio
Reservatório (posição)	Enterrado	Superficial
Reservatório (constituição)	Betão amado	PEAD

➤ **Captação**

Após a aplicação do método dos objetivos ponderados, verifica-se que a melhor opção correspondente à superfície sobre a qual a água da chuva cai no caso das coberturas é a superfície impermeável (telas asfálticas) e no caso dos pavimentos é a superfície asfaltada.

O tipo de material mais usado no sistema de captação para o aproveitamento das águas pluviais nas coberturas, será sempre que possível o selecionado devido ao seu elevado coeficiente de escoamento que promove a minimização de perdas de água precipitada e assegura uma qualidade aceitável de água. No caso em estudo têm-se tela asfáltica na cobertura, que é uma superfície impermeável, ou seja neste caso à conformidade entre a solução existente e a recomendada.

Ao nível dos pavimentos o resultado recomendado é o asfalto, contudo apesar de esta ser uma boa opção para uma superfície de recolha de águas pluviais, uma vez que possui um coeficiente de escoamento elevado (0,7), não se pode considerar a mais vantajosa no caso em estudo, uma vez que a unidade hospitalar possui pavimentos com usos diferentes, logo dependendo dos locais colocou-se asfalto ou cubos de granito. Ambos possuem um bom coeficiente de escoamento, embora os cubos não sejam tão funcionais como as superfícies asfaltadas, pois como têm um coeficiente de escoamento



menor, têm mais perda de água precipitada, contudo os cubos não sofrem tanto desgaste ao longo do tempo como o asfalto, logo torna-se uma boa opção a utilização de ambos.

➤ **Condução da água para o reservatório**

O sistema pressurizado foi o resultado recomendado para implementar no caso em estudo, no entanto e apesar de este sistema possuir vários benefícios para o aproveitamento de água, não pode considerar-se o mais favorável para aplicar neste caso de estudo, uma vez que a captação da água é realizada nas coberturas dos edifícios e nos pavimentos que constituem a unidade hospitalar através do sistema gravítico e pressurizado.

Utilizam-se ambos os sistemas uma vez que a água é captada ao nível das coberturas, pelas telas asfálticas e em seguida conduzida até aos ralos existentes nesta que possuem o sistema de pressão negativa Geberit Pluvia que possui a vantagem de efetuar o dobro da drenagem de água pluvial com um tubo com metade do diâmetro a uma velocidade e com uma capacidade de fluxo superior aos ralos convencionais. Após a água ser captada nos ralos é direcionada para as caleiras e posteriormente para os tubos de queda em direção às caixas térreas, através do sistema gravítico. A água pluvial recolhida ao nível do pavimento após ser recolhida é encaminhada para as sarjetas e em seguida conduzida por gravidade até ao reservatório de armazenamento.

Assim, embora seja mais dispendioso possuir ambos os sistemas, tecnicamente é mais vantajoso uma vez que se pode tirar o máximo proveito das vantagens de cada um dos sistemas tornando o sistema de condução de água mais simples, uma vez que as caleiras dependendo da localização na cobertura possuem uma inclinação mínima, as pendentes não são muito grandes, logo a água não têm de percorrer uma distância grande até ser recolhida, diminui o número de tubos de queda e caixas de ligação o que torna o sistema menos complexo e arquitetonicamente mais atrativo.

Quanto à escolha do material a análise recai sobre o alumínio, contudo o que constitui o sistema de condução é o PEAD, uma vez que apesar do alumínio ser um excelente material para constituir o sistema de condução, não pode considerar-se a opção mais vantajosa para o caso em estudo. O alumínio é um material que suporta pressões, temperaturas elevadas, é bastante resistente a vazamentos, explosões, garante uma ótima condução de líquidos, as operações de manutenção são simples de efetuar e o material é fácil e rápido de instalar, uma vez que necessita de menos conexões e raramente utiliza material de soldagem como colas e solas.



Aquando a construção do sistema foi tido em conta o custo, benefício e o desempenho dos materiais e neste caso o PEAD foi considerado o mais vantajoso para aplicar no mesmo, visto que é mais barato que o alumínio, o que é importante tendo em conta a dimensão da unidade hospitalar, é o material que constitui o sistema Geberit Pluvia, é resistente, durável, com grande flexibilidade, fiável, praticamente inquebrável a temperaturas constantes e possui um baixo coeficiente de atrito hidráulico, o que promove um aumento da resistência à proliferação de bactérias e fungos.

➤ **Reservatório**

No caso em estudo o reservatório existente encontra-se enterrado, mas a aplicação do método dos objetivos ponderados resulta numa posição superficial para o mesmo. Quando no local onde se pretende instalar o reservatório existir área superficial livre, existem várias vantagens relativas ao uso de um reservatório doméstico superficial, nomeadamente no que se refere ao seu desempenho, onde há hipótese de determinados usos não necessitarem de bombeamento, ou seja, pode funcionar por gravidade em torneiras exteriores para rega de jardins e lavagens de pavimentos, o que implica uma pequena economia energética e no caso de o equipamento de bombagem avariar o sistema não fica totalmente paralisado, enquanto que no caso do reservatório se encontrar enterrado para qualquer uso é necessário o uso de equipamentos de bombagem logo os gastos energéticos são maiores. Outra vantagem importante é ao nível da manutenção a que o reservatório está sujeito, como se encontra ao nível da superfície é mais fácil a deteção de anomalias e execução das reparações. No entanto, embora o reservatório superficial possa ser colocado à altura que o utilizador desejar, de forma prática e fácil, no caso de estudo a melhor opção foi o enterrado, uma vez que como o reservatório foi construído aquando a construção do edifício foi uma opção mais económica, uma vez que como a totalidade da mão-de-obra se encontrava no local os movimentos de terra foram fáceis e baratos de executar. Outra vantagem aliada ao reservatório enterrado é o facto de como este não se encontra à superfície não ocupa espaço acima do solo e a água pluvial está abrigada da luz e protegida das intempéries.

Quanto à escolha do material a análise recai sobre o PEAD, no entanto o reservatório existente é constituído em betão armado, uma vez que apesar do PEAD ser um excelente material para constituir o reservatório, tendo em conta a dimensão, o local de instalação e o momento em que o foi implantado o reservatório em betão armado é considerada a solução mais vantajosa. O betão armado é um material robusto e durável, capaz de resistir a condições meteorológicas adversas, contudo têm a desvantagem de ser um material poroso, em que a água pode penetrar na parede causando problemas



de corrosão na armadura da estrutura, e vulnerável à ocorrência de fissuras e a vazamentos indesejáveis.

Embora o PEAD não seja a solução mais aconselhada para utilizar no caso em estudo os reservatórios constituídos por PEAD, não deixam de ser uma ótima opção para implementar em habitações, uma vez que podem ser construídos quer acima, quer abaixo do solo, é um material leve, de fácil transporte, durável, que garante a resistência ao impacto ao longo da vida útil do reservatório e asseguram a não transmissão para a água de substâncias tóxicas que possam interferir com a qualidade da água armazenada, contudo os reservatórios constituídos por este material que se encontram instalados no exterior devem possuir inibidores de radiações UV, com a finalidade de garantir maior duração, e os instalados interiormente devem ser pintados com uma pintura de proteção de modo a minimizar os efeitos das radiações UV. Estes reservatórios encontram-se disponíveis no mercado numa vasta gama de formas, dimensões e cores a um custo reduzido.

6.7.3. Análise de sensibilidade aos pesos atribuídos aos desempenhos das funções de cada componente do SAAP em análise

Após a avaliação e comparação das diferentes soluções alternativas resultantes da análise efetuada utilizando o método dos objetivos ponderados pelo técnico especializado em SAAP e as soluções implantadas no caso em estudo, houve necessidade de atribuir novas ponderações a cada função que cada componente do SAAP desempenha, de forma a analisar as diferenças e novas soluções que daí podem surgir. As ponderações atribuídas ao desempenho dos objetivos de cada componente do SAAP é muito subjetiva, podendo variar face às opiniões das pessoas que efetuam a análise, modificando as ponderações atribuídas anteriormente pretende-se obter uma perceção da importância e relevância das ponderações atribuídas no resultado final.

Tendo como objetivo avaliar o grau de influência da variação das ponderações efetuaram-se dois cenários, cada um deles com ponderações diferentes para se poder executar uma análise de sensibilidade aos pesos atribuídos aos desempenhos das funções que constituem cada componente do SAAP em análise que se pretende avaliar. Em seguida apresentam-se os resultados dos cenários efetuados.



➤ **Cenário 1**

Neste cenário optou-se por distribuir uniformemente a totalidade da ponderação pelas diferentes funções atribuídas a cada componente do SAAP em análise, sendo o resultado apresentado nas tabelas 17 a 19.

Tabela 17 - Método dos objetivos ponderados para a captação no caso do cenário 1

	Captação (coberturas)				Captação (pavimentos)			
	Ponderação	1	2	3	4	Ponderação	1	2
Simplicidade de manutenção	10%	9	7	3	1	10%	8	7
Simplicidade de limpeza	10%	8	8	6	4	10%	8	8
Simplicidade de implantação	10%	10	8	5	5	10%	9	7
Simplicidade de funcionalidade	10%	8	6	4	3	10%	9	7
Fiabilidade de desempenho	10%	9	8	6	4	10%	8	7
Estética	10%	5	8	10	10	10%	7	9
Segurança	10%	9	9	4	4	10%	3	3
Conservação	10%	8	10	6	6	10%	8	10
Investimento inicial	10%	10	7	3	4	10%	3	2
Custo de manutenção	10%	10	7	3	2	10%	8	1
Total	100%	8,6	7,8	5	4,3	100%	6,3	5,4



Tabela 18 - Método dos objetivos ponderados para a condução da água até ao reservatório no caso do cenário 1

	Condução da água até ao reservatório (sistema)			Condução da água até ao reservatório (Constituição)			
	Ponderação	1	2	Ponderação	1	2	3
Simplicidade de manutenção	10%	8	7	10%	8	7	8
Simplicidade de limpeza	10%	8	8	10%	9	9	8
Simplicidade de implantação	10%	7	9	10%	7	8	9
Simplicidade de funcionalidade	10%	9	8	10%	8	8	9
Fiabilidade de desempenho	10%	8	9	10%	6	9	9
Estética	10%	5	9	10%	7	9	9
Segurança	10%	8	9	10%	7	9	9
Conservação	10%	9	9	10%	6	8	8
Investimento inicial	10%	9	8	10%	7	8	7
Custo de manutenção	10%	9	9	10%	8	8	8
Total	100,00%	8	8,5	100%	7,3	8,3	8,4



Tabela 19 - Método dos objetivos ponderados para a posição e constituição do reservatório no caso do cenário 1

	Reservatório (posição)			Reservatório (constituição)							
	Ponderação	1	2	3	Ponderação	1	2	3	4	5	6
Simplicidade de manutenção	10%	4	9	8	10%	9	8	9	8	5	9
Simplicidade de limpeza	10%	6	9	8	10%	8	9	9	9	8	9
Simplicidade de implantação	10%	6	8	8	10%	9	9	7	9	6	6
Simplicidade de funcionalidade	10%	8	9	7	10%	8	9	9	6	9	7
Fiabilidade de desempenho	10%	9	8	7	10%	9	9	3	9	8	6
Estética	10%	9	8	10	10%	9	10	8	8	9	6
Segurança	10%	7	7	8	10%	8	9	2	9	9	8
Conservação	10%	8	8	9	10%	9	8	6	5	6	7
Investimento inicial	10%	4	9	8	10%	8	9	4	8	6	8
Custo de manutenção	10%	8	9	7	10%	9	9	8	7	7	6
Total	100,00%	6,9	8,4	8	100%	8,6	8,8	6	7,9	7,2	7,2

➤ Cenário 2

Neste cenário optou-se por atribuir pontuações de utilidade diferentes das utilizadas pelo técnico especializado em SAAP para cada um dos objetivos das componentes que se pretende avaliar no SAAP em análise. Optou-se por dar mais relevância na captação às funções de simplicidade de implantação, simplicidade de funcionalidade e estética.



Quanto à condução da água para o reservatório relativamente ao sistema optou-se por dar mais relevância às funções de simplicidade de funcionalidade, estética e conservação, e em relação à constituição do sistema de condução da água deu-se mais relevância à simplicidade de funcionalidade, estética e segurança.

Relativamente ao reservatório, quanto à posição optou-se por não efetuar nenhuma alteração nas ponderações anteriormente atribuídas, no entanto quanto à constituição atribuiu-se maior relevância nas funções relativas à segurança, conservação e investimento inicial.

O resultado da atribuição destas ponderações encontra-se apresentado nas tabelas 20 a 22.

Tabela 20 - Método dos objetivos ponderados para a captação reservatório no caso do cenário 2

	Captação (coberturas)					Captação (pavimentos)		
	Ponderação	1	2	3	4	Ponderação	1	2
Simplicidade de manutenção	7,5%	9	7	3	1	7,5%	8	7
Simplicidade de limpeza	5%	8	8	6	4	5%	8	8
Simplicidade de implantação	17,5%	10	8	5	5	17,5%	9	7
Simplicidade de funcionalidade	17,5%	8	6	4	3	17,5%	9	7
Fiabilidade de desempenho	17,5%	9	8	6	4	17,5%	8	7
Estética	10%	5	8	10	10	10%	7	9
Segurança	5%	9	9	4	4	5%	3	3
Conservação	10%	8	10	6	6	10%	8	10
Investimento inicial	5%	10	7	3	4	5%	3	2
Custo de manutenção	5%	10	7	3	2	5%	8	1
Total	100%	8,55	7,725	5,25	4,475	100%	7,75	6,8



Tabela 21 - Método dos objetivos ponderados para a condução da água até ao reservatório no caso do cenário 2

	Condução da água até ao reservatório (sistema)			Condução da água até ao reservatório (Constituição)			
	Ponderação	1	2	Ponderação	1	2	3
Simplicidade de manutenção	5%	8	7	5%	8	7	8
Simplicidade de limpeza	2,5%	8	8	5%	9	9	8
Simplicidade de implantação	15%	7	9	15%	7	8	9
Simplicidade de funcionalidade	20%	9	8	20%	8	8	9
Fiabilidade de desempenho	15%	8	9	15%	6	9	9
Estética	10%	5	9	10%	7	9	9
Segurança	15%	8	9	15%	7	9	9
Conservação	12,5%	9	9	12,5%	6	8	8
Investimento inicial	2,5%	9	8	2,5%	7	8	7
Custo de manutenção	2,5%	9	9	2,5%	8	8	8
Total	100,00%	7,925	8,65	100%	7,05	8,35	8,6



Tabela 22 - Método dos objetivos ponderados para a posição e constituição do reservatório no caso do cenário 2

	Reservatório (posição)			Reservatório constituição)							
	Ponderação	1	2	3	Ponderação	1	2	3	4	5	6
Simplicidade de manutenção	12,5%	4	9	8	2,5%	9	8	9	8	5	9
Simplicidade de limpeza	7,5%	6	9	8	2,5%	8	9	9	9	8	9
Simplicidade de implantação	20%	6	8	8	10%	9	9	7	9	6	6
Simplicidade de funcionalidade	17,5%	8	9	7	15%	8	9	9	6	9	7
Fiabilidade de desempenho	7,5%	9	8	7	15%	9	9	3	9	8	6
Estética	7,5%	9	8	10	10%	9	10	8	8	9	6
Segurança	10%	7	7	8	20%	8	9	2	9	9	8
Conservação	7,5%	8	8	9	15%	9	8	6	5	6	7
Investimento inicial	5%	4	9	8	7,5%	8	9	4	8	6	8
Custo de manutenção	5%	8	9	7	2,5%	9	9	8	7	7	6
Total	100%	6,8	8,375	7,925	100%	8,55	8,925	5,55	7,7	7,7	7



▪ Conclusão

Conclui-se que em ambos os cenários os resultados obtidos (Tabela 23) sugerem a adoção das mesmas soluções obtidas na análise elaborada anteriormente pelo técnico especializado em SAAP, logo esta alteração de ponderações não tem qualquer influência na adoção de novas soluções. As razões para invariabilidade observada poderão prender-se com o facto de se utilizarem um número elevado de objetivos (10) o que faz com que ao ter que distribuir 100% por todos, não se consigam fazer grandes variações. Para além disto as pontuações de “utilidade” indicadas pelo técnico especializado em SAAP (de acordo com a Tabela 9) também são bastante díspares entre si, o que faz com que a variação dos pesos da ponderação não tenha repercussão no resultado final. Esta análise de três cenários permite assim ter maior confiança nos resultados obtidos com a metodologia TRIZ aplicada a um SAAP.

Tabela 23 - Soluções recomendadas resultantes do cenário 1 e 2

Sistema	Presente	Recomendado pelo método dos objetivos ponderados
Captação (coberturas)	Impermeável	Impermeável
Captação (pavimentos)	Asfalto	Asfalto
	Cubo	
Condução da água (sistema)	Gravidade	Pressurizado
	Pressurizado	
Condução da água (constituição)	PEAD	Alumínio
Reservatório (posição)	Enterrado	Superficial
Reservatório (constituição)	Betão amado	PEAD





7. SÍNTESE E CONCLUSÃO

A água é um bem fundamental para a vida, contudo é esgotável, o que leva a que esta seja uma problemática com enorme relevância nos dias de hoje. Este início de século depara-se com uma situação que até aqui era desprezada, a escassez da água. Como se pode observar, existe uma distribuição desigual deste recurso pelas diferentes zonas do planeta, devido a inúmeros fatores já mencionados anteriormente, tais como, o aumento da população mundial, crescente impermeabilização dos solos, mudança de comportamentos socioeconómicos, alterações climáticas e é exigida uma maior quantidade de água que a que o nosso planeta pode oferecer atualmente, fator este que se agrava com o decorrer do tempo. De forma a combater esta problemática surgem atualmente medidas de eficiência hídrica, tais como a utilização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, que são uma opção de desenvolvimento sustentável, permitindo a redução do consumo e desperdício de água potável para fins menos nobres e diminuindo a pressão sobre os recursos hídricos. Os SAAP podem ser utilizados em edifícios de habitação, hospitalares, comerciais e industriais.

Foi elaborada uma pesquisa histórica que demonstrou que o aproveitamento de águas pluviais é uma prática usada desde a antiguidade em todo o mundo. Apresentou-se a legislação da água e a sua evolução, fazendo uma breve referência a alguns sistemas de aproveitamento de águas pluviais utilizados em Portugal e no noutros países, embora a aplicação destes tipos de sistemas em Portugal seja ainda escassa, devido à falta de informação e aos elevados custos associados à implantação dos mesmos.

Nesta dissertação tentou clarificar-se e demonstrar todos os requisitos de instalação de um SAAP. Caracterizaram-se todos os componentes que constituem o mesmo, desde as superfícies de captação, sistemas de transporte, dispositivos de desvio das primeiras águas, dispositivos de filtração, dispositivos de armazenamento, sistema de bombagem, rede de distribuição, tratamento e de água e manutenção dos componentes do SAAP.



O SAAP é um equipamento simples, fiável e sustentável, motivos pelos quais se propôs o seu desenvolvimento através da TRIZ, uma metodologia de solução de problemas que possibilita a correção de problemas, desenvolvimento e adoção de soluções com o fim de indicar alternativas inovadoras na evolução dos SAAP atuais.

Relativamente aos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, pode-se observar que, apesar da sua aparente simplicidade, existe ainda espaço para simplificação na sua implantação, no entanto não há grande potencial evolutivo que possibilite grandes desenvolvimentos.

Foi estudado um sistema de aproveitamento de águas pluviais implementado numa unidade hospitalar na região de braga e simulou-se a sua evolução e adoção de novas soluções técnicas através da aplicação do método dos objetivos ponderados de onde resultou uma abordagem diferente do que se encontra implementado no sistema existente, contudo não se alteraram as soluções que se encontram no sistema, uma vez que são as mais apropriadas tendo em conta os critérios técnicos e económicos. O que não inviabiliza que não possa haver progressos neste sistema, pois esta dissertação não abordou todos os órgãos intervenientes. Efetuou-se também uma análise de sensibilidade diferentes cenários de ponderações atribuídas aos desempenhos das funções de cada componente do SAAP em análise de forma a obter-se uma perceção da influência que a alteração das ponderações tem no resultado final.

Em suma, conseguiu-se com este trabalho dar seguimento e melhorar a metodologia de análise de sistemas de aproveitamento de águas pluviais com recurso à metodologia TRIZ.



8. PERSPETIVAS DE EVOLUÇÃO

Tendo em conta o trabalho desenvolvido e as conclusões obtidas considera-se que futuramente poderiam ser efetuados os seguintes desenvolvimentos:

- Estudar a influência que as alterações climáticas, nomeadamente o previsível aumento da variabilidade temporal da precipitação, podem ter na análise de viabilidade apresentada.
- Abordar os órgãos que constituem o SAAP e que não foram analisados pelo método dos objetivos ponderados nesta dissertação, nomeadamente as bombas e o sistema de condução da água do reservatório para o uso final.
- Analisar e comparar os custos económicos de implantação de um SAAP em zonas distintas do país.
- Criar uma carta de viabilidade com períodos de retorno do investimento, que permita que aos projetistas considerarem ou não a hipótese de implementação de um SAAP.
- Aplicação de outras ferramentas TRIZ que não foram contempladas no âmbito deste trabalho e que podem ajudar a encontrar novas ideias e soluções.
- Alargar o âmbito de estudo a outras zonas do país bem como estudar a viabilidade de implantação do SAAP em edifícios multifamiliares, industriais e comerciais, uma vez que possuem características e necessidades diferentes do edifício estudado. Obriga-se assim à evolução da opção alcançada.





BIBLIOGRAFIA

- 3P Technik. (2005). *Catálogo de aproveitamento de água pluvial*. 3P Technik, Lisboa.
- Agency, E. (2010). *Harvesting rainwater for domestic uses: na information guide*. Reino Unido.
- ambiente online*. (s.d.). Obtido em 25 de Fevereiro de 2015, de ambiente online:
<http://www.ambienteonline.pt/canal/detalhe/2418>
- Ambiente, M. d. (1 de Agosto de 1998). Decreto-Lei nº236/98. *Diário da República - 1ª Série -A - nº176*.
- AMSHA AFRICA FOUNDATION. (2010). Obtido em 2 de Janeiro de 2014, de amshafrica.org:
<http://www.amshafrica.org/component/content/article/115.html>
- Anecchini, K. P. (2005). *Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória*. Vitória.
- ANQIP. (23 de Janeiro de 2009). ETA 0701. *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios*.
- Austraila Capital Territory. (2008). *Guidelines for residential properties in Camberra*. Camberra.
- Barelona: Ecologic Water Technologies S.L. (2010). *Skywater Catalog*. Barcelona.
- Bertolo, E. d. (2006). *Aproveitamento da água da chuva em edificações*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Bertolo, E., & Simões, V. (2010). *Manual sobre sistemas de aproveitamento de água pluvial*. FUNDEC, Instituto Superior Técnico, Lisboa.



- Carlton, M. R. (2005). *Percepção dos actores sociais quanto as alternativas de implantação e captação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em Joinville*. Joinville, Universidade do Vale do Itajaí.
- Carneiro, R. P. (2013). *Aplicação das metodologias TRIZ no desenvolvimento do projecto FRICTORQ*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade do Minho.
- Decreto-Lei nº 207/94 (1994). (s.d.). *Decreto-Lei nº207/94*. Ministério das obras públicas, Transportes e Comunicações, Lisboa.
- DQA. (23 de Outubro de 2000). *Directiva Quadro de Água*.
- EnHealth Council. (2004). *Guidance on use of rainwater tanks*. Australian Government, Canberra.
- Environmental Health Committee. (2004). *Guidance on use of rainwater tanks*. Australia.
- Falkenmark, M., & Rockstrom, J. (2004). *Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology*. Earthscan, London.
- Geberit. (2015). *Geberit Pluvia >Sistemas de drenagem de coberturas >Sistemas de drenagem >Produtos, Geberit Portugal*. Obtido em 23 de Maio de 2015, de Geberit.pt: http://www.geberit.pt/pt_pt/target_groups/installer/products_installer/waste_and_drainage_systems/roof_drainage_systems/geberit_pluvia_2/geberit_pluvia_3.html
- Gomes, A. C. (2014). *Desenvolvimento de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais com Aplicação da Metodologia TRIZ*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho.
- GRACE Communications Foundation. (s.d.). Obtido em 27 de Janeiro de 2015, de [gracelinks.org](http://www.gracelinks.org): <http://www.gracelinks.org/1336/water-footprint-concepts-and-definitions>
- Hagemann, S. E. (2009). *Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de tecnologia, Brasil.
- Hansen, S. (1996). *Aproveitamento da água da chuva em Florianópolis*. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC.



- Hoekstra , A. Y., & Chapagain, A. K. (2008). *Water Footprint Network*. Obtido em 27 de Janeiro de 2015, de Pegadahidrica.org: <http://www.pegadahidrica.org/?page=files/home>
- Hoekstra, A. Y. (2008 b). The relation between international trade and water resources management. In K. P. (ed), *Handbook on Trad and the Environment* (pp. 116 - 125). Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- IPMA. (2015). Obtido em 21 de Maio de 2015, de Instituto Português do Mar e da Atmosfera: <http://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml>
- IPMA. (2015). *IPMA - 004*. Obtido em 16 de Maio de 2015, de Ipma.pt: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/004/>
- Manual, V. R. (2009). *Virginia Rainwater Harvesting Manual*. . Salem: Compiled by the Cabell Brand Center.
- Marinoski, A. K. (2007). *Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituições de ensino: Estudo de caso em Florianópolis - SC*. Trabalho de conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Santa Catarina, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis.
- May, S. (2004). *Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações*. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- May, S. (2009). *Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações*. Tese de Douturamento em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Mekonnen, M. M., & Hoeskstra, A. Y. (2011). *National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water footprint of production and consumption* (Vol. 1: Main Report). Enschede, The Netherlands: UNESCO - IHE Institute for Water Education.
- Ministério das Obras Públicas, T. e. (1995). *Decreto Regulamentar, n°23/95*. Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, Lisboa.



- Natura Towers. (2015). *Natura Towers*. Obtido em 25 de Fevereiro de 2015, de <http://naturatowers.msf-turim.pt/>
- Neves, M. V. (2006). *Aproveitamento e reutilização da água para usos domésticos*. Porto.
- O Observador*. (24 de Novembro de 2011). Obtido em 24 de Janeiro de 2014, de - eugeobservador.blogspot.pt: http://eugeobservador.blogspot.pt/2011/11/captacao-de-aguas-pluviais_24.html
- Oliveira, F. T. (2008). *Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação da viabilidade*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental , Universidade Técnica de Lisboa.
- Pereira, J. P. (2012). *Sistemas Prediais Não Tradicionais De Drenagem De Águas Residuais Pluviais: Sistemas sifónicos ou em pressão* . Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Faculdade De Engenharia Da Universidade Do Porto.
- Philippi, L. S., Vaccari, K. P., Peters, M. R., & Gonçalves, R. F. (2006). *Aproveitamento da água da chuva*.
- Pimentel, A. R. (s.d.). *Considerações sobre TRIZ e sua aplicação no desenvolvimento de software*. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.
- PNUEA. (2001). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água*. Instituto da água, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa.
- Programme, W. (. (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris and Earthscan, London: UNESCO Publishing.
- PÚBLICO. (2010). *Portugal tem uma das pegadas hídricas mais elevadas entre 140 países*. Obtido em 27 de Fevereiro de 2015, de PÚBLICO: <http://www.publico.pt/sociedade/noticia/portugal-tem-uma-das-pegadas-hidricas-mais-elevadas-entre-140-paises-1424606>
- Quadros, C. (2010). *Rainwater harvesting. Case study: FCT/UNL campus*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.



- Rainharvesting Systems Ltd. (2006). *Catálogo Rainharvesting Systems*. Londres.
- Rodrigues, J. C. (2010). *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Rodrigues, J. C. (2010). *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais : Dimensionamento e Aspectos Construtivos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Sacadura, F. O. (2011). *Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Santos, D. J. (2011). *Aplicação de Medidas de Eficiência Hidrica em Meio Hospitalar: O Caso do Aproveitamento de Águas Pluviais*. Dissertação de Mestrado em Saúde Ocupacional, Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra.
- Sickermann, J. (2002). *Como construir um sistema de aproveitamento de águas pluviais em edificações*. Técnica 59.
- Silva, L. (2013). *Teoria do projecto mecânico*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho.
- Silva, T. L. (2012). *Estudo de viabilidade técnico-económico do aproveitamento das águas em sistemas prediais*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Simões, E. B. (2010). *Manual sobre sistemas de aproveitamento de água pluvial*. FUNDEC, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- SNIRH. (2015). *SNIRH > Dados Sintetizados*. Obtido em 23 de Abril de 2015, de Snirh.apambiente.pt: <http://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.1>
- Texas Water Development Board . (2005). *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. Austin, Texas.



Texas Water Development Board in cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems. (1997). *Texas Guide to Rainwater Harvesting*. Austin, Texas: Second Edition.

Waller, D. (1989). *Rainwater - An alternative source in developing and developed countries*. (Vol. 14).

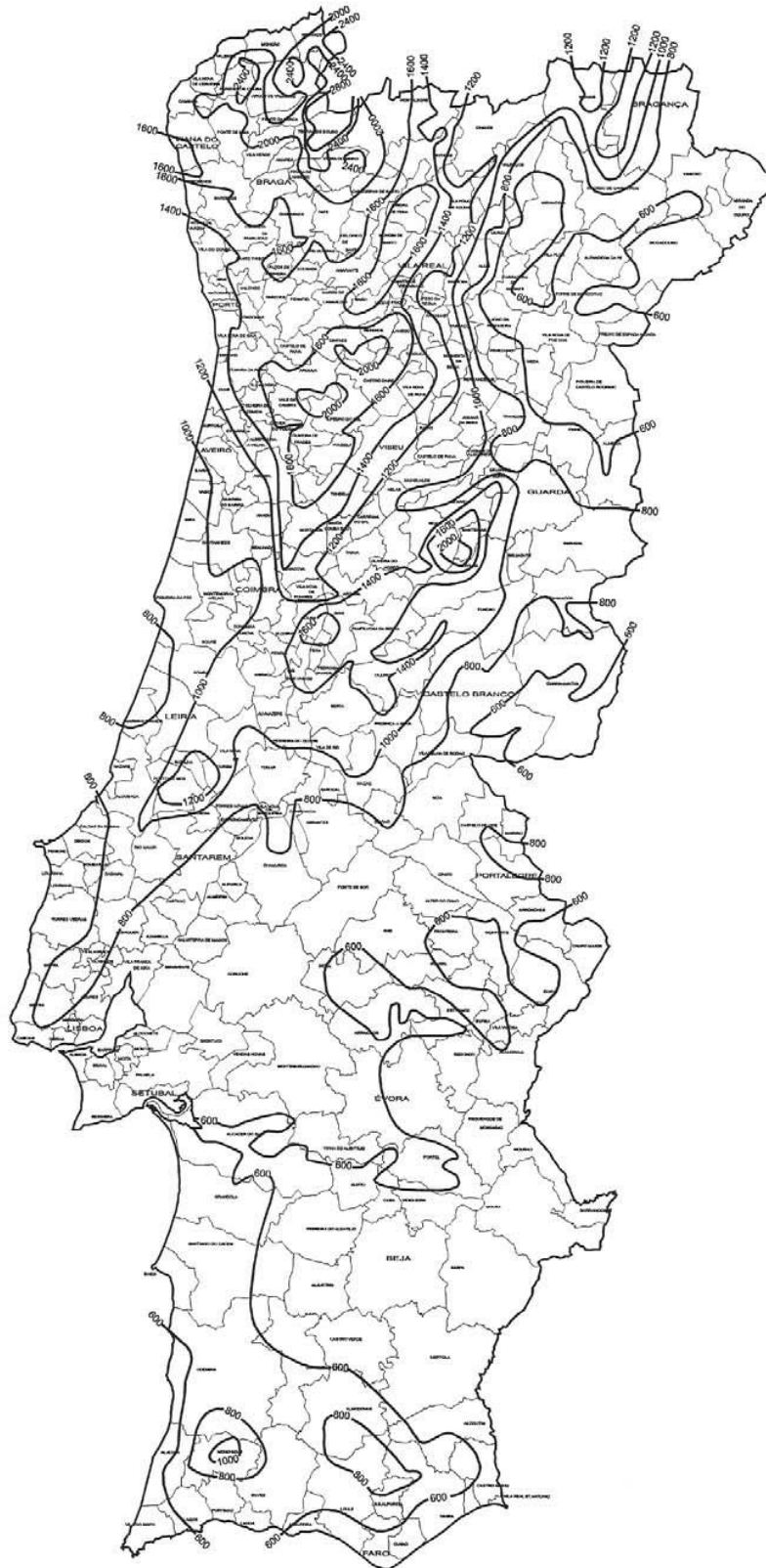
WWF, R. d. (2010). Portugal tem uma das pegadas hídricas mais elevadas entre 140 países. *Público*.



ANEXOS

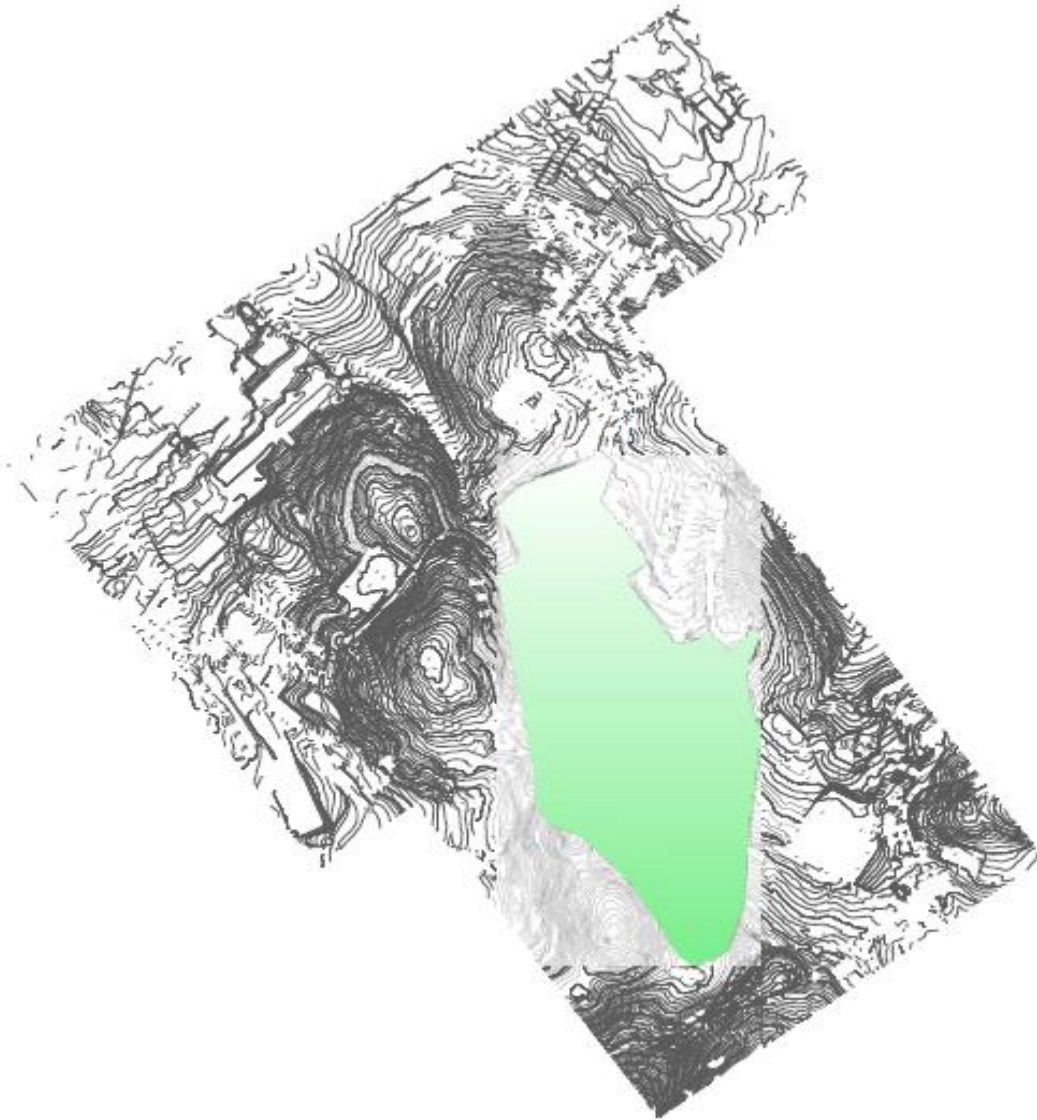


Anexo 1 – Mapa da pluviosidade média anual em Portugal (ANQIP, 2009)



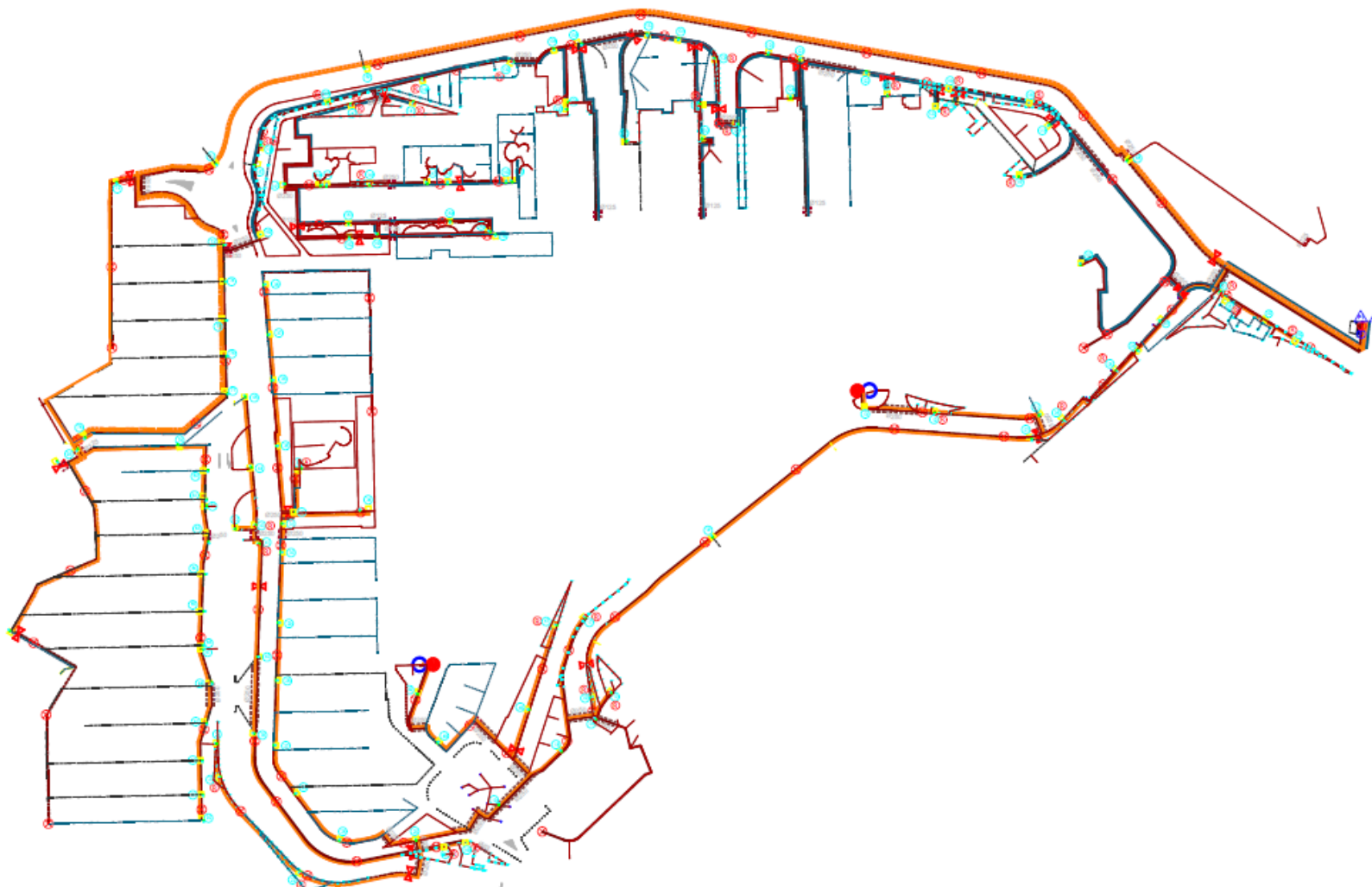


Anexo 2 – Planta topográfica da unidade hospitalar





















Anexo 3 – Sistema de rega da unidade hospitalar





Anexo 4 – Legenda da planta do sistema de rega da unidade hospitalar

-  - Tubo em polietileno de Alta Densidade (PEAD) PE 100, PN 10, Ø63 mm.
-  - Tubo em Polietileno de Alta densidade (PEAD) PE 100, PN 10, Ø125 mm.
-  - Tomada de água de ¾” Surequick 3ww, ou, equivalente.
-  - Válvula de seccionamento Polyvalve para a água para a tubagem de Ø90 mm.
-  - Válvula de seccionamento 2” em latão.
-  - Válvula de purga de ar de 2”.
-  - Regulador de pressão Hunter Accu-Set, ou equivalente.
-  - Electroválvula de 1”, PGV, 100, G/B, ou equivalente, com descodificador para programador Hunter ACC, ou equivalente.
-  - Electroválvula de 1 ½”, Hunter PGV,151,B ou equivalente, com descodificador para programador Hunter ACC, ou equivalente.
-   - Programadores Hunter, ACC de descodificador.
-   - Cabo elétrico de 2 condutores de 2,5 mm² de secção do tipo VAV (programador 1).
-  - Cabo elétrico de 2 condutores de 2,5 mm² de secção do tipo VAV (Programador 2)
-  - Trajeto, entre o piso térreo e a cobertura, da conduta principal Ø125 mm através das estruturas e infraestruturas do edifício.
-  - Trajeto entre o piso térreo e a cobertura da conduta, da conduta principal Ø63 mm, através das estruturas e infraestruturas do edifício.



- Trajeto do cabo elétrico de 2 condutores de $2,5 \text{ mm}^2$ de secção do tipo VAV, através das estruturas e infraestruturas do edifício.



- Grupo Hidropressor.



- Filtro de 3" de malha de 120 mesh.



- Tubo de PVC 10 Kg/cm^2 (\emptyset em mm indicado em planta).



- Tubo em PVC Corrugado (\emptyset em mm indicado em planta)



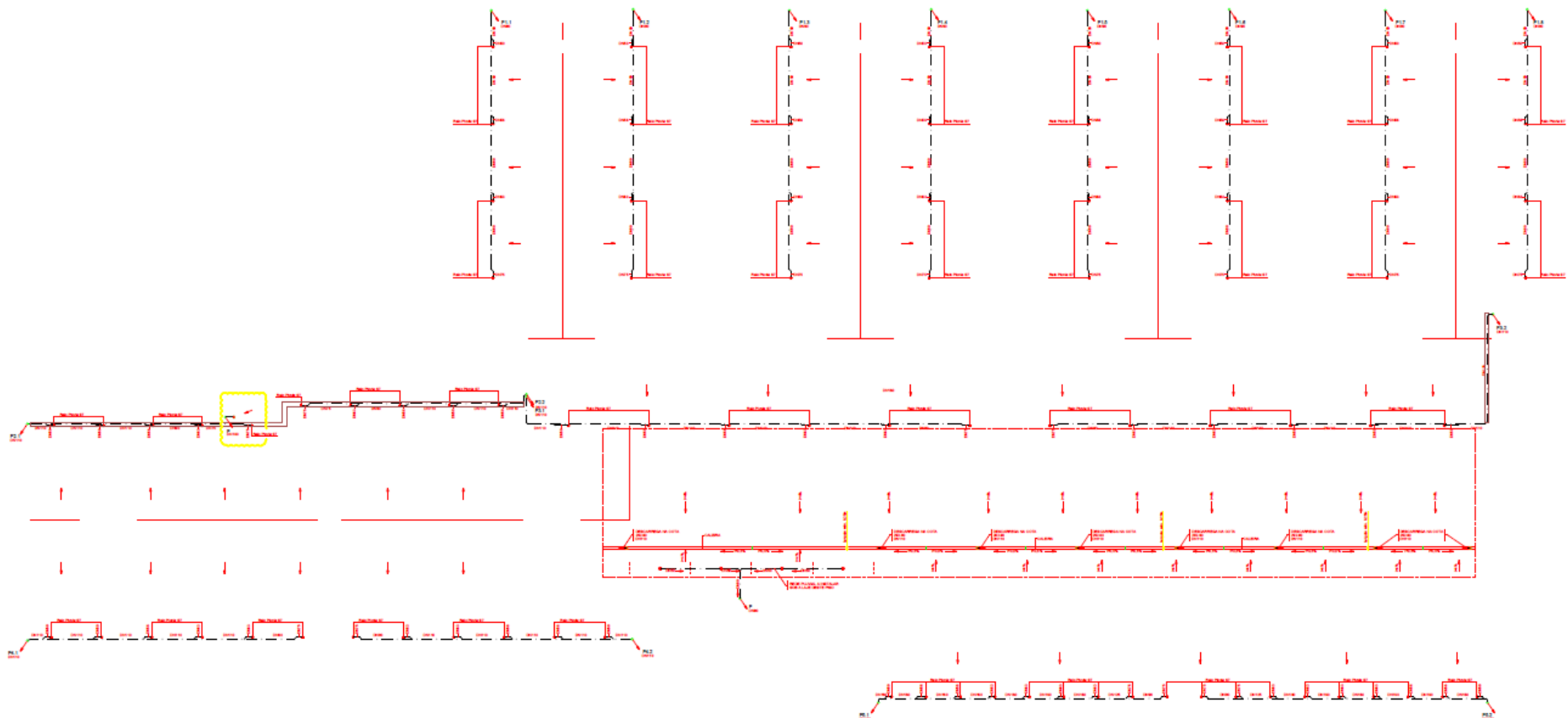
- Número de sector.



- Número de sector que deixou de existir nas versões anteriores e foi atribuído a um novo sector

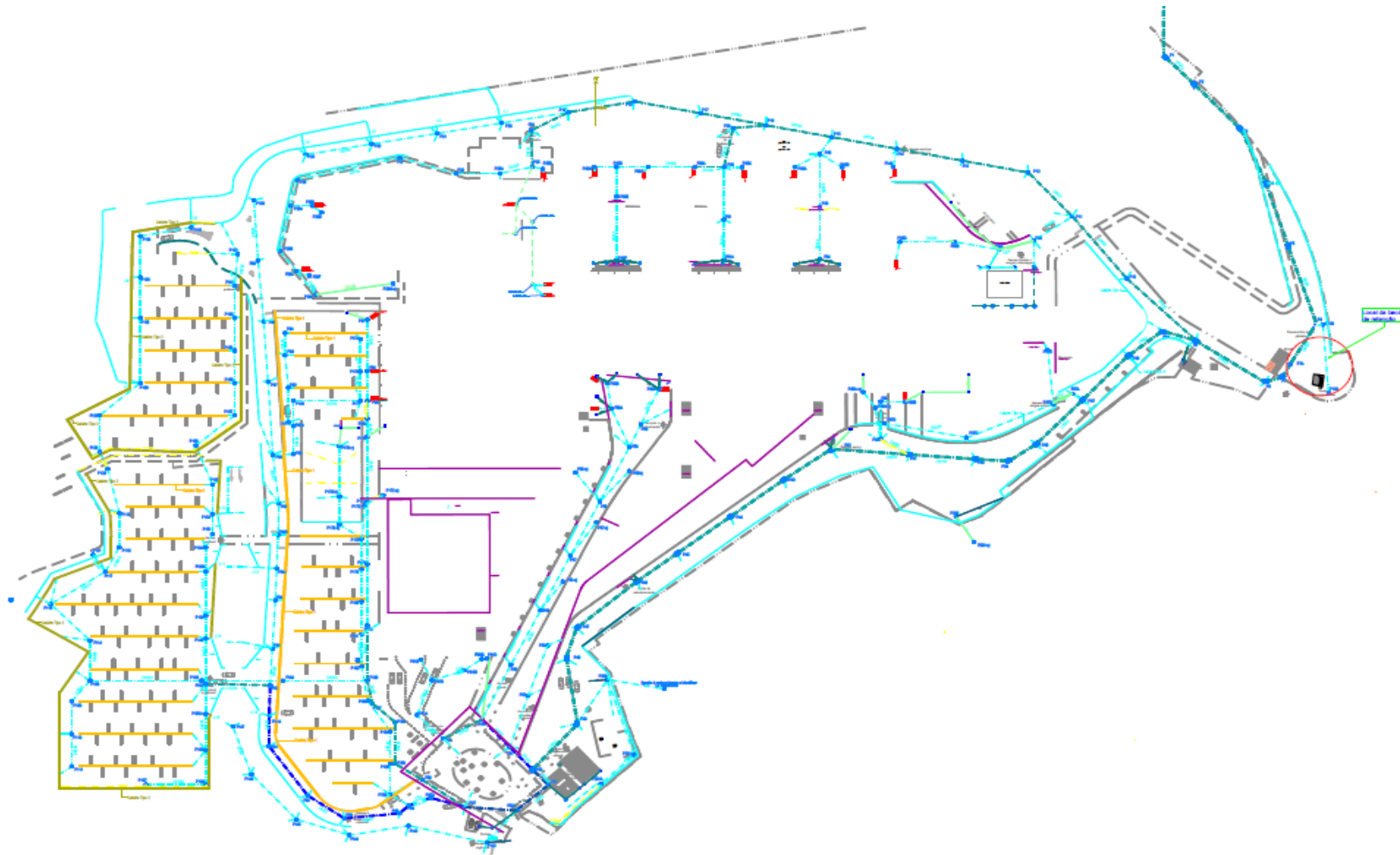


Anexo 5 – Planta da rede de água pluvial das coberturas dos edifícios








Anexo 6 – Planta da rede de água pluvial da zona exterior da unidade hospitalar









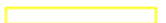




Anexo 7 – Legenda da planta da rede de água pluvial da zona exterior da unidade hospitalar

CONVENÇÕES

	COLECTOR DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS GERAIS PROJECTADO (PVC CORRUGADO DN200)
	COLECTOR DE ÁGUAS RESIDUAIS INFECTOCONTAGIOSAS PROJECTADO (PVC CORRUGADO DN200)
	SENTIDO DE ESCOAMENTO

CONVENÇÕES

	COLECTOR DE ÁGUAS PLUVIAIS PROJECTADO
	TUBO GEODRENO PROJECTADO
	CAIXA DE VISITA PROJECTADA
	CAIXA DISSIPADORA
	SUMIDOURO PROJECTADO
	CALEIRA EM V PROJECTADA
	CALEIRA EM MEIA CANA DE BETÃO PROJECTADA
	CALEIRA COM GRELHA PROJECTADA
	SENTIDO DE ESCOAMENTO



Anexo 8 – Características principais da central hidropneumática

Central hidropneumática		
Modelo da central	HYDRO MPC E 3CRIE 15-5 + CPL	
Número de bombas	3	
Características do depósito hidropneumático		
Marca/Modelo	GRUNDFOS GT-U	
Capacidade	200	L
Pressão máxima de funcionamento	10	bar
Dimensões aproximadas da central		
Diâmetro do coletor de compressão		mm
Altura/largura/comprimento (aprox.)		mm
Peso (aprox.)		Kg
Alimentação elétrica		
Número de fases/Tensão/Frequência	3×400V/50Hz	



Anexo 9 – Características técnicas das electrobombas

Modelo da electrobomba	CRIE 15-5	
Condições de operação seleccionadas		
Caudal	17,2	m^3/h
Altura manométrica	55	m.c.a
NPSH		m.c.a
Pressão máxima ao caudal zero	70	m.c.a
Características eléctricas		
Potência do motor	4	KW
Velocidade nominal	2900	r.p.m
Tipo de arranque	Progressivo com conversor de frequência	



Anexo 10 - Documento enviado para o técnico especializado em SAAP para preenchimento

1. Desenvolvimento de um Sistema de Aproveitamento de águas pluviais com aplicação da metodologia TRIZ

Esta dissertação foca-se em dois campos, na aplicação da metodologia TRIZ e na avaliação de um sistema de aproveitamento de água pluvial (SAAP) existente. Pretende-se fazer uma ligação entre estes dois aspetos desta dissertação, enquadrando nos princípios da metodologia TRIZ, uma análise ao SAAP.

1.1. Definição de TRIZ

- Princípios e objetivos da TRIZ

A TRIZ é definida como uma teoria de Resolução de Problemas Inventivos e possui uma metodologia versátil e diversificada, podendo ser usada, por si só em todas as etapas de um projeto ou como ferramenta auxiliar a outros métodos tradicionais. Engloba todos os processos, técnicas, ajudas ou ferramentas que o projetista poderá utilizar e ajustar entre si de modo a conseguir concretizar um projeto.

Esta metodologia pode ser aplicada individualmente ou em grupo, sendo que quando usada em grupo pode atingir resultados mais eficientes. Esta pode ser utilizada em praticamente todas as fases de conceção e desenvolvimento de um produto, desde a fase de projeto conceptual até à fase de análise dos processos de fabrico, sendo menos eficaz em processos de otimização, processos que necessitem de um elevado processamento de dados, e em situações em que são necessários novos fenómenos ou princípios ainda desconhecidos pela ciência, uma vez que a sua previsão não é possível. Por sua vez, o ponto mais forte centra-se na criação de novas soluções e conceitos.

Quando se inicia um projeto este, geralmente, tem como ponto de partida um problema mal definido, logo em primeiro lugar é necessário tentar clarificar os objetivos do mesmo. É fundamental ter sempre uma ideia clara dos objetivos que se pretende explorar, apesar destes poderem sofrer alterações, à medida que se compreende melhor o problema e se começam a desenvolver as soluções.



Os objetivos devem incluir fatores económicos, técnicos, de segurança, requisitos dos consumidores e das empresas responsáveis pela construção e distribuição dos equipamentos. Sempre que executável, um objetivo deve ser apontado de forma a ser possível uma avaliação quantitativa do desempenho alcançado por uma solução sobre esse objetivo. Outros objetivos estarão referidos com aspetos qualitativos, nestes casos serão atribuídas pontuações numéricas.

Os objetivos ou funções indicam o que deve ser alcançado e o estabelecimento das especificações de um produto, referem-se ao conjunto de requisitos que compreende as especificações de desempenho do mesmo.

No processo de conceção o desenvolvimento de soluções é um aspeto fundamental e central, proporcionando a apresentação e proposta de algo novo, ou seja, algo que nunca existiu antes.

Após o desenvolvimento de uma série de soluções, o projetista depara-se com a dificuldade em eleger a melhor alternativa. As escolhas podem ser eleitas de diversas formas, por intuição, por palpite ou baseadas na experiência de cada indivíduo, contudo é preferível que sejam efetuadas de acordo com um procedimento racional. A avaliação das soluções alternativas deve ser efetuada considerando os objetivos finais que o produto deve alcançar.

Para avaliar as soluções possíveis recorre-se ao método dos objetivos ponderados. Este método oferece uma forma de avaliar e comparar diferentes soluções alternativas, e consiste em atribuir pesos numéricos aos objetivos e pontuações numéricas aos desempenhos das soluções alternativas, medidas em função dos objetivos. A atribuição de um valor numérico a cada objetivo expõe o seu “peso” relativamente aos restantes objetivos.

1.2. Aplicação da metodologia TRIZ ao caso de estudo

Neste trabalho aplica-se a metodologia de TRIZ para análise do SAAP existente e em funcionamento na unidade hospitalar em estudo, com o objetivo de efetuar uma análise de sensibilidade às ponderações, pesos e classificações, tendo por base a opinião de um técnico especializado em SAAP. A partir da análise de sensibilidade efetuada por o mesmo tenciona-se desenvolver e admitir novas soluções técnicas para o equipamento em estudo, de modo a aumentar os benefícios do sistema do ponto de vista ambiental e económico.



1.3. Estrutura de funções

O sistema de aproveitamento de águas pluviais possui uma interação utilizador-sistema, quer isto dizer que existem funções que o SAAP efetua e outras que são os utilizadores ou técnicos a executar. Em seguida, esclarece-se quais as funções que SAAP e o utilizador efetua. As funções do SAAP são: captação, condução da água por caloiras, algerozes e tubos de queda, filtração (first flush), armazenamento, bombeamento de água e distribuição até aos pontos de consumo. Quanto às funções do utilizador, este deve solicitar o uso de água pluvial e garantir uma limpeza apropriada, manutenção e desinfeção do SAAP, de acordo com a Especificação técnica ANQIP ETA 0701.

1.4. Árvore de objetivos

De forma a transmitir uma noção de quais as necessidades e características que um sistema de aproveitamento de águas deste tipo deve possuir, construiu-se uma árvore de objetivos principais onde se encontram explícitos os aspetos que se consideram fundamentais neste tipo de sistemas. Os objetivos principais dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais são: a simplicidade, a fiabilidade, a segurança, a viabilidade económica e os benefícios ambientais (Figura 35). Cada um destes objetivos principais possui diversos objetivos específicos, que o SAAP deve satisfazer (Figura 36).

No entanto na análise do SAAP em estudo foi necessário efetuar uma simplificação da árvore de objetivos específicos que resultou na Figura 37, uma vez que cada componente que constitui o SAAP possui diferentes objetivos.



Figura 35 - Árvore de objetivos principais do SAAP

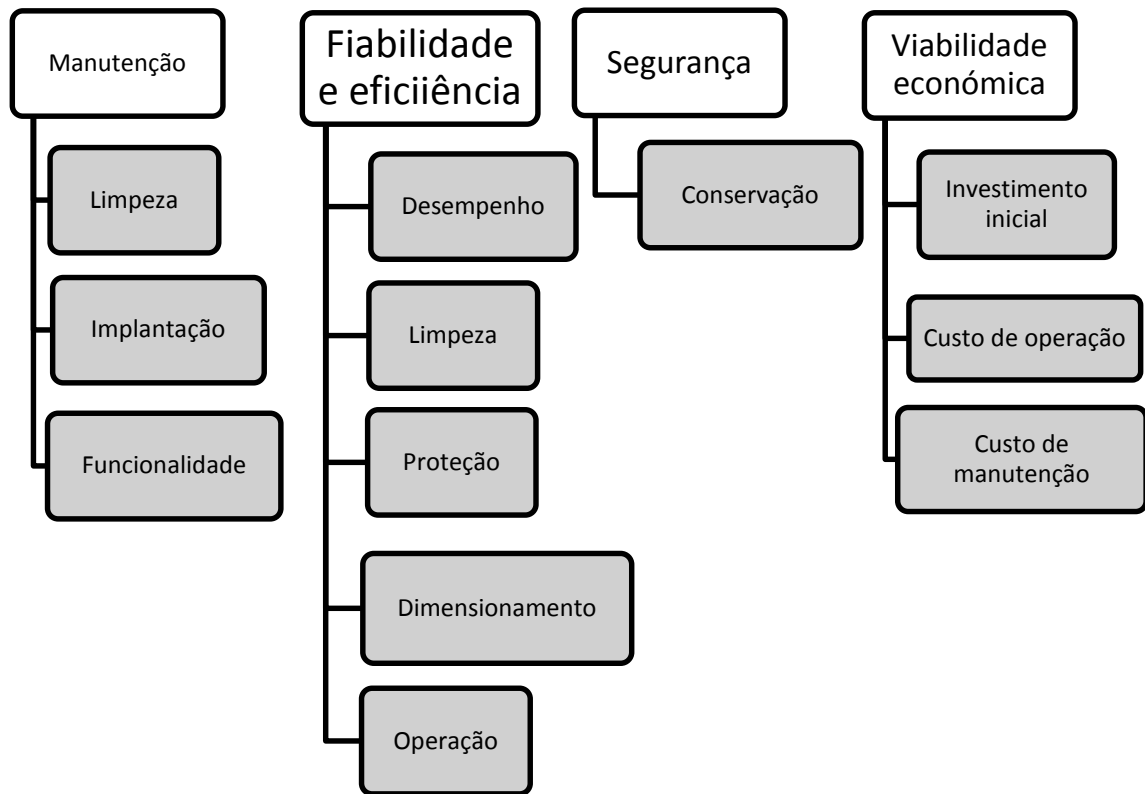


Figura 36 - Árvore de objetivos específicos do SAAP

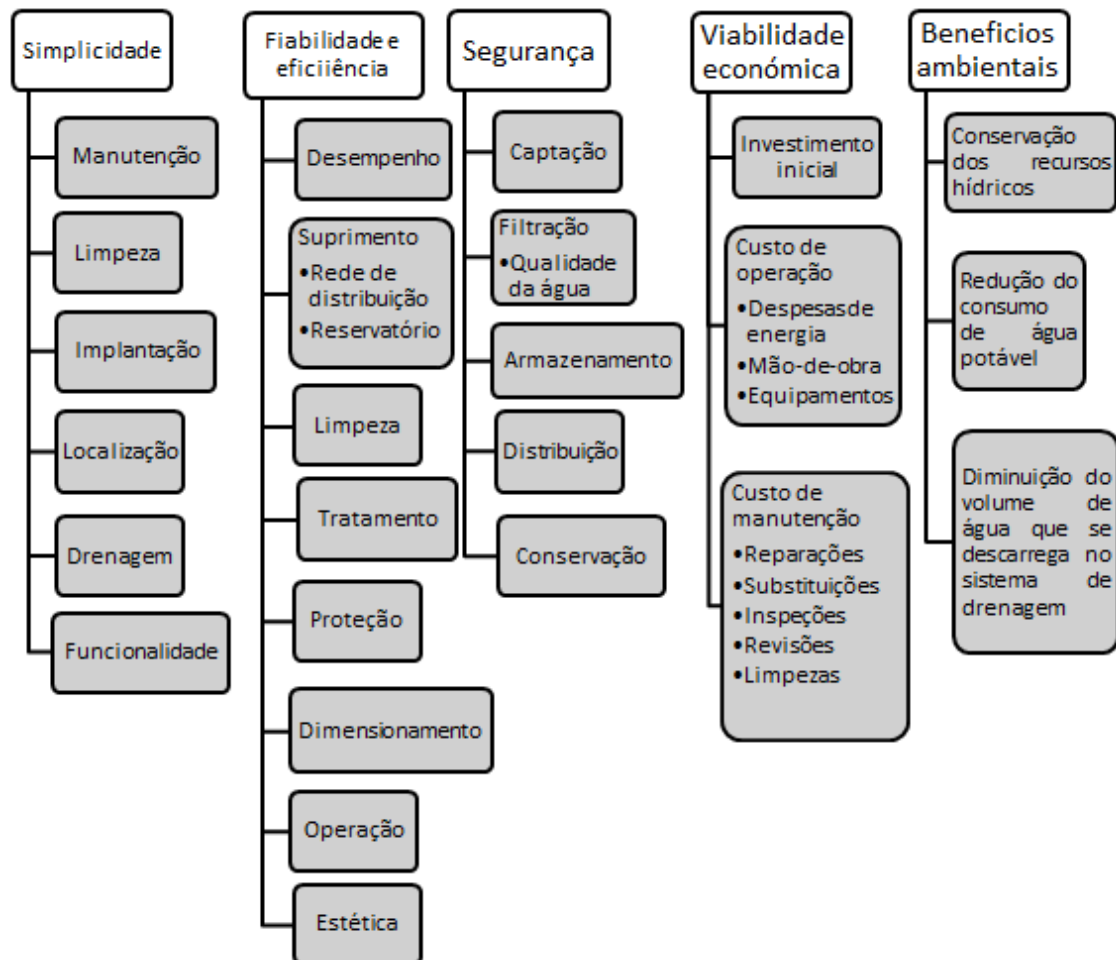


Figura 37 - Árvore de objetivos específicos aplicados ao SAAP em estudo

1.5. Especificações

Antes de se iniciar a análise ao SAAP em si, definiu-se as especificações técnicas que o sistema deve satisfazer. De forma a limitar o nível de generalidade e procurando-se não perder tempo a projetar algo que não se enquadra no desejado, bem como satisfazer objetivos.

Os SAAP são compostos por superfícies de captação, sistemas de transporte (caleiras, algerozes, tubos de queda), dispositivo de desvio do escoamento inicial (first flush), filtros, reservatório, sistema de distribuição e acessórios. No entanto nem todos os elementos são suscetíveis de serem objeto de estudo, uma vez que as suas alternativas são pouco variáveis representando-se pouco cativantes nesta metodologia. Assim, considera-se que os componentes mais interessantes e



relevantes para serem alvo de análise são: a superfície de captação, sistema de transporte (caleiras, algerozes e tubos de queda), reservatório de armazenamento.

As especificações a esclarecer serão:

- **Superfície de captação:** é formada pelas diferentes superfícies, pelos diferentes materiais, coeficientes de escoamento dos mesmos e inclinações sobre a qual a chuva cai, que consequentemente intervém na quantidade de água a armazenar.
- **Sistemas de transporte:** é composto por um conjunto de componentes que encaminha a água captada na superfície de recolha até ao reservatório de armazenamento, nomeadamente: os algerozes, tubos de queda e as caleiras.

Quanto aos materiais que se podem empregar existe uma grande variedade de materiais, desde os mais económicos e poluentes, até aos mais dispendiosos e ambientalistas.

- **Reservatórios:** podem possuir diferentes localizações (enterrado, superficial e elevado) e empregar diversos tipos de materiais.

1.6. Escolha do tipo de componentes

Depois de definidas as especificações técnicas, elaboram-se diversas funções e objetivos para os componentes do SAAP, essas funções são abrangidas num mapa morfológico. Em seguida, com base numa lista de critérios de seleção e respetiva ponderação de cada critério na escolha, atribui-se uma classificação, com opções entre 1 (péssimo) e 10 (ideal).

Na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** apresenta-se o conjunto de soluções alternativas a serem investigadas.



Tabela 24 - Mapa morfológico

		Opções					
		1	2	3	4	5	6
Funções	Captação (coberturas)	Impermeáveis	Gravilha	Verdes extensivas	Verdes intensivas		
	Captação (pavimentos)	Asfaltados	Cubo				
	Condução da água para o reservatório (sistema)	Gravidade	Sinfonagem				
	Condução da água para o reservatório (constituição)	PVC	Polietileno (PEAD)	Alumínio			
	Reservatório (posição)	Elevado	Superficial	Enterrado			
	Reservatório (constituição)	Fibra de vidro	PEAD	Madeira	Aço galvanizado	Betão armado	Ferrocimento

1.7. Descrição de cada função dos componentes básicos dos SAAP que se pretendem analisar

Captação: recolher a água da chuva;

Condução da água para o reservatório: transportar a água captada para o reservatório, através de um conjunto de componentes, nomeadamente: os algerozes, os tubos de queda e as caleiras;

Reservatório: armazenar a água recolhida;

1.8. Método dos objetivos ponderados

Como forma de avaliar e comparar as possíveis soluções alternativas tendo em conta o caso de estudo, pretende-se que utilize o método dos objetivos ponderados. Este método consiste em avaliar e comparar as possíveis soluções alternativas. Começando por listar os componentes básicos do



SAAP que se optou por analisar, nomeadamente, as superfícies de recolha, o sistema de transporte utilizado e o reservatório.

Da mesma forma efetuou-se uma lista com as funções que os componentes do SAAP deverão satisfazer, as funções fundamentais, nomeadamente: a recolha da água da chuva, a condução da mesma até ao reservatório de armazenamento de água pluvial de forma segura, fiável e funcional.

Tendo em conta os dois últimos pontos foi possível elaborar soluções alternativas, para tal foi executado o mapa que se segue, em que na coluna da esquerda, verticalmente, se encontram as funções fundamentais e em cada linha as sub-soluções propostas. Em seguida, ordenou-se os objetivos usando uma matriz, para permitir a comparação dos mesmos entre si com a atribuição de um valor numérico a cada objetivo, valor este que representa o seu peso perante os restantes objetivos, onde se admite a utilização de uma escala de desempenho de 1 (péssimo) a 10 (excelente).

Na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** apresenta-se o significado qualitativo de cada grau de desempenho da escala de 10 pontos que se pretende adotar.

Em seguida, deve estabelecer os parâmetros de desempenho, isto é, pontuações de “utilidade” para cada um dos objetivos de 1 a 10.

Tabela 25 - Classificação da escala de desempenho utilizando uma escala de 10 pontos

Escala	Significado do desempenho (avaliação qualitativa)
1	Péssimo
2	Muito fraco
3	Fraco
4	Tolerável
5	Adequado
6	Satisfatório
7	Bom
8	Muito bom
9	Excelente
10	Ideal



Em seguida apresentam-se os mapas de morfológicos utilizando o método dos objetivos ponderados de cada componente do SAAP em estudo para preenchimento:

Tabela 26 - Método dos objetivos ponderados para a captação (coberturas)

Captação (coberturas)					
	Ponderação	1	2	3	4
Simplicidade de manutenção					
Simplicidade de limpeza					
Simplicidade de implantação					
Simplicidade de Funcionalidade					
Fiabilidade de desempenho					
Estética					
Segurança					
Conservação					
Investimento inicial					
Custo de manutenção					
Total					

Tabela 27 - Método dos objetivos ponderados para a captação (pavimentos)

Captação (pavimentos)			
	Ponderação	1	2
Simplicidade de manutenção			
Simplicidade de limpeza			
Simplicidade de implantação			
Simplicidade de Funcionalidade			
Fiabilidade de desempenho			
Estética			
Segurança			



Conservação			
Investimento inicial			
Custo de manutenção			
Total			

Tabela 28 - Método dos objetivos ponderados para o sistema de condução da água até ao reservatório

Condução da água até ao reservatório (sistema)			
	Ponderação	1	2
Simplicidade de manutenção			
Simplicidade de limpeza			
Simplicidade de implantação			
Simplicidade de Funcionalidade			
Fiabilidade de desempenho			
Estética			
Segurança			
Conservação			
Investimento inicial			
Custo de manutenção			
Total			

Tabela 29 - Método dos objetivos ponderados para a constituição dos materiais que conduzem a água até ao reservatório

Condução da água até ao reservatório (constituição)				
	Ponderação	1	2	3
Simplicidade de manutenção				
Simplicidade de limpeza				
Simplicidade de implantação				



Simplicidade de Funcionalidade				
Fiabilidade de desempenho				
Estética				
Segurança				
Conservação				
Investimento inicial				
Custo de manutenção				
Total				

Tabela 30 - Método dos objetivos ponderados para a posição do reservatório

Reservatório (posição)				
	Ponderação	1	2	3
Simplicidade de manutenção				
Simplicidade de limpeza				
Simplicidade de implantação				
Simplicidade de Funcionalidade				
Fiabilidade de desempenho				
Estética				
Segurança				
Conservação				
Investimento inicial				
Custo de manutenção				
Total				

Tabela 31 - Método dos objetivos ponderados para a constituição do reservatório

	Reservatório (constituição)						
	Ponderação	1	2	3	4	5	6



Simplicidade de manutenção							
Simplicidade de limpeza							
Simplicidade de implantação							
Simplicidade de Funcionalidade							
Fiabilidade de desempenho							
Estética							
Segurança							
Conservação							
Investimento inicial							
Custo de manutenção							
Total							

1.9. Justificação da classificação

Após o estabelecimento da gama de soluções, com base nos conhecimentos técnicos, na conduta racional e na experiência individual, a dificuldade reside agora na questão de selecionar a melhor solução alternativa.

Em seguida, procura-se então que justifique racionalmente todas as opções tomadas relativamente ao valor numérico atribuído anteriormente a cada função em relação à solução em causa de cada um dos componentes em análise.

1.9.1. Captação

Tendo em conta as soluções alternativas apresentadas, justifique as classificações que atribuiu anteriormente a cada tipo de superfície de recolha da água.

1.9.1.1. Coberturas

Perante as soluções alternativas apresentadas, justifique as pontuações atribuídas anteriormente a cada tipo de cobertura que pode constituir a superfície de recolha:



✓ **Coberturas em tela asfáltica**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **Coberturas de Godo**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **Coberturas verdes extensivas**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:



- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **Coberturas verdes intensivas**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

1.9.2. Pavimentos

Perante as soluções alternativas apresentadas, justifique as pontuações atribuídas anteriormente a cada tipo de pavimento que pode constituir a superfície de recolha:

✓ **Coberturas asfaltadas**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:



- Custo de manutenção:

✓ **Coberturas em cubo**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

1.9.3. Caleiras/algerozes/tubos de queda (condução da água para o reservatório)

Na atribuição de pontuações para uma solução alternativa para a condução da água para o reservatório, analisam-se duas perspetivas, quanto ao sistema e à constituição:

1.9.3.1. Sistema

Tendo em conta as duas soluções alternativas apresentadas, justifique as classificações de desempenho que atribuiu anteriormente a cada tipo de sistema de condução da água para o reservatório.

✓ **Condução por gravidade**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:



- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **Condução por sintonagem**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

1.9.3.2. Constituição

Tendo em conta as soluções alternativas apresentadas, justifique as classificações que atribuiu anteriormente aos materiais que podem constituir o sistema de condução da água para o reservatório.

✓ **PVC**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:



✓ **PEAD**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **Alumínio**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

1.9.4. Reservatório

Na atribuição de pontuações para uma solução alternativa para o reservatório, analisam-se duas perspetivas, quanto à sua posição e constituição:

1.9.4.1. Posição



Tendo em conta as soluções alternativas apresentadas, justifique às classificações que atribuiu anteriormente em relação à posição onde o reservatório pode ser instalado.

✓ **Elevado**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **Superficial**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **Enterrado**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:



- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

1.9.4.2. Constituição

Tendo em conta as soluções alternativas apresentadas, justifique as classificações que atribuiu anteriormente em relação aos materiais que podem constituir o reservatório.

✓ **Fibra de vidro**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **PEAD**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:



- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **Madeira**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **Aço galvanizado**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **Betão armado**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:



- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:

✓ **Ferrocimento**

- Simplicidade de manutenção:
- Simplicidade de limpeza:
- Simplicidade de implantação:
- Simplicidade de funcionalidade:
- Fiabilidade de desempenho:
- Estética:
- Segurança:
- Conservação:
- Investimento inicial:
- Custo de manutenção:



Anexo 11 – Justificação das classificações atribuídas a cada função das componentes do SAAP pelo técnico especializado em SAAP.

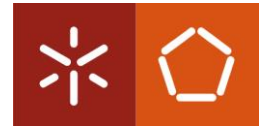
1. Captação

Na atribuição de classificações tendo em conta as soluções alternativas para as superfícies de captação de água, analisam-se dois tipos de superfícies de recolha: as coberturas e os pavimentos:

1.1. Coberturas

Perante as soluções alternativas apresentadas, esclarecem-se as pontuações atribuídas anteriormente a cada tipo de cobertura que pode constituir a superfície de recolha que se encontram dentro de parenteses:

- **Coberturas em tela asfáltica**
 - Simplicidade de manutenção (9): as manutenções devem ser efetuadas pelos utilizadores, não necessitando de técnicos especializados, uma vez que a manutenção é mínima, consistindo apenas na remoção de vegetação e sedimentos que se encontram acumulados por ação do vento ou outros agentes atmosféricos. No caso de ser necessário reparar alguma parte da estrutura deve solicitar-se o serviço de um técnico especializado (quando é necessário trocar as telas);
 - Simplicidade de limpeza (8): aconselha-se a limpeza das coberturas uma a duas vezes por ano, principalmente no final da estação seca;
 - Simplicidade de implantação (10): é a opção com menor grau de dificuldade em relação as restantes;
 - Simplicidade de funcionalidade (8): material bastante funcional, uma vez que as perdas da água precipitadas;
 - Fiabilidade de desempenho (9): material bastante eficiente e com elevado desempenho, pois recolhe eficazmente a água precipitada uma vez que possui um coeficiente de escoamento que corresponde a 0,9. Devido á sua estrutura é possível impermeabilizar toda a superfície da cobertura, até mesmo as partes mais irregulares;



- Estética (5): são as coberturas mais utilizadas, pois são agradáveis visualmente na paisagem humana, no entanto não é uma opção muito utilizada no que toca a coberturas de moradias uma vez que se trata de uma cobertura constituída com a tela minera à vista;
 - Segurança (9): não são passíveis de reunir substâncias poluentes em quantidades consideráveis e garante a segurança das habitações contra intempéries;
 - Conservação (8): material que sofre pouco desgaste ao longo do tempo uma vez que tem elevada resistência à ação do vento, poeiras, chuva, granizo e outras intempéries;
 - Investimento inicial (10): material com uma boa relação custo benefício, uma vez que são bastante resistentes, possibilitam uma recolha eficiente da água precipitada e é a opção com menor custo;
 - Custo de manutenção (10): reduzido custo de manutenção em relação às restantes opções;
- **Coberturas em godo**
- Simplicidade de manutenção (7): de forma idêntica à cobertura anterior, no entanto é mais trabalhosa, uma vez que quando for necessário substituir as telas têm-se de retirar os godos e o geotêxtil;
 - Simplicidade de limpeza (8): idêntica à cobertura anterior;
 - Simplicidade de implantação (8): mais complexa que cobertura anterior, uma vez que é constituída por uma camada de isolamento térmico, geotêxtil, tela asfáltica e godos;
 - Simplicidade de funcionalidade (6): menos funcionais que a coberturas impermeáveis, uma vez que existe mais perda água precipitada, no entanto se tiver platibanda funcionam da mesma maneira que as coberturas em tela asfáltica, logo a perda de água precipitada é mínima;
 - Fiabilidade de desempenho (8): material menos eficiente e com menor desempenho que as coberturas em tela asfáltica, uma vez que o seu coeficiente de escoamento é menor;
 - Estética (8): são coberturas discretas e funcionam bem com a paisagem envolvente;
 - Segurança (9): idêntica á cobertura anterior;
 - Conservação (10): material de elevada durabilidade, não sendo necessário repor os godos durante anos;



- Investimento inicial (7): requer um investimento inicial reduzido;
 - Custo de manutenção (7): é mínimo uma vez que esta requer pouca manutenção, não sendo necessário repor gravilha durante anos, no entanto troca as telas, quando for necessário, é uma atividade dispendiosa;
- **Coberturas verdes extensivas**
- Simplicidade de manutenção (3): as manutenções necessitam de técnicos especializados devidamente equipados, uma vez que deve ser garantida a correta evolução da vegetação e um desempenho eficiente dos sistemas de drenagem e de rega.
 - Simplicidade de limpeza (6): são necessários técnicos especializados para efetuar a limpeza, uma vez que as substâncias poluentes penetram no solo não havendo forma de as retirar. No caso de existir tubos corrugados e caixas de reunião com os respetivos ralos, apenas é necessário efetuar a limpeza das caixas e dos ralos;
 - Simplicidade de implantação (5): possui mais elementos construtivos que as opções anteriores, uma vez que possui tela asfáltica, uma camada drenante para acondicionar a água, uma de terra, vegetação e sistema de rega;
 - Simplicidade de funcionalidade (4): menos funcionais que a coberturas anteriormente analisadas, uma vez que não recolhem tão eficazmente a água precipitada levando a uma perda água precipitada maior;
 - Fiabilidade de desempenho (6): cobertura com menor desempenho em relação às anteriores uma vez que o seu coeficiente de escoamento corresponde a um valor de 0,5, logo é uma superfície suscetível de acumular substâncias poluentes na água captada;
 - Estética (10): cobertura não executada para uso humano regular constituída por uma superfície de relva com uma profundidade média que possibilita a plantação de árvores e arbustos de aparência agradável que seguem o seu processo natural de crescimento;
 - Segurança (4): são passíveis de reunir substâncias poluentes em quantidades significativas;
 - Conservação (6): cobertura que sofre deterioração superior às restantes ao longo do tempo, visto que é construída por vegetação;



- Investimento inicial (3): é muito elevado, uma vez que a profundidade do perfil de solo é maior que a das coberturas intensivas, é necessário colocar telas próprias para jardim, sistema de rega, camada drenante, geodrenos, terra vegetal e vegetação;
 - Custo de manutenção (4): possui uma manutenção mais económica que as coberturas intensivas;
- **Coberturas verdes intensivas**
- Simplicidade de manutenção (1): necessitam de uma manutenção com uma periodicidade superior a todas as coberturas apresentadas, efetuada por técnicos especializados;
 - Simplicidade de limpeza (4): idêntica à cobertura anterior, no entanto têm mais vegetação logo produz mais detritos, como folhas e galhos;
 - Simplicidade de implantação (5): de forma análoga à superfície anterior;
 - Simplicidade de funcionalidade (3): em comparação com todas as coberturas, esta é a menos funcional, visto que é a que permite captar menos água;
 - Fiabilidade de desempenho (4): é a cobertura com pior desempenho, uma vez que o seu coeficiente de escoamento é o mais baixo de todos (0,3);
 - Estética (10): são coberturas acessíveis constituídas por um espaço relvado com uma camada de crescimento fina, adequada para o crescimento de flores e relva, de aspeto agradável e de forma a minimizar a carga sobre a estrutura do edifício;
 - Segurança (4): idêntica à cobertura anterior;
 - Conservação (6): situação análoga à cobertura anterior;
 - Investimento inicial (4): é superior ao da cobertura anterior, uma vez possui uma mais quantidade de vegetação e mais diversificada;
 - Custo de manutenção (2): cobertura com um custo de manutenção elevada, uma vez que é necessário efetuar uma manutenção regular (colocar sistema de rega e aplicar fertilizantes);



1.2. Pavimentos

Perante as soluções alternativas apresentadas, esclarecem-se as pontuações atribuídas anteriormente a cada tipo de pavimento que pode constituir a superfície de recolha que se encontram dentro de parenteses:

➤ Coberturas asfaltadas

- Simplicidade de manutenção (8): as manutenções referentes á limpeza dos pavimentos podem ser efetuadas pelos utilizadores, no entanto quando é necessário efetuar reparações no pavimento é necessário recorrer a técnicos especializados;
- Simplicidade de limpeza (8): aconselha-se a limpeza dos pavimentos uma a duas vezes por ano, principalmente no final da estação seca;
- Simplicidade de implantação (9): é simples e fácil de efetuar, no entanto é necessário mão-de-obra especializada;
- Simplicidade de funcionalidade (9): material funcional, uma vez que as perdas de água precipitada são mínimas;
- Fiabilidade de desempenho (8): material bastante eficiente pois recolhe eficazmente a água precipitada, uma vez que possui um coeficiente de escoamento elevado (0,7);
- Estética (9): opção muito usada no que toca a pavimentos para aumentar o conforto dos condutores, permitindo também visualizar mais facilmente as marcações efetuadas no pavimento;
- Segurança (3): pode reunir substâncias poluentes e tóxicas em quantidades consideráveis (óleos e combustíveis dos veículos que podem ser arrastados pela chuva e encaminhados até ao reservatório);
- Conservação (8): material resistente, no entanto sofre elevado desgaste ao longo do tempo, sendo necessário efetuar reparações com alguma frequência. A conservação do pavimento varia de acordo com o fim para que foi dimensionado e com o uso que o mesmo têm;
- Investimento inicial (3): material com um investimento inicial elevado;
- Custo de manutenção (8): as manutenções são bastantes dispendiosas, no entanto raramente são efetuadas;



➤ **Pavimentos em cubo**

- Simplicidade de manutenção (7): é necessário remover os cubos para reparar a camada superior de areia e volta a assentá-los de novo;
- Simplicidade de limpeza (8): idêntica à cobertura anterior;
- Simplicidade de implantação (7): mais demoroso e mais difícil;
- Simplicidade de funcionalidade (7): são menos funcionais que os pavimentos em asfalto, uma vez que permitem captar uma menor quantidade de água precipitada;
- Fiabilidade de desempenho (7): material menos eficiente, uma vez que possui um coeficiente de escoamento inferior aos pavimentos asfaltados;
- Estética (9): funcionam muito bem esteticamente;
- Segurança (3): situação idêntica à da cobertura anterior;
- Conservação (10): material bastante resistente e durável;
- Investimento inicial (2): requer um investimento inicial superior ao do pavimento anterior;
- Custo de manutenção (1): apesar de ser muito elevado, as manutenções são efetuadas são muito espaçadas no tempo;

2. Caleiras/algerozes/tubos de queda (condução da água para o reservatório)

Na atribuição de classificações para uma solução alternativa para a condução da água para o reservatório, analisam-se duas perspetivas, quanto ao sistema e à constituição.

2.1. Sistema

Perante as soluções alternativas apresentadas, esclarecem-se as classificações atribuídas a cada um dos tipos de sistema de condução da água para o reservatório que se encontram entre parenteses.

➤ **Condução por gravidade**

- Simplicidade de manutenção (8): as operações de manutenção são facilmente efetuadas uma vez que o sistema de condução se encontra na face exterior dos edifícios



ou em galerias verticais visitáveis de forma a garantir o fácil acesso na necessidade de eventuais reparações. As inspeções são aconselhadas semestralmente, no entanto neste caso prático são efetuadas trimestralmente, para garantir melhores condições de encaminhamento da água até ao reservatório;

- Simplicidade de limpeza (8): encontram-se instalados na face exterior dos edifícios ou em galerias verticais visitáveis, de modo que facilitam as operações de limpeza;
- Simplicidade de implantação (7): as caleiras devem ser inclinadas de forma a promover o escoamento até ao tubo de queda, o que torna muito difícil a ligação de todas ao mesmo nível no tubo, o que aumenta a complexidade do sistema e leva à necessidade de mais caixas de ligação;
- Simplicidade de funcionalidade (9): a água é conduzida por gravidade até ao reservatório e é constituído por peças pré-fabricadas, o que resulta num controlo de qualidade de fábrica. No caso de entupimento do sistema a água não escoar e começa a transbordar;
- Fiabilidade de desempenho (8): conduzir a grandes distâncias o volume de água envolve desníveis notáveis, possui um dimensionamento que conduz a um subaproveitamento, uma vez que o escoamento não se faz sempre em secção cheia. Dependendo da inclinação e distância ao tubo de queda de cada ramal de ligação, estes muito dificilmente resultarão numa ligação ao mesmo nível do tubo, o que resulta num aumento da probabilidade de ocorrência de anormalidades no sistema;
- Estética (5): grandes extensões de transporte horizontal de água necessitam de um desnível significativo e os desníveis em altura levam a um efeito arquitetonicamente pouco atrativo;
- Segurança (8): constituído mais vulgarmente por PVC, material que é suscetível de sofrer danos pois possui um valor reduzido de resistência ao impacto. Neste caso prático o material que constitui o sistema de condução é o PEAD, que é praticamente inquebrável a temperaturas constantes, possui um módulo de elasticidade elevado, é leve e possui ótima resistência abrasão;
- Conservação (9): constituído por PEAD, material que possui ótima resistência abrasão, módulo de elasticidade elevado, logo não será expectável a ocorrência de deformações neste material;
- Investimento inicial (9): inferior ao do sistema pressurizado;



- Custo de manutenção (9): reduzido custo de manutenção;
- **Condução pressurizada:**
 - Simplicidade de manutenção (7): necessita de uma manutenção rigorosa, uma vez que é vulnerável a entupimentos;
 - Simplicidade de limpeza (8): idêntico à situação anterior;
 - Simplicidade de implantação (9): a pré-fabricação do sistema simplifica a receção e a montagem em obra deste sistema. Possibilidade de pendentes nulas das caleiras e algerozes do escoamento horizontal, permitindo a existência de um único tubo de queda o que diminui o número das caixas de ligação e torna o sistema geral da obra mais simples;
 - Simplicidade de funcionalidade (8): os volumes elevados a água são escoados por pressão, enquanto os volumes reduzidos de água são escoados por gravidade;
 - Fiabilidade de desempenho (9): capacidade de vazão superior ao sistema gravítico, devido à formação de pressões negativas ao longo do traçado. Isentos de pendentes o que possibilita a condução dos volumes de água para qualquer ponto. Como são sistemas pré-fabricados garantem a qualidade na construção, uma vez que o controlo de qualidade em fabrica é superior ao *in situ*. Tipologia bastante suscetível a entupimentos;
 - Estética (9): as inclinações dos ramais de descarga são desnecessárias podendo mesmo ser nulas, o que arquitetonicamente é atrativo;
 - Segurança (9): normalmente é constituído por PEAD e ferro fundido, que são materiais praticamente inquebráveis a temperaturas constantes e possuem ótima resistência a abrasão. O PEAD é mais flexível que o ferro fundido e pode atravessar juntas de dilatação. Resistência ao impacto superior à do PVC;
 - Conservação (9): idêntico à opção anterior;
 - Investimento inicial (8): elevado custo de aplicação, embora reduza o número de tubos de queda, o que conduz à redução do número de caixas de ligação e consequentemente a economia a nível monetário;
 - Custo de manutenção (9): análogo à opção anterior;



2.2. Constituição

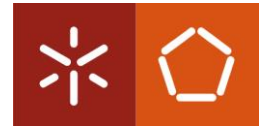
Perante as soluções alternativas apresentadas, esclarecem-se as pontuações atribuídas aos materiais que podem constituir o sistema de condução da água para o reservatório que se encontram entre parenteses.

➤ PVC

- Simplicidade de manutenção (8): as operações de manutenção são simples de efetuar, podendo não ser necessário técnicos especializados;
- Simplicidade de limpeza (9): superfície lisa, o que facilita as operações de limpeza;
- Simplicidade de implantação (7): material leve, de fácil colocação com uma vasta gama existente no mercado pronta a implantar. A junção dos tubos é feita com uma rede de ligações que podem ser aparafusadas e coladas umas às outras;
- Simplicidade de funcionalidade (8): material com baixa rugosidade, o que dificulta e impede a formação de incrustações ou depósitos;
- Fiabilidade de desempenho (6): material fiável, devido pré-fabricação que garante qualidade na construção e um desempenho satisfatório, mesmo após vários anos de uso, no entanto é um material suscetível de sofrer danos uma vez que possui um valor reduzido de resistência ao impacto;
- Estética (7): agradável visualmente, no entanto nem sempre funciona bem arquitetonicamente;
- Segurança (7): apresenta um valor reduzido de resistência ao impacto e é um material em que as tensões internas de depressão podem levar ao colapso do material;
- Conservação (6): material com elevada resistência a agentes químicos, processos corrosivos e que sofre deterioração sob a ação da luz solar;
- Investimento inicial (7): mais dispendioso que o PEAD ;
- Manutenção (8): simples de efetuar e não é muito dispendiosa;

➤ PEAD

- Simplicidade de manutenção (7): reparações relativamente fáceis de efetuar;
- Simplicidade de limpeza (9): idêntica à opção anterior;



- Simplicidade de implantação (8): material leve, de fácil colocação com uma vasta gama existente no mercado pronta a implantar;
- Simplicidade de funcionalidade (8): material com grande flexibilidade (propicia curvas longas);
- Fiabilidade de desempenho (9): material fiável, praticamente inquebrável a temperaturas constantes e com uma boa resistência e durabilidade, devido à elevada resistência à abrasão, possui um baixo coeficiente de atrito hidráulico e rugosidade, o que promove um aumento da resistência à proliferação de bactérias e fungos;
- Estética (8): material disponível comercialmente numa vasta gama de dimensões, formas e cores;
- Segurança (9): elevada resistência de impacto e à corrosão;
- Conservação (8): material suscetível a deterioração gradual quando continuamente exposto à radiação ultravioleta. Baixo efeito de incrustação. Vida útil superior a 50 anos;
- Investimento inicial (8): inferior ao PVC;
- Manutenção (8): análogo à opção anterior;

➤ **Alumínio**

- Simplicidade de manutenção (8): as operações de manutenção são simples de efetuar, uma vez que a superfície é lisa;
- Simplicidade de limpeza (8): fácil de limpar, no entanto é necessário utilizar produtos de limpeza específicos de forma a garantir uma maior durabilidade do material;
- Simplicidade de implantação (9): material fácil de instalar, uma vez que os tubos de alumínio são leves e estão disponíveis no mercado em diversas espessuras e comprimentos. A sua instalação é considerada pelo menos três vezes mais rápida do que os materiais usados convencionalmente, pois necessita de menos conexões e raramente utiliza material de soldagem como colas e solas;
- Simplicidade de funcionalidade (9): material que suporta pressões, temperaturas elevada, é bastante resistente a vazamentos, explosões e garante uma ótima condução de líquidos;
- Fiabilidade de desempenho (9): material bastante resistente e com boa durabilidade;
- Estética (9): é mais agradável esteticamente, em comparação com os restantes;



- Segurança (9): análogo à opção anterior;
- Conservação (9): o material usado na confecção dos sistemas de condução de água até ao reservatório é excelente e tem um longo tempo de vida. Possui um módulo de elasticidade elevado, logo não será expetável a ocorrência de deformações neste material;
- Investimento inicial (7): superior às restantes opções no entanto a relação custo benefício é extremamente vantajosa;
- Manutenção (8): análogo às opções anteriores;

3. Reservatório

Na atribuição de classificações para uma solução alternativa para o reservatório, analisam-se duas perspetivas, quanto à sua posição e à sua constituição.

3.1. Posição

Perante as soluções alternativas apresentadas, esclarecem-se as classificações atribuídas em relação à posição onde o reservatório pode ser instalado que se encontram entre parenteses.

➤ Elevado

- Simplicidade de manutenção (4): trabalhosa e de acessibilidade difícil, uma vez que se encontra elevado;
- Simplicidade de limpeza (6): as operações de limpeza são complicadas, uma vez que se encontra elevado;
- Simplicidade de implantação (6): inconveniente de ter de ser instalado na fase da construção, uma vez que se encontra instalado no topo do edifício, na cobertura, e é muito utilizado em edifícios multifamiliares, uma vez que estes disponibilizam maiores áreas para instalação do reservatório;
- Simplicidade de funcionalidade (8): funciona através da força gravítica em torneiras exteriores e rega, no entanto têm o inconveniente de ter de ser instalado durante a fase



de construção do edifício, não é usado em moradias unifamiliares, sendo mais comum em moradias multifamiliares;

- Fiabilidade de desempenho (9): a água é enviada para os ponto de consumo por gravidade, devido à posição de implantação do reservatório, no entanto caso seja necessário recorre-se a equipamentos de bombagem para bombear a água até ao ponto de consumo,
- Estética (9): como se encontra no topo do edifício, não é muito visível, no entanto deve possuir uma boa aparência de modo a não chocar com a paisagem envolvente;
- Segurança (7): uma vez que se encontra exposto, deve possuir proteção contra as intempéries, de modo a garantir maior durabilidade, e quando o reservatório não conseguir suportar os consumos é automaticamente alimentado pelo sistema de abastecimento de água potável da rede pública existente;
- Conservação (8): sofre deterioração ao longo do tempo uma vez que não está protegido das condições climáticas;
- Investimento inicial (4): custo elevado de implantação;
- Manutenção (8): as operações de limpeza são efetuadas anual e de higienização, no máximo de 10 em 10 anos por técnicos especializados;

➤ **Superficial**

- Simplicidade de manutenção (9): é simples de executar uma vez que se encontra ao nível do piso 0;
- Simplicidade de limpeza (9): as operações de limpeza são simples e cómodas, uma vez que se encontra do piso 0;
- Simplicidade de implantação (8): deve ser instalado em locais que disponham de área livre, contudo mesmo instalados no solo necessitam de uma estrutura de apoio, de modo a garantir que estão devidamente nivelados;
- Simplicidade de funcionalidade (9): pode ser instalado onde o utilizador desejar, a qualquer momento e existe uma grande variedade de materiais que podem constituir o sistema;
- Fiabilidade de desempenho (9): há a hipótese de determinados usos não terem necessidade de bombeamento, ou seja, pode funcionar por gravidade em torneiras



exteriores para rega de jardins e lavagem de pavimentos, assim no caso do equipamento de bombagem avariar o sistema não fica totalmente paralisado;

- Estética (8): encontra-se exposto, logo para não chocar com o ambiente envolvente deve ter uma boa aparência;
- Segurança (7): análogo à opção anterior;
- Conservação (8): situação idêntica à anterior;
- Investimento inicial (9): custo de implantação inferior aos restantes, uma vez que também não é necessário efetuar escavações;
- Manutenção (9): idêntica à situação anterior, mas com a vantagem de se encontrar no piso o;

➤ **Enterrado**

- Simplicidade de manutenção (8): relativamente fácil de efetuar, uma vez que se encontra imediatamente abaixo do piso térreo e com boa acessibilidade;
- Simplicidade de limpeza (8): análoga à situação anterior, contudo é mais um pouco mais trabalhosa uma vez que se encontra enterrado
- Simplicidade de implantação (8): tipo de reservatório mais comum, é necessário executar movimentos de terras para fazer a sua implantação, uma vez que este deve ser enterrado para aproveitar a proteção geotérmica do solo;
- Simplicidade de funcionalidade (7): pode ser colocado a qualquer momento, com o inconveniente de ser necessário executar escavações para a sua colocação ou construção, necessita de equipamento de bombagem para encaminhar a água para os locais de consumo, no entanto tem a vantagem de não ocupar espaço acima do solo;
- Fiabilidade de desempenho (7): a distribuição da água para os pontos de consumo apenas pode ser efetuada com recurso a equipamentos de bombagem, e no caso de este falhar ativa-se o sistema de abastecimento de água potável da rede pública;
- Estética (10): encaixa-se perfeitamente na paisagem envolvente, não chocando com a mesma, uma vez que não são visíveis;
- Segurança (8): está protegido da luz solar e do calor, no entanto deve prevenir-se a flutuação quando se encontram vazios. Quando o reservatório não conseguir suportar



os consumos é automaticamente alimentado pelo sistema de abastecimento de água potável da rede pública existente;

- Conservação (9): como se encontra enterrado está protegido, não se encontrando exposto à luz solar nem a intempéries;
- Investimento inicial (8): custo elevado de implantação, uma vez que é necessário executar movimentos de terras, mas se este for construído durante a fase de construção da obra o custo é inferior e compensador em relação aos restantes;
- Manutenção (7): análoga às situações anteriores, contudo é mais complicada uma vez que se encontra enterrado;

3.2. Constituição

Perante as soluções alternativas apresentadas, esclarecem-se as classificações atribuídas aos materiais que podem constituir o reservatório que se encontram entre parenteses.

➤ **Fibra de vidro**

- Simplicidade de manutenção (9): reparações relativamente fáceis de efetuar
- Simplicidade de limpeza (8): material simples de limpar, no entanto por uma questão de segurança é recomendado antes da primeira utilização efetuar uma limpeza;
- Simplicidade de implantação (9): material leve e simples de transportar com uma vasta gama de dimensões já pronta a implementar;
- Simplicidade de funcionalidade (8): os reservatórios podem ser de várias formas, e podem ser construídos no solo, desde que a sua resistência e estrutura sejam reforçadas ou à superfície em locais nivelados, sólidos e suaves;
- Fiabilidade de desempenho (9): os acessórios são parte integrante do reservatório, assim o risco de fugas por ligações mal efetuadas é menor. Material com elevada durabilidade;
- Estética (9): agradável apelo estético;
- Segurança (8): pode ser feito com proteção contra as radiações UV ou pintado exteriormente de forma a impedir a degradação causada pela luz solar;
- Conservação (9): resistem a temperaturas extremas e possuem elevada resistência à ferrugem e corrosão química;



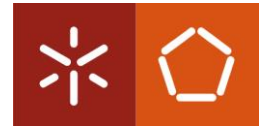
- Investimento inicial (8): o custo de instalação é acessível;
 - Custo de manutenção (9): reduzido, uma vez que os reservatórios constituídos por este material exigem pouca manutenção durante o período de vida útil do reservatório;
- **PEAD**
- Simplicidade de manutenção (8): reparações relativamente fáceis de efetuar, utilizando o calor para amolecer o plástico e moldar de acordo com o necessário;
 - Simplicidade de limpeza (9): operações de limpeza fáceis de efetuar devido á sua superfície lisa;
 - Simplicidade de implantação (9): material leve com uma vasta gama já pronta a implementar e de fácil transporte;
 - Simplicidade de funcionalidade (9): os reservatórios podem ser de várias formas, dimensões e podem ser construídos acima ou abaixo do solo;
 - Fiabilidade de desempenho (9): material durável, que garante uma resistência ao impacto durante a vida útil do reservatório e asseguram a não transmissão para a água de substâncias tóxicas que possam interferir com a qualidade da água armazenada;
 - Estética (10): disponíveis comercialmente numa vasta gama de formas, dimensões e cores;
 - Segurança (9): material duradouro, os reservatórios constituídos por este material que se encontram instalados no exterior devem possuir inibidores de radiações UV, com a finalidade de garantir maior duração, e os instalados interiormente devem ser pintados com uma pintura de proteção de modo a minimizar os efeitos das radiações UV.
 - Conservação (8): material resistente à corrosão;
 - Investimento inicial (9): custo de instalação reduzido em relação aos restantes;
 - Custo de manutenção (9): idêntica à situação anterior;
- **Madeira**
- Simplicidade de manutenção (9): reparações simples de efetuar;
 - Simplicidade de limpeza (9): material simples de lavar;
 - Simplicidade de implantação (7): construção *in situ* por técnicos especializados;



- Simplicidade de funcionalidade (9): os reservatórios podem ser de várias dimensões, só podem ser instalados acima do solo e podem ser montados e desmontados em diferentes locais;
 - Fiabilidade de desempenho (3): é um material poroso, não é possível a sua construção em locais quentes e/ou secos e abaixo do solo;
 - Estética (8): agradável pelo estético;
 - Segurança (2): material poroso, onde a água pode percolar e tenderá a deteriorar-se mais rapidamente;
 - Conservação (6): material vulnerável às condições meteorológicas adversas;
 - Investimento inicial (4): elevado investimento inicial;
 - Custo de manutenção (8): pouco mais elevado que as opções anteriores uma vez que os reservatórios constituídos por este material exigem uma manutenção contínua;
- **Aço galvanizado**
- Simplicidade de manutenção (9): arranjos de simples concretização;
 - Simplicidade de limpeza (9): revestimento interior de PVC ou pintura epóxi para uma face interior lisa (facilitando as operações de limpeza);
 - Simplicidade de implantação (9): material leve, fácil de deslocar e encontram-se disponíveis em diversos tamanhos;
 - Simplicidade de funcionalidade (6): os reservatórios constituídos por este material apresentam uma estrutura rígida e devem ser utilizados à superfície, de forma a evitar a corrosão extrema;
 - Fiabilidade de desempenho (9): material resistente a temperaturas extremas sem apresentar danos, deve ser revestido interiormente em PVC ou pintado com uma tinta especial, para garantir a não transmissão de substâncias tóxicas para a água armazenada;
 - Estética (8): agradável pelo estético;
 - Segurança (9): para garantir uma resistência superior à corrosão são revestidos por uma cobertura de zinco;
 - Conservação (5): material com problemas de controlo de corrosão e deterioração num reduzido espaço de tempo do reservatório dependendo da qualidade da água;
 - Investimento inicial (8): custo de instalação reduzido;



- Custo de manutenção (7): elevado uma vez que os reservatórios constituídos por este material exigem uma manutenção regular;
- **Betão armado**
 - Simplicidade de manutenção (5): reparações de elevada dificuldade, uma vez que o tanque necessita de ser completamente esvaziado para se fazer reparações;
 - Simplicidade de limpeza (8): material simples de lavar;
 - Simplicidade de implantação (6): constituídos em blocos de betão armado pré-fabricado ou *in situ*, enterrados ou superficiais, de difícil instalação em coberturas, devido ao seu peso elevado, mas fácil de executar nas restantes localizações;
 - Simplicidade de funcionalidade (9): podem ser enterrados ou superficiais, permitindo satisfazer um maior número de necessidades sem ocupar área útil da habitação;
 - Fiabilidade de desempenho (8): material robusto e durável, no entanto pode surgir fissuras que originam fugas de água indesejáveis;
 - Estética (9): agradáveis visualmente, pois são facilmente integrados na estrutura de uma habitação;
 - Segurança (8): material duradouro, capaz de resistir a condições meteorológicas adversas;
 - Conservação (6): material poroso, em que a água pode penetrar na parede causando problemas de corrosão na armadura da estrutura, e vulnerável à ocorrência de fissuras e a vazamentos o que os torna sujeitos a uma rápida deterioração devido à fissuração;
 - Investimento inicial (6): investimento inicial razoável;
 - Custo de manutenção (7): elevado uma vez que os reservatórios constituídos por este material exigem uma manutenção contínua;
- **Ferrocimento**
 - Simplicidade de manutenção (8): reparações fáceis de efetuar, as pequenas fissuras e vazamentos podem ser facilmente reparados com uma mistura simples de cimento e água, aplicada nos pontos de fuga visíveis exteriormente;
 - Simplicidade de limpeza (9): material simples de limpar;



- Simplicidade de implantação (6): construídos com argamassa de cimento e aço *in situ* ou pré-fabricados e não é necessária mão-de-obra qualificada;
- Simplicidade de funcionalidade (7): geralmente destinam-se a aplicações acima do solo;
- Fiabilidade de desempenho (6): material flexível e resistente, no entanto pode surgir fissuras que originam fugas de água indesejáveis;
- Estética (6): não é muito agradável esteticamente;
- Segurança (8): devem ser pintados exteriormente de branco, de forma a refletir os raios solares, reduzindo assim a evaporação e mantendo a água à temperatura indicada;
- Conservação (7): material vulnerável à ocorrência de fissuras e a vazamentos;
- Investimento inicial (8): custo reduzido, uma vez que os materiais são de baixo custo e encontram-se facilmente no mercado;
- Custo de manutenção (6): elevado uma vez que requer uma manutenção maior que os reservatórios construídos noutros materiais;

