

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Departamento de Engenharias



Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais para Fins Industriais – Caso de Estudo

Rui Pedro de Azevedo Bento

Dissertação apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil

Dezembro, 2016

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Departamento de Engenharias



Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais para Fins Industriais – Caso de Estudo

Candidato: Rui Pedro de Azevedo Bento

Orientador: Professor Doutor Luís Filipe Sanches Fernandes
Coorientador: Professor Doutor Fernando António Leal Pacheco

Dezembro, 2016

O presente trabalho não foi redigido ao abrigo do novo Acordo Ortográfico.

“A água não é um produto comercial como outro qualquer, mas um património que deve ser protegido, defendido e tratado como tal.”

Jornal Oficial das Comunidades Europeias

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Professor Doutor Luís Filipe Sanches Fernandes e Professor Doutor Fernando António Leal Pacheco, pela oportunidade, paciência e incentivo à realização da minha dissertação de mestrado.

A todos os professores que, ao longo da vida, contribuíram para a minha formação pessoal e académica.

Aos proprietários da empresa *Sibertauto - Comércio e Serviços Auto* pela abertura à possibilidade de realização deste trabalho.

A todos os funcionários da empresa EMAR que paciente e amavelmente acederam aos meus vários pedidos de ajuda e esclarecimento.

A todos os meus colegas e amigos que, directa ou indirectamente, me ajudam e contribuem para ao meu bem-estar pessoal.

Por fim, aos meus queridos Pais, exemplos de força, postura e coragem e que nunca desistiram para a concretização de um sonho há muito interrompido...

A todos, o meu muito obrigado!

RESUMO

Elemento essencial à vida, directa ou indirectamente, a água encontra-se presente em tudo o que nos rodeia. A par desta situação, dado o enorme crescimento populacional da actualidade, verificam-se necessidades cada vez maiores de recurso a este precioso bem. A acompanhar esta tendência, observa-se, por outro lado, que as disponibilidades de água no mundo são cada vez menores, chegando mesmo a serem escassas ou nulas em algumas regiões do nosso planeta.

Na tentativa de se encontrarem soluções que contribuam positivamente para esta tendência destrutiva, os Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais podem em muito dar o seu contributo no sentido duma utilização racional do precioso líquido que é a água.

O objetivo do trabalho foi o de avaliar a viabilidade económica da implementação dum Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais, no caso, um industrial, e também contribuir de forma positiva para o uso sustentável da água através da avaliação do potencial do aproveitamento das águas pluviais.

O estudo recaiu sobre uma estação de lavagem de automóveis localizada na cidade de Vila Real, região onde se identificou precipitação média anual de 2124mm. São apresentados dois Cenários de estudo. O Cenário 1 com uma área de captação de 2789m² e com um potencial de aproveitamento de água pluvial anual de 4857,71m³ e o Cenário 2 com uma área de captação de 1508m² e potencial de aproveitamento de 2626,54m³. As necessidades médias anuais da empresa para lavagem de automóveis foram identificadas em 694,31m³.

Da aplicação do Método de Ripple, para uma eficiência de 100%, o Cenário 1 apresentou uma exigência de volume de armazenamento de 147,90m³ para satisfação das necessidades da empresa e, o Cenário 2, um volume de 183,09m³. O tempo de retorno dum possível investimento identificado foi de aproximadamente 52 anos para o Cenário 1 e, para o Cenário 2, entre 16,1 e 20,5 anos (conforme os volumes de armazenamento e eficiências pretendidas).

Palavras-chave: sistemas de aproveitamento de águas pluviais; Método de Ripple; eficiência; reservatório; redes de drenagem de águas pluviais.

ABSTRACT

Essential molecule to life, in a direct or indirect way, the water is present in everything that surround us. However, with the enormous population growth of today, more and more people share an increasing need to use this valuable fluid. Hence, alongside with this continuous trend, it has been verified that the water availability in the world *per capita* is declining, and as a result some regions of the planet are in a situation of near or even a complete scarcity.

In an attempt to find solutions that positively contribute to the damping of this destructive tendency, Rainwater Harvesting Systems should aim to impose a more rational use of this precious liquid worldwide.

This work's purpose is to evaluate how viable the implementation of a Rainwater Harvesting System is, in this case an industrial one, at an economical level, and also to promote and play a part in the sustainable use of water by analyzing the huge potential of rainwater.

The study took place on a car wash station located in the Vila Real region which has been identified to have an average annual rainfall of 2124mm. This study exhibits two study scenarios. Scenario 1 presents a captation area of 2789m² with an annual rainwater harvesting potential of 4857,71m³. Scenario 2 presents a captation area of 1508m² with an annual rainwater harvesting potential of 2626,54m³. Also, the average annual needs of the car wash business identified were 694,31m³.

Due to the application of the Ripple Method, for an efficiency of 100%, Scenario 1 required a storage volume of 147,90m³ to meet the company's needs whereas it was required a volume of 183,09m³ in the case of the Scenario 2. Additionally, the return time of a possible investment was identified to be of 52 years for Scenario 1 and in the case of the Scenario 2 estimated to between 16,1 and 20,5 years (depending on the storage volumes and the intended efficiencies).

Keywords: rainwater harvesting systems; Ripple Method; efficiency; reservoir, tank; drainage systems for rainwater.

ÍNDICE

Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
ÍNDICE	xiii
Índice de figuras	xv
Índice de tabelas	xviii
Notações	xix
Abreviaturas	xx
1 INTRODUÇÃO	1
1.1_Enquadramento	1
1.2_Objectivos	1
1.2.1_Objectivo Geral	1
1.2.2_Objectivos Específicos	2
1.3_Estrutura do Trabalho	2
2_REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1_Conceito de aproveitamento de águas pluviais	5
2.2_Vantagens e desvantagens do aproveitamento de águas pluviais	6
2.2.1_Vantagens	6
2.2.2_Desvantagens	7
2.3_Usos compatíveis com o aproveitamento de água pluvial	7
2.4_Síntese histórica e exemplos do aproveitamento de água pluvial	9
2.5_Legislação e normalização em Portugal e no mundo	17
2.6_Componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial	22
2.6.1_Descrição geral	22
2.6.2_Captação	23
2.6.3_Transporte	24
2.6.4_Filtração	24
2.6.5_Tratamento	26
2.6.6_Armazenamento	29
2.6.7_Distribuição	31
2.7_Análise SWOT	34
3_CASO DE ESTUDO	37
3.1_Caracterização da área de estudo	37
3.1.1_Enquadramento geográfico	37

3.1.2_Caracterização física do caso de estudo	38
3.2_Identificação dos Cenários	41
3.3_Metodologia	42
3.3.1_Dados de precipitação	42
3.3.2_Determinação da área de captação	44
3.3.3_Volume anual de águas pluviais aproveitável	48
3.3.4_Identificação dos consumos industriais da empresa	50
3.3.5_Descrição do Modelo de SAAP a Implementar	52
3.3.6_Determinação do volume do reservatório (Método de Ripple)	54
3.3.7_Dimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais	56
4_RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1_Volume anual de águas pluviais aproveitável vs. Consumos	63
4.2_Volume do reservatório (Método de Ripple)	65
4.3_Sistema de bombagem	72
4.4_Traçado, em planta, da rede de drenagem do SAAP	73
5_ANÁLISE ECONÓMICA	77
5.1_Custo Total do SAAP	77
5.1.1_Estimativa do custo da rede de drenagem de água pluvial	78
5.1.2_Estimativa do(s) custo(s) do(s) reservatório(s) de betão armado	80
5.1.3_Custo total do SAAP (função do volume do reservatório e da eficiência)	85
5.2_Estimativa de poupança de água potável da rede pública de abastecimento	86
5.3_Período de retorno	89
6_CONCLUSÕES	93
7_TRABALHOS FUTUROS	95
Referências Bibliográficas	97
Sítios de Internet	101
Legislação e Especificações técnicas	102
Anexos	103

Índice de figuras

Figura 1 - Exemplos de reservatórios para armazenamento de água pluvial	6
Figura 2 - Exemplos de usos de água pluvial para fins não potáveis	9
Figura 3 - Pedra Moabita	10
Figura 4 - Palácio de Knossos, ilha de Creta	10
Figura 5 - Interior duma cisterna, Masada, Israel	11
Figura 6 - Reservatório romano	11
Figura 7 - Recirculação extensiva da água de rega pelos terraços, Cabo Verde	12
Figura 8 - Convento de Cristo, Tomar, Portugal	13
Figura 9 - Eirado e cisterna, Algarve, Portugal	14
Figura 10 - Natura Towers, Lisboa, Portugal	14
Figura 11 - Millennium Dome, Londres, Inglaterra	15
Figura 12 - Daimler Chrysler Potsdamer Platz, Berlim, Alemanha	16
Figura 13 - Tokio Dome, Japão	16
Figura 14 - Processo de aproveitamento de água das chuvas	22
Figura 15 - Superfície de captação, telhado	23
Figura 16 - Caleiras ou algerozes e tubos de queda	24
Figura 17 - Desviadores de primeiro fluxo, “ <i>first-flush</i> ”	25
Figura 18 (a) - Filtro de capacidade até 350 m ² (de superfície de captação)	26
Figura 18 (b) - Filtro para grandes instalações até 2350 m ² (de superfície de captação)	26
Figura 19 - Paradigma do aproveitamento das águas pluviais	28
Figura 20 - Categorias de reservatórios: superficial e enterrado	30
Figura 21 - Esquemas de distribuição de água	32
Figura 22 - Enquadramento geográfico do concelho e da cidade de Vila Real	37
Figura 23(a) - Localização dos edifícios da área de estudo	38
Figura 23(b) - Alçados Nordeste e Sudoeste do conjunto de edifícios	39
Figura 24 - Estação de lavagem de automóveis Sibertauto	40
Figura 25 - Limpeza dos separadores de lamas e hidrocarbonetos	40
Figura 26 - Cenário 1	41
Figura 27 - Cenário 2	42
Figura 28 - Localização das estações meteorológicas de Lamas de Olo e Campeã	43
Figura 29 - Precipitações médias mensais (mm), Campeã (1960/2007)	44
Figura 30 - Área de captação (Cenário 1)	45
Figura 31 - Área de captação (Cenário 2)	46
Figura 32 - Caracterização das áreas de captação	47
Figura 33 - Médias Mensais de Volume de Água Aproveitável em m ³ (Cenário 1)	49

Figura 34 - Médias Mensais de Volume de Água Aproveitável em m ³ (Cenário 2)	49
Figura 35 - Extracto de consumos facturados à empresa (parcial)	50
Figura 36 - Relação Disponibilidades vs. Necessidades em m ³ (Cenário 1)	51
Figura 37 - Relação Disponibilidades vs. Necessidades em m ³ (Cenário 2)	52
Figura 38 - Excerto da folha de cálculo Excel, Método de Ripple	55
Figura 39 - Caleira, dimensões	58
Figura 40 - Ângulo x, radianos	61
Figura 41 - Disponibilidades vs. Necessidades (Cenário 1)	63
Figura 42 - Disponibilidades vs. Necessidades (Cenário 2)	64
Figura 43 - Período de maior necessidade de armazenamento de água (Cenário 1)	65
Figura 44 - Evolução dos volumes de reservatório para 100% de eficiência do SAAP (Cenário 1)	66
Figura 45 - Frequência de ocorrências para diferentes intervalos de volume de reservatório (Cenário 1)	67
Figura 46 - Volumes de reservatório e respectiva eficiência (Cenário 1)	68
Figura 47 - Período de maior necessidade de armazenamento de água (Cenário 2)	69
Figura 48 - Evolução dos volumes para 100% de eficiência do SAAP (Cenário 2)	70
Figura 49 - Frequência de ocorrências para diferentes intervalos de volume de reservatório (Cenário 2)	70
Figura 50 - Volumes de reservatório e respectiva eficiência (Cenário 2)	72
Figura 51 - Central de bombagem	73
Figura 52 - Rede de drenagem das águas pluviais (Cenário 1)	74
Figura 53 - Diâmetros comerciais do colector (Cenário 1)	75
Figura 54 - Velocidades de escoamento no colector (Cenário 1)	75
Figura 55 - Rede de drenagem das águas pluviais (Cenário 2)	76
Figura 56 - Dimensões dos elementos da rede de drenagem (Cenário 2)	76
Figura 57 - Orçamentação da rede de drenagem das águas pluviais (Cenário 1)	78
Figura 58 - Orçamentação da rede de drenagem das águas pluviais (Cenário 2)	79
Figura 59 - Volumes de betão armado e escavações (Cenário 1)	81
Figura 60 - Preços betão armado por reservatório (Cenário 1)	81
Figura 61 - Preços de escavação por reservatório (Cenário 1)	82
Figura 62 - Preços total de instalação dos reservatórios (Cenário 1)	82
Figura 63 - Volumes de betão armado e escavações (Cenário 2)	83
Figura 64 - Preços betão armado por reservatório (Cenário 2)	83
Figura 65 - Preços de escavação por reservatório (Cenário 2)	84
Figura 66 - Preços total de instalação dos reservatórios (Cenário 2)	84

Figura 67 - Custo total SAAP (Cenário 1)	85
Figura 68 - Custo total SAAP (Cenário 2)	85
Figura 69 - Evolução dos consumos de água da empresa (m ³)	87
Figura 70 - Evolução das tarifas de venda de água para consumo (€)	87
Figura 71 - Evolução dos totais anuais facturados à empresa (€/ano)	88
Figura 72 - Tempo de retorno do investimento, em anos (Cenário 1)	90
Figura 73 - Tempo de retorno do investimento, em anos (Cenário 2)	92

Índice de tabelas

Tabela 1 - Funções das principais operações de tratamento	27
Tabela 2 - Funções dos principais processos de tratamento	27
Tabela 3 - Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP	28
Tabela 4 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de tanques	31
Tabela 5 - Comparação entre vantagens e desvantagens dos tipos de distribuição	33
Tabela 6 - Resultados da análise SWOT	34
Tabela 7 - Coeficientes de escoamento	47
Tabela 8 - Histórico de consumos da estação de lavagem de automóveis	51
Tabela 9 - Volumes de reservatório e respectiva eficiência (Cenário 1)	68
Tabela 10 - Volumes de reservatório e respectiva eficiência (Cenário 2)	71

Notações

Maiúsculas

A	Área de captação
C	Coeficiente de escoamento
Ca	Consumo de água não potável
D	Diâmetro
Dint	Diâmetro interno da conduta
I	Intensidade média máxima de precipitação
Ks	Rugosidade do material da conduta
Qc	Caudal de cálculo
P	Precipitação média acumulada anual
R	Raio hidráulico
S	Área da secção molhada
St	Diferença entre Ca e Va
U	Velocidade de escoamento
Va	Volume anual de águas pluviais aproveitáveis

Minúsculas

i	Inclinação do colector
x	Ângulo (altura da lâmina líquida)

Alfabeto grego

η	Eficiência hidráulica da filtragem
\emptyset	Diâmetro

Abreviaturas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
EMAR	Empresa Municipal de Água e Resíduos de Vila Real
ETA 0701	Especificação técnica da ANQIP
ETA 0702	Especificação técnica da ANQIP
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
INAG	Instituto Nacional da Água
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PNUEA	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
PVC	Policloreto de Vinil
RCM	Resolução de Conselhos de Ministros
RHAA	Rainwater Harvesting Association of Australia
SAAP	Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
TWDB	The Texas Manual on Rainwater Harvesting
UNEP	United Nations Environment Programme

1_INTRODUÇÃO

1.1_Enquadramento

Recurso natural mais abundante do planeta, a água está diariamente presente na vida dos 7 mil milhões de habitantes que habitam o nosso planeta. Elemento vital para a sobrevivência humana e de todos os seres vivos, a água está presente em tudo o que nos rodeia. Desde os alimentos, às roupas, nos nossos carros, no fabrico de computadores, nos livros, jornais, etc. Directa ou indirectamente, a água faz parte do processo de elaboração dos mais variados bens ou objectos utilizados no nosso dia-a-dia.

A disponibilidade deste precioso recurso natural encontra-se no entanto ameaçada. A ameaça é constante e muitas vezes silenciosa. As medidas adoptadas pelos mais diversos governos um por todo o mundo têm vindo a fracassar, comprometendo sua capacidade de gerar benefícios sociais, ambientais e económicos para as quais se destinavam.

Para agravar a situação, as exigências de água são cada vez maiores. Factores como o gradual aumento de população (e respectivo estilo de vida) acompanhados pelas consequentes necessidades de produzir cada vez maior número de alimentos, energia e indústria farão com que grande parte da população mundial viva, muito em breve, numa situação de *stress* hídrico.

Prevê-se que, para 2050, as necessidades de água no mundo sejam 55% superiores às actuais. De prever também é a existência de desigualdades sociais no acesso a bens e serviços, bem como o aparecimento de novas doenças (The United Nations, 2015).

Com a escalada destes impactos na nossa sociedade, a água passará dum bem inesgotável a um bem escasso, ganhando uma importância extrema na economia global e afectando grande parte da população mundial. A menos que sejam tomadas medidas urgentes e rigorosas, a competição pela água irá dar origem aos mais variados conflitos entre seres-humanos. A luta pela sobrevivência assim o exigirá.

1.2_Objectivos

1.2.1_Objectivo Geral

O objetivo geral do trabalho é avaliar a viabilidade do aproveitamento da água da chuva num uso industrial, no caso, numa estação de lavagem de automóveis. Pretende-se,

deste modo, fazer a avaliação das potencialidades práticas e económicas da implementação deste sistema através dum caso prático de estudo.

Pretende-se também com esta dissertação contribuir positivamente para o uso sustentável da água através da avaliação do potencial do aproveitamento das águas pluviais.

1.2.2_Objectivos Específicos

Esta dissertação tem como objectivos específicos:

- Sensibilizar para a necessidade do uso racional e sustentável da água;
- Identificar práticas actuais e passadas de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis;
- Identificar os componentes e o funcionamento dum sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP);
- Identificar os pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças desta utilização através da análise SWOT;
- Dimensionar um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP);
- Verificar a viabilidade económica deste sistema e respectivo tempo de retorno;
- Identificar situações onde os sistemas de aproveitamento de água pluvial possam ter potencial.

1.3_Estrutura do Trabalho

O relatório da presente dissertação apresenta-se ao longo de sete capítulos.

No presente capítulo é feita uma introdução ao tema bem como são definidos os objectivos do trabalho. É descrita também a estrutura do mesmo.

No segundo capítulo é efectuada a revisão bibliográfica sobre a definição, vantagens e desvantagens, usos compatíveis, síntese histórica do aproveitamento de água pluvial, exemplos nacionais e internacionais existentes na actualidade, legislação e normalização, componentes básicos dum sistema de aproveitamento de água pluvial. No final deste

capítulo, é realizada uma análise SWOT de forma a avaliar a viabilidade do aproveitamento da água pluvial.

O terceiro capítulo refere-se ao caso de estudo. É feita a caracterização da área de estudo e das necessidades industriais. São considerados dois cenários de que diferem entre si na área de captação das águas pluviais. Neste capítulo são apresentados todos os dados e cálculos necessários para o dimensionamento e verificação da viabilidade do SAAP.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos para os dois cenários e é feita uma análise crítica dos mesmos.

O capítulo quinto refere-se à análise económica da implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais bem como o tempo de retorno de um possível investimento para ambos os cenários.

No capítulo seis são apresentadas as conclusões do trabalho retiradas dos estudos acima descritos, dando particular importância para a viabilidade da implementação do sistema de aproveitamento de águas pluvial.

Por fim, no capítulo sete, são apresentadas várias propostas para trabalhos futuros que se pensa poderem vir a ser úteis e que possam contribuir para a importância e para a implementação dos Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) em Portugal e no mundo.

2_REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1_Conceito de aproveitamento de águas pluviais

O objectivo principal dos Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) é o de aproveitar os recursos hídricos livremente fornecidos pela natureza de modo a permitir uma redução do consumo de água potável, água esta com custos associados de tratamento, transporte, armazenamento e distribuição. Com estes sistemas é possível captar a água da chuva que cai nas superfícies dos nossos telhados, encaminhando-a para reservatórios de armazenamento para posterior utilização para os mais diversos fins.

Factores como as alterações climáticas e o aumento de população (e respectivo estilo de vida) tornam o acesso à água potável numa actividade cada vez mais limitada e com custos associados cada vez maiores. A par destes factores, também a impermeabilização dos solos urbanos devido à ocupação humana diminui as recargas de água subterrâneas, aumentando deste modo o escoamento superficial provocando inundações. O excesso de afluência destas águas podem também afectar a eficiência das redes de esgotos bem como das estações de tratamento de águas residuais (ETAR). É neste sentido que o aproveitamento da água pluvial poderá também dar o contributo para a minimizar estas situações.

Há já muitos séculos que o aproveitamento das águas pluviais é feita no nosso país para os mais diversos fins, nomeadamente para a rega dos campos e para consumo humano. No entanto, este hábito deixou de ter a relevância que devia. O aparecimento dos sistemas públicos de abastecimento de água fez com que estas boas práticas se fossem abandonando.

Actualmente, e um pouco por todo o mundo, assiste à valorização e à consciência da necessidade de se renaturalizar o ciclo urbano da água, da sua conservação e da procura de soluções que possibilitem o uso racional e sustentável deste precioso e escasso recurso natural. As águas pluviais não tratadas, de qualidade inferior, podem ser em geral utilizadas para os mais diversos fins. Entre eles, descargas de autoclismos, lavagens de roupa, de pavimentos e de veículos, na rega de jardins, no arrefecimento de telhados, equipamentos e máquinas, no combate a incêndios, no enchimento de lagos, fontes ou outros dispositivos decorativos com água, etc.

A água pluvial pode ser armazenada de várias formas. Em reservatórios abertos, como açudes e lagoas e em reservatórios fechados, impermeabilizados e cobertos (Figura 1). Os primeiros apresentam a desvantagem de não terem a capacidade de manterem a

qualidade da água visto estarem dispostos a agentes contaminantes. Além disso, apresentam demasiadas perdas por infiltração da água no solo e por evaporação. No entanto, os reservatórios abertos à atmosfera. Os segundos, por serem estanques, não estão expostos a possíveis matérias contaminantes. Têm portanto a vantagem de manterem a qualidade da água captada. São, no entanto, limitados em termos de capacidade de armazenamento. Na Figura 1 apresentam-se exemplos de reservatórios para armazenamento da água pluvial proveniente do telhado ou de outras áreas de captação (Oliveira, 2008).



Figura 1 – Exemplos de reservatórios (aberto e fechado) para armazenamento de água pluvial (Fontes: Ecocasa; ANQIP)

2.2_Vantagens e Desvantagens do aproveitamento de águas pluviais

As vantagens da implementação dum sistema de aproveitamento de águas pluviais são por demais evidentes. No entanto, existem também algumas desvantagens na implementação destes sistemas (TSCD, 2015; Tomaz, 2009; Neves, 2006).

2.2.1_Vantagens

- Faz uso de um recurso natural, promovendo a conservação da água e energia;
- Diminui a dependência de água potável tratada, diminuindo o custo aos utilizadores;

- Contribui para a redução do risco de inundações, de erosão e de contaminação da água com pesticidas, sedimentos e metais existentes no solo, armazenando parte da água responsável pelo escoamento superficial;

- Redução da dependência das reservas de água subterrânea;

- Fácil instalação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais;

- O uso final da água captada é próximo da fonte de captação, evitando assim a necessidade de complexos e caros sistemas de distribuição;

- Alternativa de reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público;

- Diminuição do consumo de energia.

2.2.2_Desvantagens

- Investimento inicial significativo;

- O tempo de recuperação do investimento pode variar de acordo com o tamanho do reservatório de armazenamento e com a complexidade do sistema;

- O volume de água captada depende da precipitação. Nos períodos de seca haverá sempre diminuição ou mesmo nenhuma captação de água pluvial;

- Limitações a nível do volume dos reservatórios. Uma vez cheios ficam impossibilitados de armazenar mais água;

- Caso não sejam tomadas as medidas necessárias, existe a possibilidade de contaminação. Em reservatórios fechados, existe o perigo de contaminação através das superfícies de captação. Em reservatórios abertos, a exposição a agentes contaminantes é óbvia;

- Cuidado para evitar comunicação com a rede de água potável;

- Dada a inexistência de legislação e de conhecimento técnico especializado, se os sistemas e os equipamentos não tiverem qualidade suficiente, corre-se o risco de haver desinteresse no uso da água pluvial.

2.3_Usos compatíveis com o aproveitamento de água pluvial

A captação das águas pluviais para aproveitamento em usos não potáveis pode ser realizada em diferentes instalações, incluindo as residenciais, comerciais ou industriais.

Segundo a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP), em geral, as águas pluviais podem ser utilizadas nos seguintes usos:

- Descarga de autoclismos;
- Enchimentos de piscinas;
- Lavagem de pavimentos e de veículos;
- Rega de jardins;
- Lavagem de roupas.

Em instalações de maiores dimensões, como as industriais ou comerciais, podem considerar-se outros usos compatíveis, nomeadamente:

- Torres de arrefecimento;
- Sistemas AVAC;
- Serviços de limpeza;
- Redes de incêndio;
- Rega de espaços verdes;
- Lavagem de veículos;
- Lavagem de roupas, por exemplo em hotéis e lavandarias;
- Reposição de água evaporada de piscinas em hotéis.

Em Portugal, os usos para os quais se pode considerar haver maior viabilidade desta origem alternativa de água são as instalações sanitárias, as lavagens de pátios e de veículos e a rega de jardins (Figura 2). Dado ainda o pouco conhecimento no nosso país sobre estes sistemas e uma certa resistência à mudança, os restantes usos atrás descritos poderão ser considerados como de menor viabilidade. Os potenciais beneficiários destas medidas são os proprietários, os inquilinos e a sociedade duma maneira geral.



Figura 2 – Usos de água pluvial para fins não potáveis (FONTE: Terêncio, 2014)

2.4 Síntese histórica e exemplos do aproveitamento de água pluvial

O aproveitamento de água pluvial é uma prática já muito antiga e não se sabe ao certo quando começou. Segundo Tomaz (2007), o documento que comprova a existência de aproveitamento de águas pluviais é a *Pedra Moabita*, uma pedra de basalto negro encontrada na região de Moabe, Israel (Figura 3). Datada de 830 aC, nela podemos encontrar gravada uma inscrição do rei Mesa para a cidade de Qarhoh: “*E não havia cisterna dentro da cidade de Qarhoh: por isso disse ao povo: Que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo na sua casa*”.



Figura 3 – Pedra Moabita (FONTE: Tomaz, 2007)

Também na ilha de Creta, aproximadamente 2000 aC, no palácio de Knossos, podemos encontrar vestígios de aproveitamento da água da chuva para descarga em instalações sanitárias e para consumo humano. São inúmeros os reservatórios de água (Figura 4) escavados na rocha nesta região (Tomaz, 2007).



Figura 4 – Palácio de Knossos, ilha de Creta

(Fonte: <http://pt.slideshare.net/eloambiental/a-histria-do-saneamento-bsico>)

Na conhecida fortaleza de Masada, a fortaleza do rei Herodes, em Israel, 40 milhões de litros de água podiam ser aproveitados pelos dez reservatórios (Figura 5) escavados nas rochas da região (Tomaz, 2007).



Figura 5 – Interior duma cisterna, Masada, Israel (Fonte: tomtraveling.com)

O aproveitamento da água da chuva era também feito pelos romanos há 2750 aC (Figura 6). Doze reservatórios subterrâneos com entrada superior foram descoberto em 1885, em Monturque, Roma. Cada um com largura de 3,08m, comprimento de 6,65m e altura de 4,83m perfazendo um volume total de 98,93m³. No total, havia a capacidade de armazenamento para 1,187m³ de água que era usado para o abastecimento público (Tomaz, 2011).



Figura 6 – Reservatório romano (FONTE: Tomaz, 2011)

Dada a escassez de água e à existência de um solo arável, igualmente a população de Cabo Verde faz uma gestão cuidadosa do precioso recurso que é a água. A reduzida precipitação constitui um cenário complicado para a sua captação e utilização. No entanto, a luta do povo cabo-verdiano pela conquista de água necessária para o seu desenvolvimento demonstra a persistência e o engenho do homem na luta contra as forças da natureza. Só a partir de meados da década de 80 é que cidades como as de São Filipe, a 300m de altitude, e Monte Genebra, a 750m de altitude, começaram a ser abastecidas com água potável proveniente da nascente da Praia Ladrão, situada ao nível do mar. Uma das principais fontes de sobrevivência da população é a cultura do inhame e da cana do açúcar. A sua produção é feita em encostas, fazendo a recirculação extensiva da água da rega pelos terraços (Figura 7). Deste modo, o regadio permite aos agricultores aumentar significativamente os seus rendimentos, mas o acesso à rega é um privilégio reservado a poucos (Shahidian, 2014).

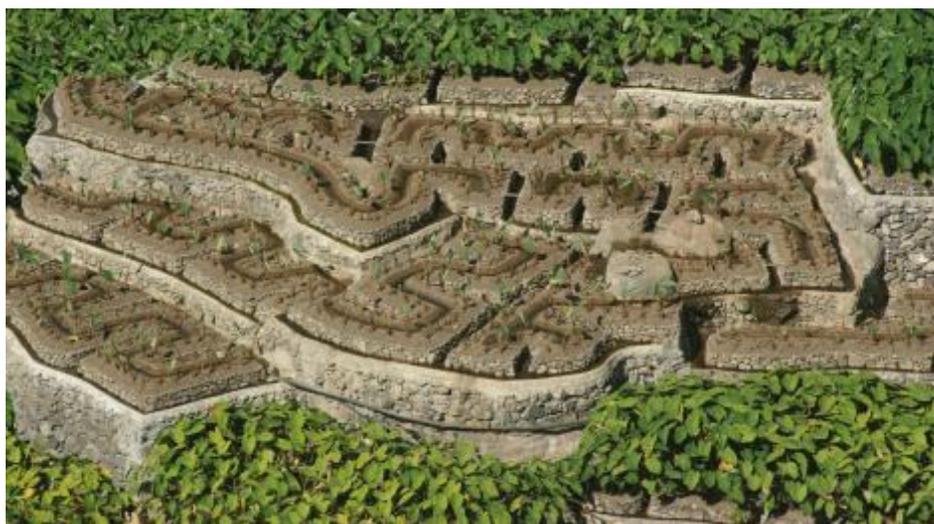


Figura 7 - Recirculação extensiva da água de rega pelos terraços (Fonte: Shahidian, 2014)

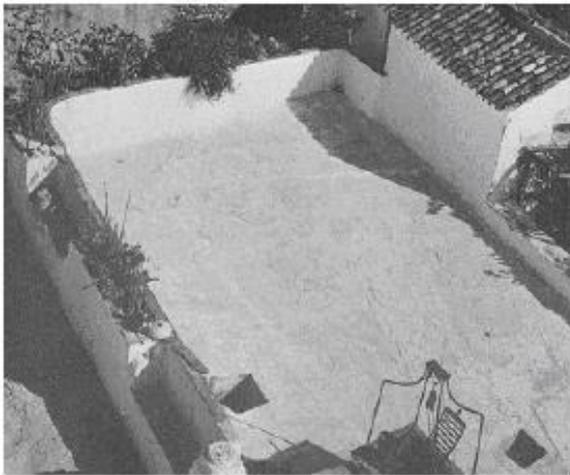
Também em Portugal podemos encontrar testemunhos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Um dos mais representativos é do Convento de Cristo, na cidade de Tomar (Figura 8). Com início de construção a 1 de Março de 1160, o abastecimento de água ao Convento, e respectivos espaços exteriores, assentava totalmente no aproveitamento das águas das chuvas, águas essas que eram armazenadas nas inúmeras cisternas existentes, quer no Castelo, quer no Convento, quer ainda nos seus espaços exteriores. No conjunto dos Claustros do Convento de Cristo, apenas o Claustro de

Santa Bárbara e o Claustro Principal, ou de Dom João Terceiro, não assentam sobre qualquer cisterna. Todos os outros Claustros do Convento, ou têm uma cisterna sob o centro do seu espaço interior, ou possuem uma Cisterna debaixo de uma das suas alas. (<http://www.conventocristo.pt/pt/index.php?s=white&pid=207>)

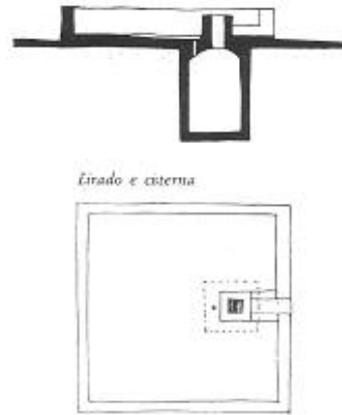


Figura 8 – Convento de Cristo, Tomar, Portugal (FONTE: intercaravanas.com)

No Algarve, a fraca precipitação levou ao aparecimento de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para uso doméstico. Constituídos por caleiras de telha ao longo das fachadas e sob os beirados, a água é recolhida nos terraços e conduzida para cisternas. Se a água recolhida não fosse suficiente, recorria-se então ao eirado, um vasto terreno, ao nível do terreno e com declives para encaminhar a água para um orifício que comunica com o interior da cisterna (Figura 9). Toda a superfície exterior dos eirados é abundantemente caiada para neutralizar a natural acidez das águas pluviais. A existência de eirados está circunscrita à região de Silves, S. Bartolomeu de Messines, Tunes, Porches, Amorosa, etc. (Oliveira, 2008).



a) Eirado onde são visíveis orifícios que comunicam com a cisterna (Porches, Lagoa)



b) Esquema de um eirado e de uma cisterna

Figura 9 – Eirado e cisterna (FONTE: Oliveira, 2008)

Existem em Portugal e um pouco por todo o mundo alguns sistemas de aproveitamento de águas pluviais, de dimensões consideráveis e que permitem o uso da água da chuva para os mais diversos fins, fins não potáveis.

Nas Natura Towers, em Telheiras, Lisboa, o edifício que alberga a sede da empresa MSF Engenharia é um verdadeiro exemplo de edifício sustentável, com medidas de eficiência energética e hídricas a vários níveis (Figura 10). O sistema de aproveitamento das águas pluviais recolhe a água das coberturas, sendo esta armazenada nas caves. A água é posteriormente utilizada para rega (Silva, 2012).



Figura 10 – Natura Towers, Telheiras, Lisboa (Fonte: Abacus Savills e B. Prime)

A nível internacional, mesmo em países com grandes quantidades de precipitação e sem problemas de acesso a água potável, a utilização de sistemas que permitem fazer o uso racional e sustentável da água é já uma realidade bem vencedora. Países como o Japão, Reino Unido, Alemanha, Espanha, Brasil, Austrália ou os Estados Unidos da América, entre outros, fazem uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para utilização nas mais diversas situações. A consciência para os problemas ambientais e para a problemática da escassez de água num futuro breve motivou-os a fazerem um uso racional de água.

Em Londres, Inglaterra, a maior empresa de abastecimento de água do Reino Unido, a Thames Water Utilities Ltd, juntamente com a companhia New Millennium Experience projectaram e executaram no Millennium Dome -The O2 Arena (um centro de entretenimento com capacidade para 23000 pessoas) um sistema de aproveitamento de águas pluviais para sua posterior utilização em instalações sanitárias (Figura 11). O projecto contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento de estratégias futuras na área dos recursos hídricos (Hills, 2001).



Figura 11 – Millennium Dome, Londres

(FONTE: <http://www.skibbereeneagle.ie/architecture/londons-dome/>)

Em Berlim, Alemanha, nos telhados da Daimler Chrysler Potsdamer Platz (Figura 12), com uma área de captação total de aproximadamente de 32000m², espalhada ao longo de 19 edifícios, a água da chuva é colectada e armazenada num reservatório com capacidade para 3500m³. A água é utilizada para usos sanitários, rega de jardins e de telhados com cobertura vegetal e ainda para a reposição de água numa lagoa com vegetação (UNEP, United Nations Environment Programme).



Figura 12 - Daimler Chrysler Potsdamer Platz, Berlim (Fonte: www.schwarzaufweiss.de)

Também no Japão (Figura 13), país com grandes intensidades de precipitação, o Ministério da Construção começou, em 1998, a tomar medidas no sentido de aproveitar as águas das chuvas para poupar água da rede urbana, água esta com custos de tratamento e transporte ao consumidor. Pesquisas feitas, revelam que estes sistemas permitem uma poupança de água potável na ordem dos 30% (Tomaz, 2009). Aliado a este facto, dada a grande densidade populacional e às elevadas áreas de impermeabilização do seu meio urbano, o aproveitamento das águas pluviais permite o desvio destas águas reduzindo assim a altura dos níveis freáticos minimizando a ocorrência de cheias e grandes inundações (Zaizen, 1999).



Figura 13 – Tokyo Dome, Japão (Fonte: <http://www.veggiehappy.com/>)

2.5_Legislação e normalização em Portugal e no mundo

PORTUGAL

As primeiras regulamentações para o abastecimento de água feitas em Portugal surgem em 1943. Três anos depois, em 1946, surge a legislação referente à drenagem de esgotos. Com a evolução da tecnologia e o aparecimento de novos conhecimentos, foi feita a revisão e a actualização dos regulamentos, surgindo então o Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto de 1994. É através deste decreto que surge o Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto de 1995 que define o conceito de águas residuais pluviais, ou simplesmente águas pluviais, como águas que “*resultam da precipitação atmosférica caída directamente no local ou em bacias limítrofes contribuintes e apresentam geralmente menores quantidades de matéria poluente, particularmente de origem orgânica*” (Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto).

A 23 de Outubro de 2000 é aprovada a Diretiva Quadro da Água (Diretiva n.º 2000/60/CE, de 23 de Outubro) (DQA, 2000). Na sequência da aprovação, surge, em 2001, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA). Até 2005 foi desenvolvido um conjunto de documentação de apoio técnico à implementação do PNUEA, que culminou na publicação da Resolução de Conselhos de Ministros (RCM) n.º 113/2005. Na sequência dessa RCM foi definida uma estratégia de execução, mas não houve uma governança coordenada de implementação que conduzisse à sua execução global.

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) foi criado como um instrumento de política nacional para um uso eficiente da água nos sectores urbano, agrícola e industrial. Tem como principal objetivo minimizar os riscos de escassez hídrica e melhorar as condições ambientais nos meios hídricos, sem pôr em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento socioeconómico do país (PNUEA, 2012).

Para facilitar a aplicação das medidas previstas no PNUEA, são elaborados, em 2005, pelo LNEC vários Relatórios Técnicos de Apoio à Implementação do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, entre os quais o RT9, relativo à análise dos documentos regulamentares e normativos relevantes e onde são identificadas incompatibilidades e lacunas para a aplicação das medidas consideradas no PNUEA (Almeida, 2005 citado por Oliveira 2008). De acordo com este relatório, o DL 23/95 e alguns regulamentos municipais surgem como obstáculos à viabilização da medida da reutilização

ou uso de água de qualidade inferior. O DL 23/95 proíbe a utilização de água não potável na habitação para outros usos que não a lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares (Artigo 86º), o que constitui uma barreira à aplicação da medida da reutilização ou uso de água de qualidade inferior em redes prediais, como é o caso dos autoclismos (Sacadura, 2011).

Assim sendo, verifica-se que em termos de legislação e normalização nacional, o problema existente na utilização desta técnica é a ausência de normalização específica e a existência de legislação que dificulta a sua aplicação.

De entre as entidades que mais têm contribuído para a divulgação do aproveitamento das águas das chuvas e das águas cinzentas em Portugal, será justo destacar a ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais). A ANQIP é uma Associação técnico-científica da Sociedade Civil, sem fins lucrativos, que tem como objetivos gerais a promoção e a garantia da qualidade e da eficiência nas instalações prediais, com particular ênfase no ciclo predial da água e nas questões de sustentabilidade. Esta Associação em muito tem contribuído para o desenvolvimento e aplicação das primeiras especificações técnicas em Portugal, a ETA 0701 e ETA 0702.

A ETA 0701 estabelece critérios e prescrições técnicas para a implementação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) para fins não potáveis. Sugere uma série de referências legais e normativas para a certificação destes sistemas, sem esquecer a inspeção e manutenção dos mesmos (ANQIP, 2009).

A ETA 0702 estabelece as condições para a Certificação do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP), executado de acordo com a especificação técnica ETA 0701. Todavia, estas especificações técnicas não são de carácter obrigatório, uma vez que não são de cariz regulamentar, sendo contudo aconselhável o seu uso (ANQIP, 2009).

Ao contrário do que acontece em Portugal, um pouco por todo o mundo se têm tomado medidas no sentido de se fazer um uso racional da água através da implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP). Existem inclusivamente governos, como o dos EUA ou o da Austrália, que oferecem incentivos e benefícios fiscais àqueles que optem pela utilização destes sistemas. Vários países possuem já legislação e normas no âmbito dos SAAP. Vejamos alguns exemplos:

ESPAÑA

Galiza - Departamento de Habitación - Decreto 262/2007, 20 de Dezembro:

Este Decreto aprova novas regras para a construção de edifícios, na região da Galiza. Todas as habitações novas devem instalar SAAP para uso doméstico bem como sistemas de reutilização de águas cinzentas. No entanto, este regulamento não é tão específico como a Lei Municipal para a poupança de água de Sant Cugat del Vallès, uma vez que não aborda aspectos específicos de dimensionamento e concepção (DOG, 2008).

Catalunha -Sant Cugat del Vallès – Lei Municipal para a poupança de água: Segundo a Ordenança Municipal per a l'Estaltvi d'aigua, 1 d'abril de 2008, é obrigatória a instalação de SAAP em novos edifícios e construções, tanto públicos como privados, com áreas de jardim ou espaços não pavimentados susceptíveis de serem regados com mais de 300 m² de área. A regulamentação local promove o uso de águas pluviais, principalmente, para rega, mas o regulamento também permite o uso de águas pluviais para outros usos que não exijam água potável. Esta regulamentação obriga a instalação de SAAP em todas as construções novas e são previstos subsídios de forma a promover a instalação destes sistemas em edifícios já existentes. Os subsídios contribuem para reduzir o período de retorno do investimento, tornando assim os SAAP mais atraentes para os utilizadores. Posteriormente, mais de 40 municípios da Catalunha aprovaram regulamentos locais para promover o uso de água (Butlletí, 2008; Domènech, 2011).

REINO UNIDO

A BS 8515:2009 é uma norma britânica publicada pela British Standards que entrou em vigor a 31 de Janeiro de 2009. Esta norma fornece um conjunto de orientações e recomendações sobre o projecto, instalação, testes e manutenções de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis. A referida norma diz respeito à instalação de SAAP em edifícios sujeitos a acções de reabilitação e/ou edifícios novos (BSI Group, 2009).

ALEMANHA

Em Janeiro de 2003 tornou-se lei, na Alemanha, a Diretriz Europeia 98/83/EG *do Concil for* de Quality of Water for Human Consumption. O interessante nesta lei é o facto de

não haver restrições para o uso da água de chuva em residências, instalações sanitárias, rega de jardins e lavagem de roupas ou limpeza em geral (Tomaz, 2009).

A norma DIN 1989 é a norma alemã que garante padrões de alta qualidade e segurança em sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Fornece informações de projecto, planeamento, instalação, operação e manutenção de SAAP. Na Alemanha, as empresas responsáveis pelo abastecimento de água, as autoridades distritais, as organizações profissionais e os ministérios de meio ambiente e saúde seguem esta norma. É geralmente a norma adoptada em países onde não existem quaisquer tipos de norma ou regulamentações e que pretendem fazer uso destes sistemas (DIN 1989, 2001).

FRANÇA

A 19 de Novembro de 2006, em França, foi aprovada uma emenda (número 169) que autoriza o uso da água de chuva para fins não potáveis. A justificativa foi o uso das águas das chuvas por parte da Alemanha, Áustria e Suíça bem como dos países do Benelux (Tomaz, 2009).

AUSTRÁLIA

O aproveitamento de águas pluviais é uma realidade bem vincada no continente mais seco do planeta. De entre as várias associações existentes por todo o continente australiano, há a destacar a Rainwater Harvesting Association of Australia (RHAA). Esta associação dá apoio a 5,1 milhões de australianos que possuem sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Esta associação mantém os padrões e as directrizes no que respeita a estes sistemas. (Rainwater, 2015)

Governos estaduais como os de Victoria, Queensland, South Australia, Sydney, New South Wales, entre outros, tomaram medidas de forma que as construções sejam projectadas de acordo com os mais recentes projetos e produtos de maneira a que ofereçam garantias em termos energéticos e de aproveitamento de águas. Estas iniciativas são apoiada por legislações estaduais e por programas de incentivo (rainwaterharvesting.org, 2016).

BRASIL

Tal como em Portugal, no que respeita ao aproveitamento de águas pluviais, no Brasil ainda não existe qualquer tipo de legislação. Esta água é ainda considerada e tratada como uma outra água residual, o equivalente às águas das redes de esgotos.

Existem no entanto directrizes de projeto e dimensionamento prescritas na Norma Brasileira, como a NBR, 15.527 – Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, publicada em 24.10.2007 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

No que respeita a legislação, apenas alguns Estados possuem legislação sobre a temática dos SAAP. O Município de Curitiba possui regulamentação sobre a qual todos os novos edifícios comerciais e industriais com área de captação superior a 5000m² de área terem a obrigatoriedade de implementar sistemas de aproveitamento de águas pluviais, a Lei 10.785/03.

No Estado de São Paulo, o Decreto 12.342, de 27/9/78 estabelece normas sobre águas pluviais em que torna obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais coletadas em coberturas, terraços e pavimentos descobertos que tenham área impermeabilizada superior a 500m² (Ambientebrasil, 2016).

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Tem-se vindo a promover a importância da utilização de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais através da realização de *workshops* e conferências por todo o país. O objectivo é alertar os americanos para os problemas associados à escassez de água e para a necessidade do aproveitamento das águas pluviais. Assim, os SAAP estão a ganhar relevo nos EUA, surgindo em todos os estados e normas, regulamentações e incentivos para a aplicação dos SAAP (HarvesH2o, 2016).

JAPÃO

O regulamento do governo metropolitano de Tokyo (de 1984) obriga à implementação de SAAP a todos os edifícios com área construída superior a 30.000m² ou

quando os consumos de água não potável sejam superiores a 100m³/dia de água não potável.

A fim de evitar cheias ou inundações, o regulamento da área metropolitana de Tokyo (de 1993) obriga a instalação de reservatórios de retenção de águas em terrenos cujas áreas excedam os 10.000m² ou quando o edifício tenha mais que 3.000m² de área construída (Tomaz, 2009).

2.6 Componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial

2.6.1 Descrição geral

O processo de aproveitamento de água das chuvas é muito simples. Consiste apenas na captação, transporte, filtração, tratamento e armazenamento da água para sua posterior distribuição aos mais variados usos (Figura 14). O objectivo principal destes sistemas consiste em utilizar a água da chuva em tarefas onde se pode dispensar a utilização de água potável, água esta com custos associados de exploração e utilização.

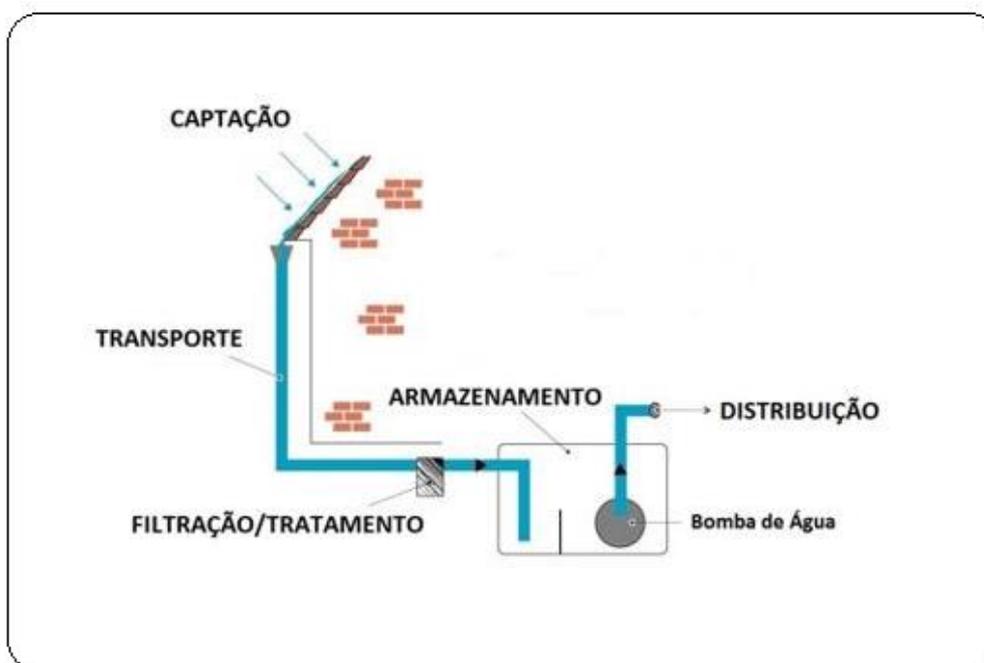


Figura 14 - Processo de aproveitamento de água das chuvas

(FONTE: <http://www.rainwindsun.com/>)

2.6.2_Captação

A área de captação corresponde à superfície impermeável sobre a qual cai a água. Em habitações, a área de captação é geralmente um telhado (Figura 15) ou um terraço. A quantidade de água captada varia em função da área da superfície de recolha e da intensidade de precipitação.

A principal vantagem deste tipo de captação é o facto de todo o processo de aproveitamento da água pluvial ser feito por acção da força gravítica. Por outro lado, e visto serem áreas em contacto com a atmosfera, estão sujeitas a agentes contaminantes provenientes dos escapes dos nossos automóveis e da indústria em geral. Sugere-se deste modo que seja feita a manutenção e limpeza regular destas superfícies de captação de águas pluviais.

Também os materiais de que são feitas estas superfícies têm influência na eficiência e qualidade da água recolhida. Superfícies limpas, lisas e impermeáveis, como a ardósia, chapas de zinco, plástico corrugado de polipropileno ou material cerâmico constituem boas superfícies de captação. Uma superfície sem pintura é também uma opção preferível (LI, 2010).



Figura 15 – Superfície de captação, telhado (FOTE: Ebox Projetos)

2.6.3_Transporte

Os constituintes dos sistemas de transporte são as caleiras ou algerozes, tubos de queda e colectores (Figura 16). Devidamente dimensionados, estes dispositivos têm como função recolher a água pluvial proveniente da superfície de captação e posterior encaminhamento para o reservatório de armazenamento da água.

Os materiais mais utilizados são o PVC, o alumínio ou o aço galvanizado. Estes materiais têm a capacidade de resistir à corrosão provocada pela presença de água ou de humidade. Resistem também às diferentes variações de temperatura que se verificam ao longo de todo o ano.

As caleiras devem ser regularmente inspeccionadas e limpas a fim de se minimizarem riscos de contaminação e de se garantir a livre circulação de água.



Figura 16 - Caleiras ou algerozes e os tubos de queda (FONTE: E-Civil e Christy)

2.6.4_Filtração

A instalação de malhas nas caleiras permite uma primeira filtração no processo de aproveitamento de águas pluviais. Neste dispositivo ficam retidos as primeiras partículas, como é o caso de crivos de folhas, flores, pequenos ramos, etc. Estas malhas impedem ainda a invasão das caleiras por parte de roedores ou de aves que têm por costume utilizar estes espaços para instalação dos seus ninhos.

O processo de filtração consiste ainda na remoção de partículas de menor dimensão e de partículas microscópicas provenientes da atmosfera passíveis de virem a contaminar a

água que vai ser armazenada. Tal processo é elaborado pelos desviadores de primeiro fluxo (*first-flush*) e pelos dispositivos de filtração.

A primeira descarga de água proveniente das caleiras pode conter quantidades significativas de bactérias prejudiciais à qualidade da água ou mesmo ao bom funcionamento de todo o sistema de aproveitamento de água pluvial. Os desviadores de primeiro fluxo, geralmente denominados de “*first-flush*”, permitem a rejeição destes contaminantes menores, como é o caso de areias, poeiras, pólenes, fezes de aves ou roedores, entre outros (TWDB, 2005).

Deste modo, a primeira parte do escoamento (contaminado) é armazenado numa câmara e posteriormente rejeitado. O sistema possui um dispositivo (bola) que flutua e que sobe à medida que a câmara vai enchendo. Ao atingir o topo e depois de terem sido desviadas as primeiras águas contaminadas, existe agora a possibilidade de passagem de água mais fresca e de melhor qualidade (Figura 17).

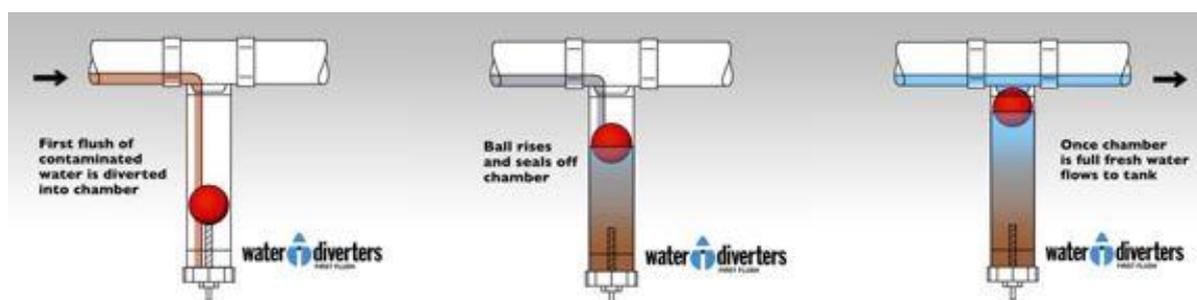


Figura 17 – Desviadores de primeiro fluxo, “*first-flush*” (Fonte: rainharvest.com)

O dispositivo de filtração, geralmente colocado imediatamente antes do reservatório, consiste numa caixa com filtros incorporados que permitem fazer uma última filtração antes da entrada de água no reservatório. A selecção dos tipos de filtros a utilizar depende da área da superfície de captação, logo, do caudal a ele afluente (Figuras 18a e 18b).



Figura 18a - Filtro de capacidade até 350 m² (de superfície de captação)

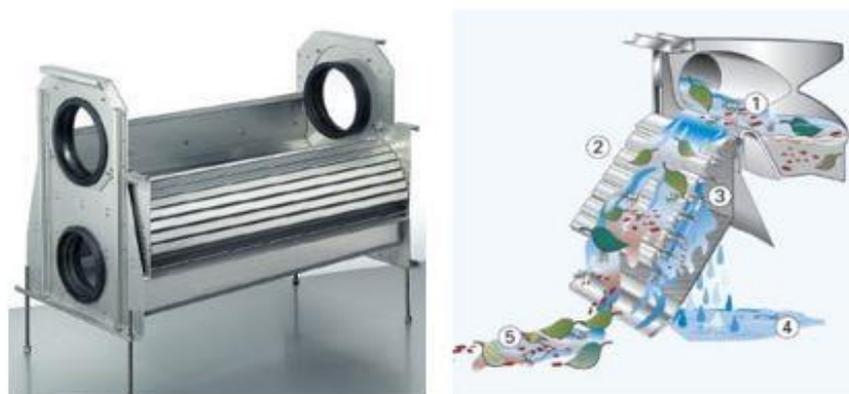


Figura 18b - Filtro para grandes instalações até 2350 m² (de superfície de captação)

(FONTE: ECOÁGUA)

2.6.5_Tratamento

O processo de tratamento consiste na depuração da água da chuva que pode ser necessária em função das características do local de captação ou das utilizações previstas. A fim de melhorar a qualidade da água, os tratamentos poderão ser de natureza higiénica, estética e económica. Os de natureza higiénica permitem a remoção de bactérias, de elementos venenosos ou nocivos, de mineralização excessiva, de teores elevados de compostos orgânicos, de protozoários e outros microrganismos. Os tratamentos de natureza estética permitem fazer a correcção da cor, do sabor e turvação. Os tratamentos económicos consistem redução da corrosibilidade, da dureza, cor, turvação, ferro, odor, sabor, manganésio entre outras (Melo, 2014).

Cada etapa classifica-se numa operação unitária e assenta em princípios físicos (Tabela 1) e em princípios químicos e biológicos (Tabela 2), (Melo, 2012).

Tabela 1 – Funções das principais operações de tratamento (Melo, 2012)

Operações Unitárias	Função
Gradagem	Separação de impurezas grosseiras
Microtamização	Remoção de partículas finas em suspensão
Desarenação	Remoção de areias
Arejamento	Remoção de voláteis e precipitação de metais
Floculação	Aglutinação de partículas em suspensão
Sedimentação	Remoção de partículas em suspensão
Filtração	Remoção de partículas finas após sedimentação
Adsorção	Remoção de substâncias dissolvidas
Armazenamento	Conservação de água tratada antes da distribuição

Tabela 2 – Funções dos principais processos de tratamento (Melo, 2012)

Processos unitários	Função
Coagulação	Desestabilização de partículas coloidais
Estabilização	Correcção de pH, alcalinidade e teor de cálcio
Desinfecção	Remoção de microrganismos patogénicos
Fluoretação	Adição de fluoretos à água tratada
Osmose Inversa	Remoção de teores elevados de iões dissolvidos
Electrodialise	Remoção de teores elevados de iões dissolvidos

Segundo as especificações técnicas da ANQIP, no caso a ETA 0701, *“independentemente das intervenções excepcionais de reparação e na ausência de condições que recomendem intervenções em períodos mais curtos, a manutenção do SAAP deverá ser realizada de acordo com as frequências mínimas indicadas na Tabela”* (Tabela 3).

Tabela 3 - Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP (ETA 0701)

Componentes	Frequência de manutenção
Filtros	Inspeção e limpeza semestral
Sistemas de desvio de <i>first-flush</i>	Inspeção semestral e limpeza anual
Caleiras e tubos de queda	Inspeção e limpeza semestral
Órgãos de tratamento e desinfecção	Inspeção mensal e limpeza anual
Sistema de bombagem	De acordo com o fabricante
Cisterna	Inspeção anual e limpeza e higienização de 10 em 10 anos (no máximo)
Unidades de controlo	Inspeção semestral e manutenção anual
Canalizações e acessórios	Inspeção anual

Ainda segundo (Barton, A. B., Argue, J. R., 2009) e de maneira a minimizar possíveis riscos para a saúde humana, o uso das águas pluviais provenientes das áreas da captação deve ser feito de acordo com a localização dessas mesmas superfícies (Figura 19).



Figura 19 – Paradigma do aproveitamento das águas pluviais

(FONTE: <http://web.b.ebscohost.com/>)

Como se pode verificar, a qualidade da água pode variar em função da localização das superfícies de captação. As zonas de maior qualidade das águas são aquelas onde existe menos contacto com a actividade humana, ou seja, as zonas de telhados. Sugere-se então a utilização dessas águas no interior das habitações e em instalações sanitárias. Por outro lado, as zonas onde a actividade humana é predominante, são as zonas onde a qualidade da água é menor, como é o caso dos pátios ou das estradas. Estas águas podem portanto ser aproveitadas em actividades exteriores às habitações, como é o caso da rega de jardins, da lavagem de veículos ou pátios.

No presente trabalho, visto a finalidade da água ser um fim não potável (uma estação de lavagem de automóveis), o tratamento consiste apenas nos processos de filtração descritos em 2.6.4 (Filtração: desviadores de primeiro fluxo e dispositivo de filtração).

2.6.6_Armazenamento

Geralmente, os reservatórios de armazenamento tratam-se de tanques ou cisternas. A sua escolha deve ser cuidada e varia em função do fim a que se destina e dos locais onde são instalados. Duma maneira geral e para que a qualidade da água seja preservada, sugere-se que sejam opacos e que não estejam expostos à radiação solar, evitando deste modo o aparecimento de algas. Recomenda-se também que sejam cobertos e arejados a fim de evitar o desenvolvimento de mosquitos (TWDB, 2005).

Os materiais mais utilizados um pouco por todo o mundo na construção de reservatórios de armazenamento de água são o betão armado, o plástico (PVC, PEAD, policarbonato, poliestireno), a fibra de vidro, a madeira, o aço galvanizado ou a alvenaria de tijolos (ou blocos).

Em Portugal, os reservatórios mais comuns são construídos em polietileno de alta densidade (PEAD). As características deste material fazem com que sejam mais leves e fáceis de transportar. Além disso, são estanques, opacos, duráveis, com elevada resistência mecânica, não oxidam e são mais baratos relativamente aos reservatórios construídos noutro tipo de material (Oliveira, 2008).

O tamanho do tanque de armazenamento depende de vários factores, nomeadamente do regime de precipitação local, dos usos a que se destinam, da área da superfície de captação, das preferências estéticas e pessoais e do orçamento disponível (TWDB, 2005).

Existem duas categorias de reservatórios de armazenamento: os tanques superficiais e os tanques enterrados ou semi-enterrados (Figura 20). O tanque enterrado, pelo facto de não estar exposto à radiação solar nem a grandes variações de temperatura, é mais adequado visto reduzir a actividade biológica, contribuindo desta forma para uma melhor qualidade da água armazenada e para manter o estado de conservação do próprio reservatório.



Figura 20 – Categorias de reservatórios: superficial e enterrado, respectivamente

(FONTE: Ecodepur)

A seguinte tabela (Tabela 4) apresentam-se as principais vantagens e desvantagens da utilização dos tanques superficiais e dos tanques enterrados ou semi-enterrados no aproveitamento de água pluvial.

Tabela 4 – Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de tanques.

(FONTE: Rodrigues, 2010)

	Reservatório à superfície	Reservatório semi ou enterrado
VANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeção simples • Várias opções de reservatórios • Pode ser comprado pelo público em geral • Construído com uma diversidade de materiais • Construção fácil • Extração de água por gravidade em alguns casos • Pode ser elevada a sua posição para aumento de carga no sistema • Geralmente é a solução mais barata 	<ul style="list-style-type: none"> • Mais difícil de esvaziar • Requer pouco ou nenhum espaço • Discreto • O terreno envolvente suporta a impulsão que a água exerce nas paredes do reservatório permitindo paredes de reservatório mais finas (reservatórios mais baratos)
DESVANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> • Requer espaço para a instalação • Sujeito ao ataque de intempéries • A falha do reservatório pode levar a problemas graves • Água mais susceptível à luz solar 	<ul style="list-style-type: none"> • Extração de água é mais problemática (exige bombas) • Perdas mais difíceis de detectar • Contaminação por infiltração de água • Raízes de árvores podem danificar o reservatório • Possível arrancamento do reservatório por subida do nível freático • Possíveis danos por excesso de sobrecarga • Geralmente mais caros

2.6.7_Distribuição

O processo de distribuição consiste em transportar a água desde o reservatório até ao seu destino final para posterior utilização (Figura 21).

A distribuição pode ser feita usando sistemas directos ou um sistemas indirectos. Nos sistemas directos, a distribuição de água é feita com recurso a um elemento

sobreprensor, uma bomba (devidamente dimensionada) e é efectuada sempre que haja necessidade de elevar a água desde o reservatório até uma cota superior a este. Os sistemas indirectos consistem em bombear a água para um reservatório colocado a uma cota elevada, sendo esta posteriormente distribuída por acção da gravidade (Sanches Fernandes L. F., 2015).

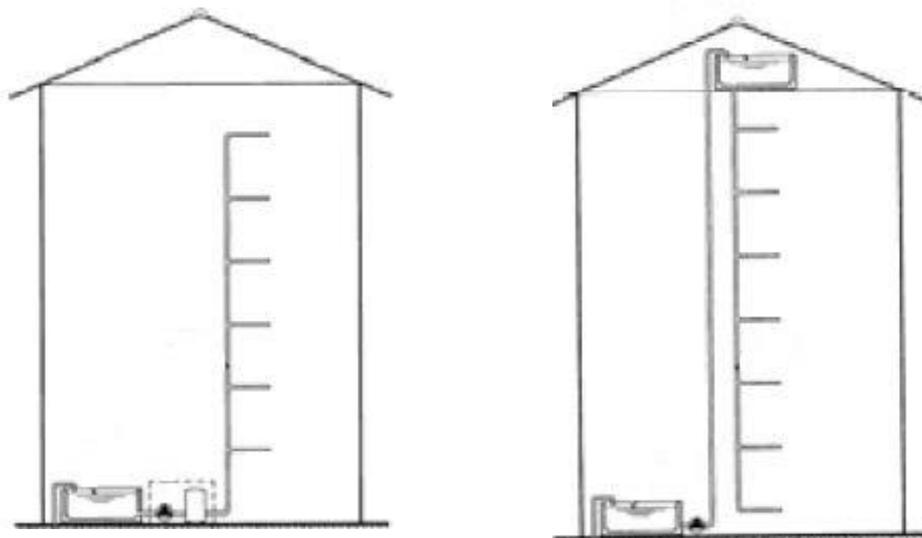


Figura 21 – Esquemas de distribuição de água (directa e indirecta, respectivamente)

(FONTE: Pedroso, 2004)

Na tabela seguinte é apresentado um resumo das principais vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas de distribuição de águas pluviais (Tabela 5). Da análise, é compreensível que a utilização de sistemas directos seja a que traga um maior número de vantagens, permitindo ainda uma utilização de água mais fresca e de melhor qualidade visto ser proveniente dum reservatório enterrado onde não existe incidência de luz solar nem grandes variações de temperaturas. A desvantagem principal será o facto de uma possível avaria na bomba que impossibilitará o fornecimento de água (Rodrigues, 2010).

Tabela 5 - Comparação entre vantagens e desvantagens dos tipos de distribuição (Rodrigues,

Sistema directo		Sistema indirecto ou gravítico	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
A água da chuva é aplicada sobre pressão, permitindo o uso para rega e lavagem de veículos	Quando não há água da chuva disponível, a água tem que ser bombeada usando mais energia	O suprimento é dirigido para o reservatório superior, permitindo que a água seja fornecida mesmo em casos de falha da bomba	Pressão pode ser insuficiente para algumas máquinas de lavar roupa. Vasos sanitários enchem lentamente
Não requer espaço no sótão da casa	Se a bomba falhar, não será possível fornecer a água armazenada	Bombas de baixo custo e uso de controlos simples e baratos	É necessário espaço no sótão para instalação do reservatório
Vasta gama de equipamento testado e disponível no mercado europeu, onde a recolha de água pluvial está mais difundida	Os sistemas de "bypass" são mais complicados e caros	Mais eficientes energeticamente e não há necessidade de bombear a água da rede pública	Sistemas com poucos equipamentos disponíveis no mercado

2010)

No caso de escassez de chuva ou mesmo de se esgotar a água existente no reservatório, terá sempre que haver uma alternativa à utilização da água pluvial. Deste modo, é necessária a existência duma canalização paralela ligada à rede pública de abastecimento de água. Ambas as redes têm que ser obrigatoriamente independentes uma da outra para que não haja perigo de contaminação da rede pública de abastecimento de água potável.

Segundo a especificação técnica da ANQIP, ETA 0701, *“o dimensionamento das tubagens de abastecimento da rede de água não potável deve ser feito de modo análogo ao dimensionamento da rede de água potável”* (seguindo o Decreto Regulamentar n.º23/95, de 23 de Agosto). Alerta ainda para o facto de *“as redes de água não potável, incluindo elementos acessórios, deverem ser claramente diferenciadas das redes de água potável”*. Sugere também a *“utilização de tubagem de cor púrpura ou de fita adesiva colorida, preferencialmente com texto “Água não potável”, “Água da chuva” ou outro equivalente, devendo ser controlado periodicamente o estado de conservação destas marcas ou avisos”*.

2.7_ Análise SWOT

A análise SWOT consiste em analisar determinado cenário ou situação e é usada como base de gestão e planeamento estratégico. O termo SWOT é um acrónimo de Forças (*Strengths*), Fraquezas (*Weaknesses*), Oportunidades (*Opportunities*) e Ameaças (*Threats*) (Wikipedia, 2016).

No contexto dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP), e pelo que temos visto até aqui, as vantagens dos SAAP são óbvias. Tirando o facto do investimento inicial na implementação do sistema, somente o desconhecimento público, a falta de legislação e de conhecimentos técnicos especializados podem provocar o desinteresse na implementação destes sistemas no nosso país e um pouco por todo o mundo. Existe também a desvantagem óbvia associada às incertezas dos níveis de precipitação que possam ocorrer. Através da análise da tabela (Tabela 6), verifica-se facilmente que os pontos fortes são bastante mais significativos que os pontos fracos, denunciando claramente as vantagens ambientais, sociais e económicas da implementação destes sistemas (Oliveira, 2008).

Pontos Fortes	Pontos Fracos
<ul style="list-style-type: none">• Reduz consumo de água da rede pública;• Reduz custos de exploração dos sistemas de abastecimento de água;• Reduz o volume de água pluvial no sistema de águas residuais e pluviais, contribuindo para controlar as cheias, a eficiência da ETAR e a descarga de água potencialmente poluída no meio receptor;• Diminui a dependência que existe das reservas de água subterrânea que quando sobre-exploradas esgotam;• Tecnologias simples de instalar e fáceis de manusear, o que reduz os custos de instalação e manutenção;• Componentes e materiais disponíveis no mercado;	<ul style="list-style-type: none">• Limitação da quantidade de água pluvial aproveitada no tanque devido à variabilidade de precipitação;• Possível investimento inicial significativo;• Ausência de legislação nacional que regulamente especificamente o aproveitamento da água pluvial.

Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Rega com água sem cloro benéfica para as plantas; • Inovações tecnológicas têm vindo a reduzir o custo do investimento; 	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de legislação nacional que surge como obstáculo à viabilização desta técnica (DR 23/95);
<ul style="list-style-type: none"> • O mercado do aproveitamento de água pluvial tem aumentado e está disponível um maior número de soluções; • No âmbito das alterações climáticas, a diminuição da disponibilidade de água vem reforçar a necessidade deste tipo de sistemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos, sistemas e equipamentos não certificados; • Falta de informação pública poderá levar à não-aceitação desta técnica; • A concentração e intensificação dos fenómenos de precipitação vai exigir maior capacidade de transporte da superfície de captação até ao tanque e um maior volume de tanque para colmatar os períodos secos.

Tabela 6 – Resultados da análise SWOT (Oliveira, 2008)

3_CASO DE ESTUDO

3.1_Caracterização da área de estudo

3.1.1_ Enquadramento geográfico

Situada a uma altitude ligeiramente superior a 400m e com uma população aproximada de 30 000 habitantes, a cidade de Vila Real localiza-se na Região Norte de Portugal, sub-região do Douro e na antiga província de Trás-os-Montes e Alto Douro (Figura 22). Vila Real é capital de distrito (distrito de Vila Real) e é sede dum município de 20 freguesias com 378,80 km² de área e 51 850 habitantes (censos 2011). Limitado a norte pelos municípios de Ribeira de Pena e de Vila Pouca de Aguiar, a leste por Sabrosa, a sul pelo Peso da Régua, a sudoeste por Santa Marta de Penaguião, a oeste por Amarante e a noroeste por Mondim de Basto, o concelho é crescido num planalto situado na confluência dos rios Corgo e Cabril. Com mais de setecentos anos de existência, Vila Real foi outrora conhecida como a "Corte de Trás-os-Montes", devido ao elevado número de casas brasonadas que então tinha (Wikipédia).



Figura 22 – Enquadramento geográfico do concelho e da cidade de Vila Real

(Fonte: Wikipédia e Google Earth)

O clima de Vila Real caracteriza-se como temperado mediterrânico. Com verões moderadamente quentes, uma temperatura média anual de 13,5° e uma precipitação anual acumulada superior a 1000mm, considera-se como sendo um clima de transição para o temperado marítimo. No entanto, a sua localização geográfica, tendo como barreira naturais as Serras do Marão e do Alvão, fazem com que o clima tenha alguma continentalidade quando comparado com o clima da costa ocidental portuguesa. Os invernos são relativamente prolongados e com registo de temperaturas negativas acompanhados de queda de neve. Tais características climatéricas deram origem ao conhecido provérbio "*Nove meses de Inverno, três meses de inferno*" (Wikipédia).

As principais vias de acesso à cidade de Vila Real são a A4 e a A24. Vila Real encontra-se estrategicamente localizada na região 98 transmontana e é servida apenas por estas duas vias de comunicação que a ligam ao resto do país e a Espanha. É atravessada pela A4, no sentido Porto - Bragança e pela A24, no sentido Chaves - Viseu.

3.1.2_ Caracterização física do caso de estudo

O caso de estudo remete-nos a um conjunto de seis blocos habitacionais (incluindo empresas, lojas e serviços) localizados no centro da cidade de Vila Real e compreendido entre as ruas Marechal Teixeira Rebelo, a rua Miguel Torga e a Avenida da Noruega (Figuras 23).

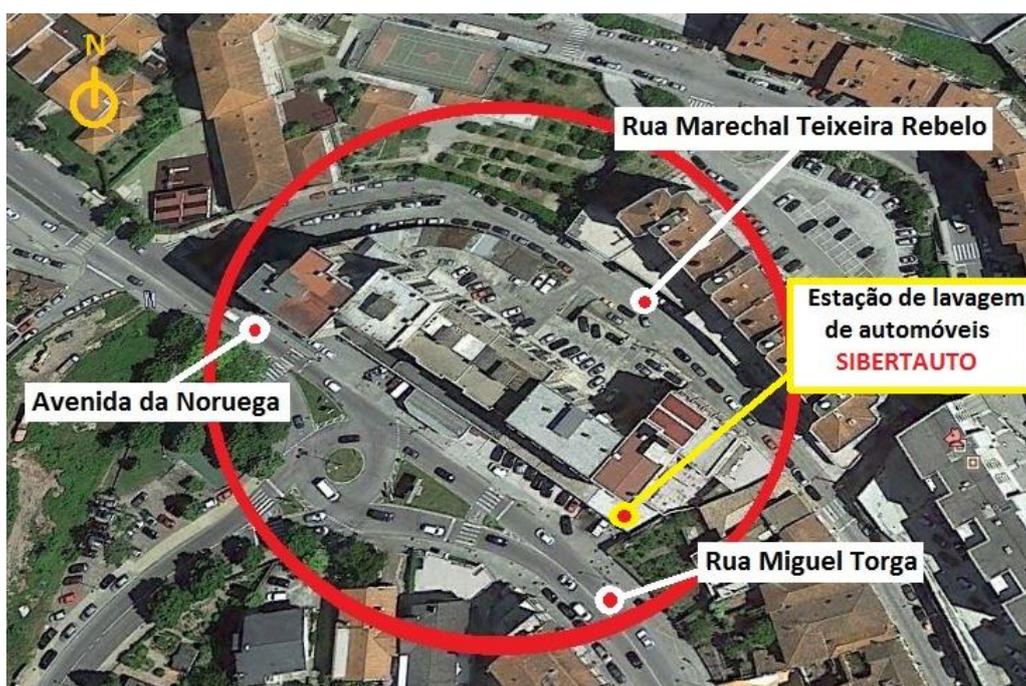


Figura 23(a) – Localização dos edifícios da área de estudo (FONTE: Google Maps)



Figura 23(b) – Alçados Nordeste e Sudoeste do conjunto de edifícios, respectivamente

A estação de lavagem de automóveis sobre a qual recai o estudo faz parte duma empresa familiar com cerca de 15 anos de existência, a Sibertauto, Comércio e Serviços Auto, Lda. Situa-se na Rua Miguel Torga e na base dos blocos habitacionais anteriormente referidos (Figura 24).



Figura 24 – Estação de lavagem de automóveis Sibertauto

Tem como actividades principais a mecânica automóvel e a limpeza de veículos. Devido a estas actividades e à consequente criação de águas residuais, a empresa faz a devida separação das lamas e de hidrocarbonetos, cumprindo desta forma com as normas em vigor e contribuindo assim para um crescimento sustentável da sua actividade. (Figura 25).



Figura 25 - Limpeza dos separadores de lamas e hidrocarbonetos

(FONTE: <http://www.sibertauto.com>)

Actualmente, toda a água utilizada nas actividades da empresa provém da rede pública de abastecimento de água, a qual é posteriormente encaminhada para a rede de drenagem de águas pluviais da cidade de Vila Real.

3.2 Identificação dos Cenários

Cenário 1: considera o aproveitamento das águas pluviais recolhidas na totalidade das áreas de captação dos blocos de apartamentos da área de estudo (com uma área de 2789m²) e respectivo sistema de drenagem (Figura 26):

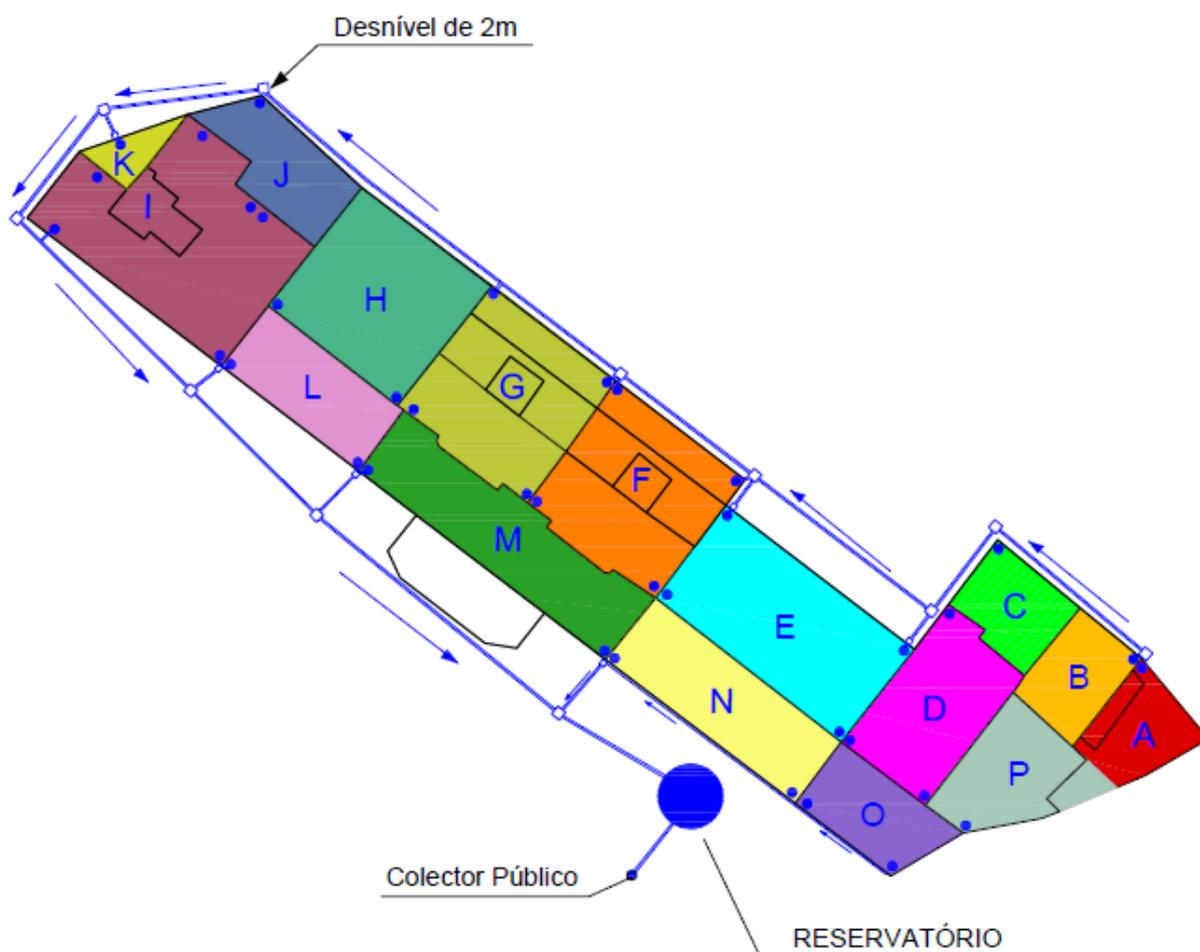


Figura 26 – Cenário 1

Cenário 2: considera o aproveitamento das águas pluviais recolhidas numa área parcial dos blocos de apartamentos (com uma área de 1508m²) e respectivo sistema de drenagem (Figura 27):

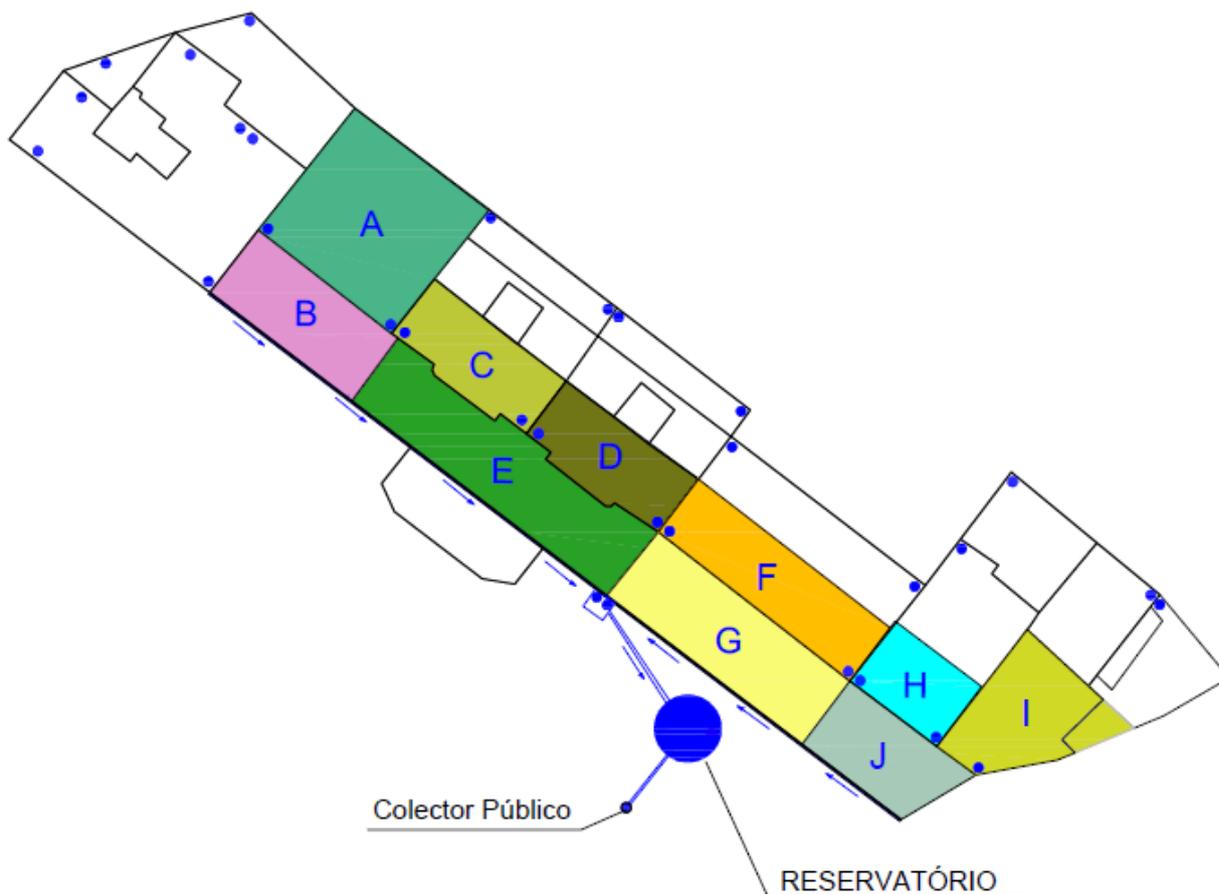


Figura 27 – Cenário 2

3.3_Metodologia

3.3.1_Dados de precipitação

Um dos principais factores a ter em consideração num estudo relativo a SAAP é, obviamente, a quantidade de água da chuva disponível. O conhecimento dos níveis de precipitação da região são, deste modo, cruciais para um correcto dimensionamento destes sistemas. De maneira a caracterizar o melhor possível a precipitação local, o valor dos dados deve ser recolhido numa estação meteorológica próxima da área de estudo e com um

histórico de precipitações o mais longo possível de maneira a reflectir os níveis pluviométricos da região.

Segundo as prescrições técnicas sugeridas pela ANQIP (ETA 0701, 4.1.5) relativos a pluviosidade de cálculo, as pluviosidades médias mensais nas diversas estações do país podem ser obtidas no *site* do SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (Dados Sintetizados/Recursos Hídricos/Boletim de Precipitação/Precipitação Média Mensal).

Nas proximidades de Vila Real, existem duas estações meteorológicas que nos fornecem um historial de quantidades de precipitação da região (Campeã e Lamas D'Olo) (Figura 28).

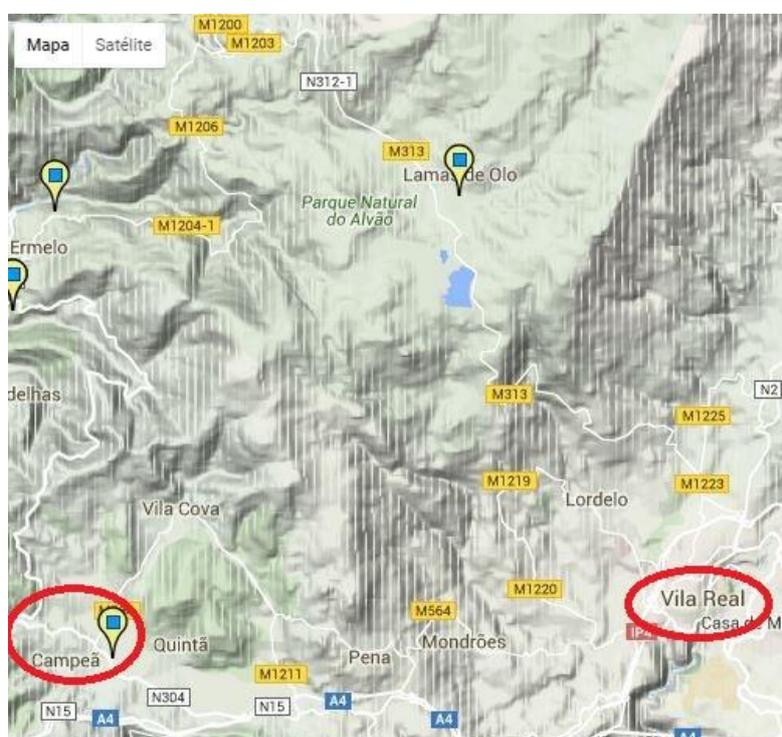


Figura 28 – Estações meteorológicas de Lamas de Olo e Campeã (FONTE: SNIRH)

A estação da Campeã, distanciada a aproximadamente de 10 Km da zona de estudo, foi a estação tida como referência para caracterizar os níveis de precipitação que ocorrem na cidade de Vila Real. Os dados de precipitação foram obtidos do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) e encontram-se descritos em milímetros de precipitação (ANEXO 1). O SNIRH, criado pelo Instituto Nacional da Água (INAG) em

meados de 1995, fornece informação a partir duma base de dados preparada para armazenar e divulgar publicamente informação hidro-meteorológica e de qualidade da água, quer superficial, quer subterrânea (SNIRH, 2016).

Relativo ainda a estudos de pluviosidade, a ANQIP recomenda que se recorra a *dados de fontes oficiais, sendo desejável séries históricas de precipitação correspondentes a períodos não inferiores a 10 anos* (ETA 0701, 4.1.1). O presente trabalho foi elaborado com base num histórico de precipitações de 40 anos (ANEXO 1). Na figura seguinte (Figura 29) apresentam-se as médias de precipitação mensais da estação meteorológica da Campeã (em milímetros de precipitação).

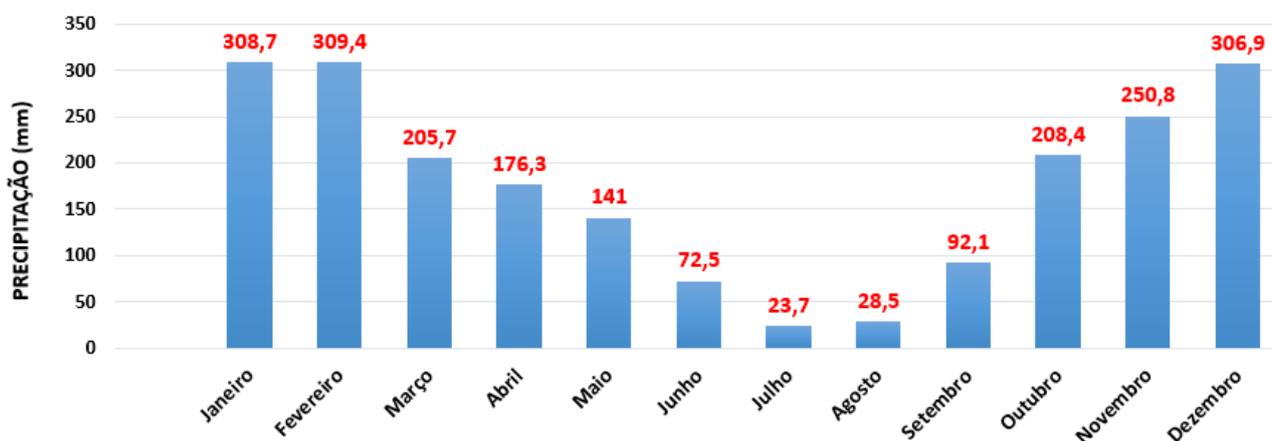


Figura 29 - Precipitações médias mensais (mm), Campeã (1960/2007)

3.3.2_Determinação e caracterização da área de captação

Para determinação da área da superfície de captação das águas pluviais para ambos os cenários, foi utilizada cartografia vectorial 1:2000 da Câmara Municipal de Vila Real. Esta cartografia permitiu quantificar dados referentes às dimensões zona de estudo através de *software* AutoCAD.

CENÁRIO 1:

Foi medida uma área total das superfícies de captação das águas pluviais de 2789 m² (Figura 30):

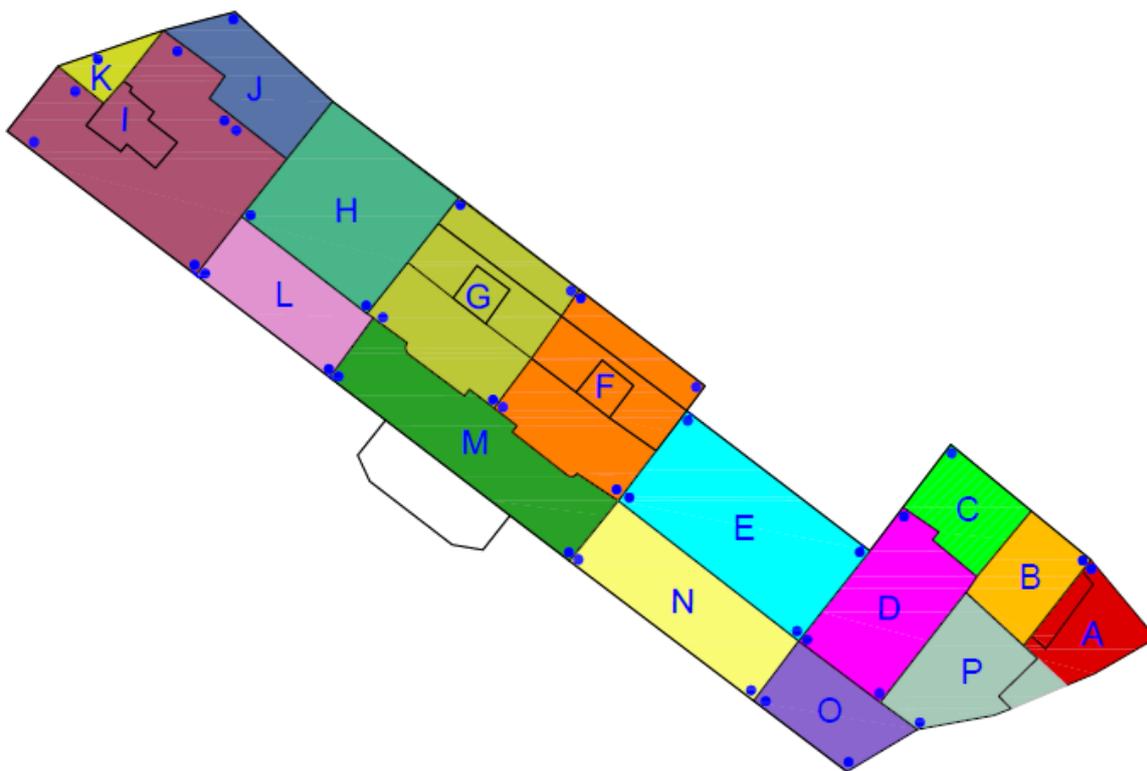


Figura 30 – Área de captação (Cenário 1)

CENÁRIO 2:

Área total da superfície de captação para o Cenário 2 é de 1508 m² (Figura 31):

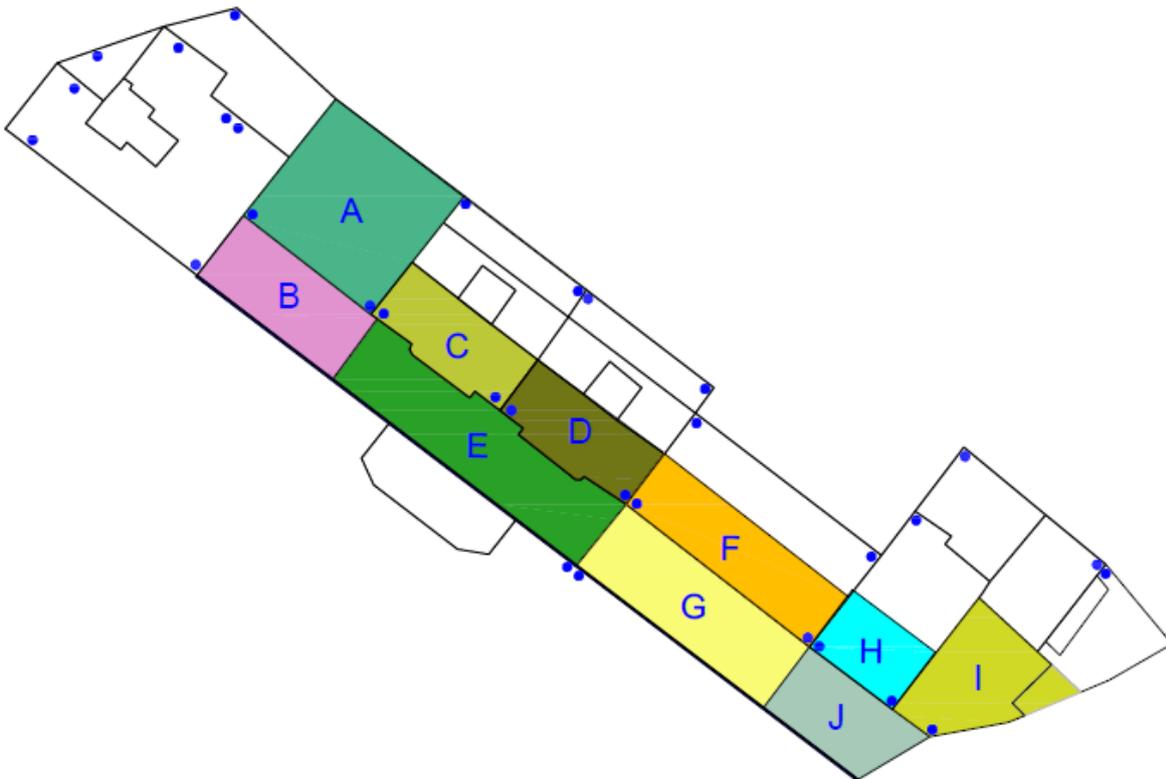


Figura 31 – Área de captação (Cenário 2)

As áreas de captação são constituída por superfícies de betão e por superfícies de tela asfáltica impermeabilizante com revestimento betuminoso (Figura 32).

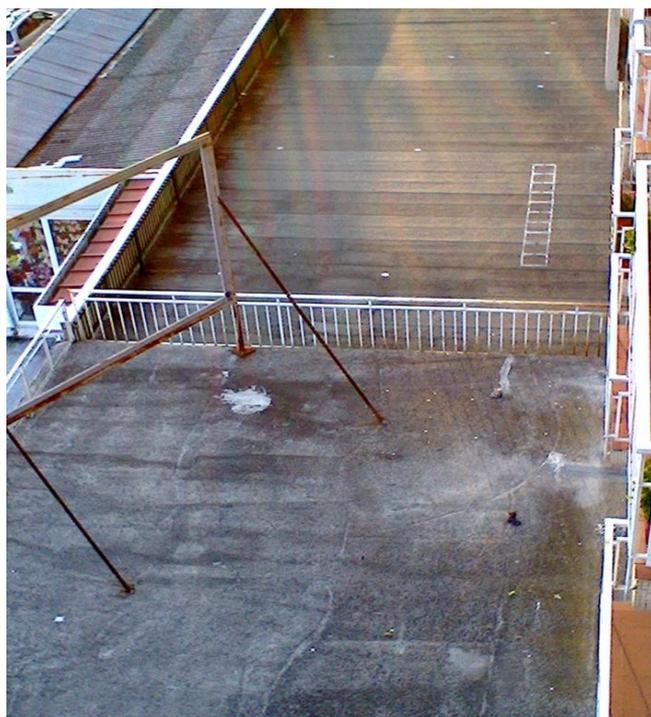


Figura 32 – Caracterização das áreas de captação

Devido às características destes materiais, nem toda a água que incide nas superfícies de captação é escoada para os tubos de queda. Devido à sua heterogeneidade, estes materiais possuem determinado eficiente de escoamento (C) (Tabela 7), coeficiente necessário considerar para o cálculo do volume do reservatório. O coeficiente de escoamento é a relação entre o volume de água escoada na superfície de captação e a quantidade de precipitação que nela incide.

Tabela 7 – Coeficientes de escoamento

Tipologia de superfície	Coeficiente de Escoamento
Pavimento	
Betuminoso	0,70 - 0,95
Betão de cimento	0,80 - 0,95
Passeios para peões	0,75 - 0,85
Coberturas (telhados)	0,75 - 0,95

Verifica-se que tanto o betão como a tela asfáltica de revestimento betuminoso possuem um coeficiente de revestimento muito idêntico e que varia entre os 0,70 e 0,95. No presente trabalho considerou-se um coeficiente de escoamento de 0,90, valor necessário para o cálculo do volume anual de águas pluviais aproveitável.

3.3.3_Volume anual de águas pluviais aproveitável

Segundo especificação técnica sugerida pela ANQIP, a ETA0701 (para SAAP em edifícios), o volume anual de águas aproveitável de água da chuva pode ser determinado pela expressão:

$$Va = C * P * A * \eta f$$

Em que:

- Va Volume anual de água da chuva aproveitável, em litros;
- C Coeficiente de escoamento da cobertura;
- P Precipitação média acumulada anual, em mm;
- A Área de captação, em m²;
- ηf Eficiência hidráulica da filtragem.

Ainda segundo a especificação técnica ETA0701, em sistemas com filtros com manutenção e limpeza regulares pode ser admitida uma eficiência hidráulica (ηf) de 0,9, a menos que as características do sistema recomendem a adopção de outro valor. A eficiência hidráulica da filtragem (ηf) é a relação entre a quantidade de águas pluviais filtradas que chegam ao reservatório e a quantidade de águas pluviais que chegam ao filtro.

Os valores obtidos são os seguintes:

CENÁRIO 1:

O volume mensal de águas aproveitável que incide na superfície de captação com área de 2789m² é (Figura 33):

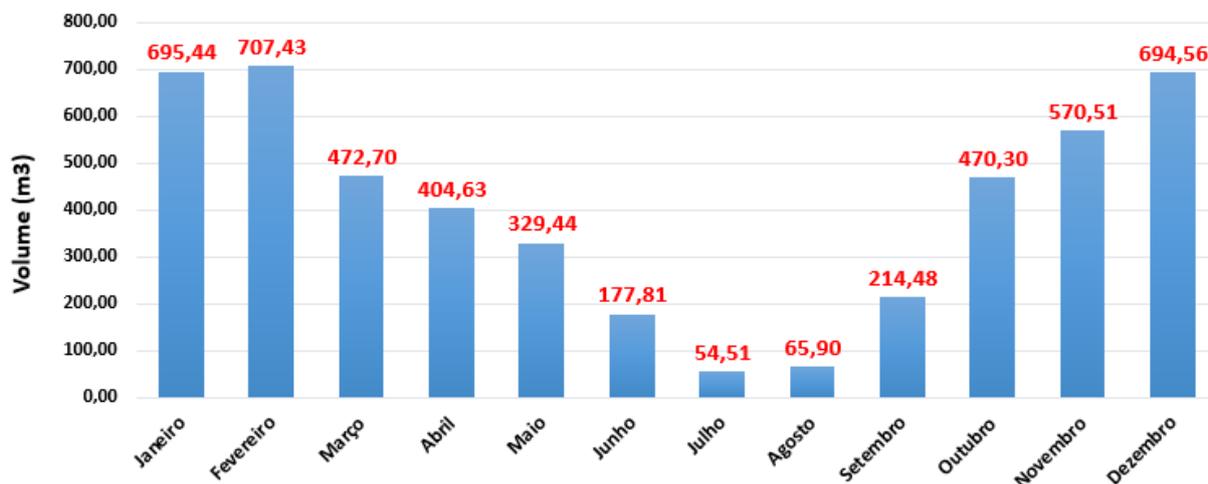


Figura 33 – Médias Mensais de Volume de Água Aproveitável em m³ (Cenário 1)

CENÁRIO 2:

O volume mensal de águas aproveitável que incide na superfície de captação com área de 1508m² é (Figura 34):

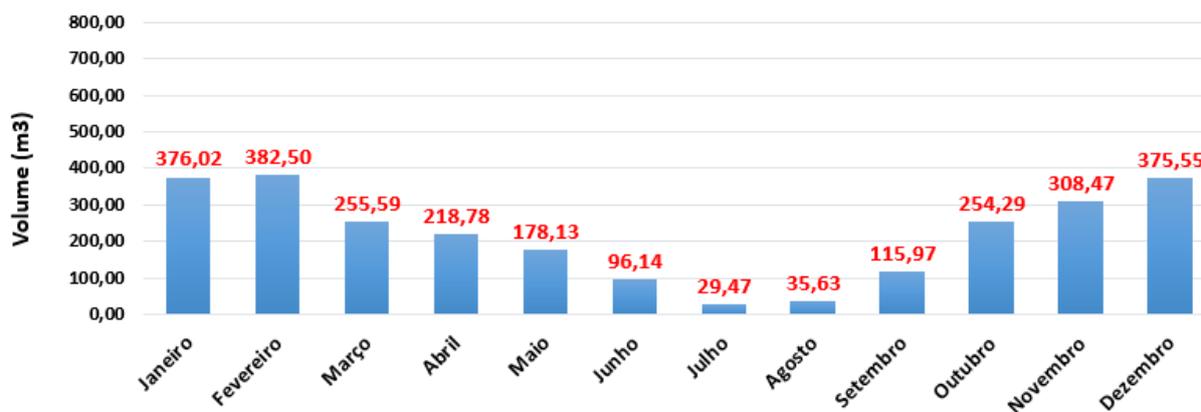


Figura 34 – Médias Mensais de Volume de Água Aproveitável em m³ (Cenário 2)

3.3.4 Identificação dos consumos industriais

Os consumos de água na estação de lavagem de automóveis não é constante. Da análise das facturas emitidas pela entidade responsável pelo fornecimento de água à empresa (Figura 35), EMAR (Empresa Municipal de Água e Resíduos de Vila Real), verifica-se que os consumos de água são consideravelmente maiores durante os meses de Verão.



Extracto de consumos facturados											
Data		Ano		Página							
18 - Fevereiro		2016		1							
EMAR - Água e Resíduos de Vila Real N.º Cliente: C0023708 Nome: SIBERAUTO-COMERCIO E SERVIÇOS AUTO LDA											
Fatura	Data Pagamento	Data Venc.	Forma Pagamento	Periodo Faturação	Total Fatura	Valor Pendente	Tipo Leitura	Água	Esgoto	Lixo	M3
N.º Contrato: CTRAG12-16204 R MIGUEL TORGA BL D R/C 5000-000 - VILA REAL											
AG.GF13-015271	06-02-13	06-02-13	SIBS	01-11-12_30-11-12	142,50	0,00	Estimada	39,43	43,88	41,76	30
AG.GF13-055934	28-05-13	15-03-13	SIBS	01-12-12_31-12-12	23,66	0,00	Empresa	38,12	-11,70	-20,10	69
AG.GF13-083689	04-04-13	02-04-13	SIBS	01-01-13_31-01-13	92,17	0,00	Estimada	47,32	16,09	10,84	36
AG.GF13-100023	28-05-13	30-04-13	SIBS	01-02-13_28-02-13	89,32	0,00	Empresa	46,00	14,63	10,83	71
AG.GF13-127713	28-05-13	31-05-13	SIBS	01-03-13_31-03-13	79,57	0,00	Estimada	35,49	16,10	10,83	27
AG.GF13-155936	02-07-13	30-06-13	SIBS	01-04-13_30-04-13	66,26	0,00	Empresa	35,49	13,17	0,00	54
AG.GF13-183834	02-06-13	31-07-13	SIBS	01-05-13_31-05-13	101,97	0,00	Estimada	56,52	16,09	10,83	43
AG.GF13-211884	01-10-13	30-08-13	SIBS	01-06-13_30-06-13	91,14	0,00	Empresa	55,52	16,10	0,00	86
AG.GF13-239797	01-10-13	30-09-13	SIBS	01-07-13_31-07-13	114,56	0,00	Estimada	68,35	16,09	10,84	52
AG.GF13-267946	11-11-13	06-11-13	SIBS	01-08-13_31-08-13	100,88	0,00	Empresa	67,03	13,17	0,36	103
AG.GF13-295795	31-12-13	05-12-13	SIBS	01-09-13_30-09-13	122,91	0,00	Estimada	77,55	14,62	10,83	59
AG.GF13-323789	31-12-13	02-01-14	SIBS	01-10-13_31-10-13	155,83	0,00	Empresa	76,24	15,61	11,56	117
AG.GF14-015845	31-01-14	31-01-14	SIBS	01-11-13_30-11-13	96,11	0,00	Estimada	53,89	14,63	10,84	41
AG.GF14-043998	28-02-14	28-02-14	SIBS	01-12-13_31-12-13	99,36	0,00	Empresa	52,58	16,09	11,90	81
AG.GF14-072001	21-03-14	31-03-14	SIBS	01-01-14_31-01-14	94,87	0,00	Estimada	49,95	15,12	11,19	38
AG.GF14-100087	02-05-14	30-04-14	SIBS	01-02-14_28-02-14	93,66	0,00	Empresa	48,63	16,09	11,92	75
AG.GF14-126081	26-05-14	30-05-14	SIBS	01-03-14_31-03-14	85,07	0,00	Estimada	40,75	15,11	11,19	31
AG.GF14-156172	05-08-14	30-06-14	SIBS	01-04-14_30-04-14	81,17	0,00	Empresa	40,75	13,17	9,74	62

Figura 35 – Extracto de consumos facturados à empresa (parcial)

A fim de identificar os consumos da empresa, da análise das facturas, verifica-se que apenas são realizadas leituras *in situ* por parte da EMAR de 2 em 2 meses. No entanto, estas leituras dão-nos a indicação real dos metros cúbicos de água consumidos na estação de lavagem de automóveis durante esses dois meses. Dado que para a determinação do volume do reservatório de aproveitamento das águas pluviais são necessários dados mensais, a contagem de dois meses foi dividida em duas partes iguais, sendo este o valor considerado de consumo para cada um dos respectivos meses (Tabela 8).

Tabela 8 – Histórico de consumos da estação de lavagem de automóveis (m³)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual (m3)
2007	71	71	86	86	86,5	86,5	92,5	92,5	63,5	63,5	62,5	62,5	853
2008	64,5	64,5	69	69	97,5	97,5	89	89	69	69	62	62	902
2009	69	69	64	64	75,5	75,5	85,5	85,5	54,5	54,5	59	59	815
2010	54	54	70	70	84,5	84,5	88,5	88,5	51	51	61,5	61,5	819
2011	45,5	45,5	61	61	73	73	69	69	41	41	56,5	56,5	692
2012	50	50	38	38	51	51	38	38	50	50	29,5	29,5	513
2013	35,5	35,5	27	27	43	43	51,5	51,5	58,5	58,5	40,5	40,5	512
2014	37,5	37,5	31	31	43,5	43,5	53	53	54	54	31,5	31,5	501
2015	44	44	35,5	35,5	41	41	58	58	56,5	56,5			470
Média Mensal	52,33	52,33	53,50	53,50	66,17	66,17	69,44	69,44	55,33	55,33	50,38	50,38	

Da relação entre o volume de água aproveitável (identificado em 3.3.3) e as necessidades de água da empresa, verificou-se que as disponibilidades hídricas são bastante superiores às necessidades.

CENÁRIO 1:

As necessidades de água para lavagem de automóveis representam apenas 14,3% das disponibilidades de água aproveitada nas áreas de captação. Das médias mensais identificadas, apenas nos meses de Julho e Agosto é que a quantidade captada foi inferior às necessidades da empresa (Figura 36).

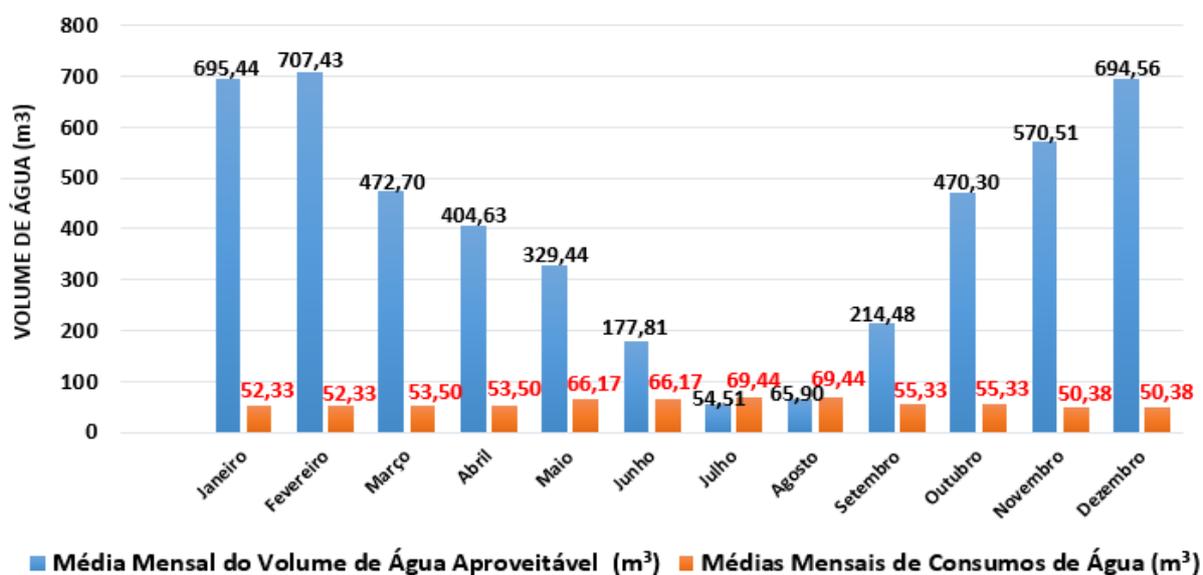


Figura 36 - Relação Disponibilidades vs. Necessidades em m3 (Cenário 1)

CENÁRIO 2:

Neste cenário, as necessidades de água da empresa representam cerca de 26,4% das disponibilidades aproveitadas das áreas de captação. Igualmente ao que acontece no Cenário 1, novamente nos meses de Julho e Agosto é que a quantidade captada foi inferior às necessidades da empresa (Figura 37).

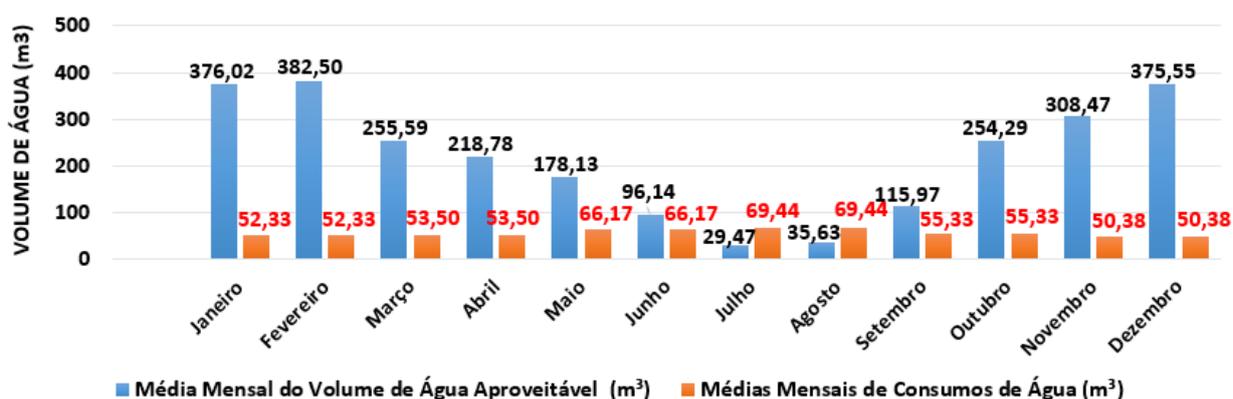


Figura 37 – Relação Disponibilidades vs. Necessidades em m3 (Cenário 2)

3.3.5_ Descrição do Modelo de SAAP a Implementar

O Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais a implementar é constituído pelas superfícies de captação (terraços dos blocos de apartamentos), pela rede de drenagem de águas residuais pluviais (caleiras, tubos de queda, colectores e câmaras de visita), pelo sistema de filtração (ralos no topo dos tubos de queda, dispositivos de *first flush* e por decantação na primeira célula do reservatório) e pelo reservatório de armazenamento (reservatório enterrado de betão armado). Depois de armazenada, a água é elevada com recurso a uma central de bombagem para posterior utilização na lavagem de automóveis.

CENÁRIO 1:

As águas pluviais recolhidas nos terraços da superfície de captação são directamente encaminhadas para os tubos de queda. No topo dos tubos de queda sofrem uma primeira filtragem aquando da passagem pelos respectivos ralos. Neste processo são

desviadas as partículas sólidas de maior dimensão provenientes das áreas de captação (folhas, galhos, etc.).

Já nos tubos de queda e através de dispositivos de *first flush*, ocorre uma segunda filtração. Devido aos períodos em que não ocorre precipitação, verifica-se um acumular partículas de menor dimensão nas áreas de captação (poeiras, pólenes, etc.) passíveis de contaminar a água a armazenar. Apesar da utilização da água ser um fim não potável, optou-se por se considerar dispositivos de *first flush*. O seu dimensionamento é feito de acordo com a área e com o factor de poluição da superfície de captação. O produto destes dois valores (área e factor de poluição) dá-nos o volume de água a desviar pelo dispositivo, em litros (Rain Harvesting, 2016). Visto se tratarem de áreas em que a actividade humana é mínima, o factor de poluição considerado foi 1. Assim sendo, no presente caso de estudo, o volume de água a desviar é, em litros, numericamente igual à área (em m²) de cobertura afectada ao respectivo tubo de queda.

Posteriormente à passagem pelos tubos de queda, a água é encaminhada para os colectores públicos de drenagem de águas residuais pluviais que conduzirão a mesma até ao reservatório.

O reservatório tem como função o armazenamento das águas pluviais e é constituído por duas células. Na primeira célula ocorre a precipitação das partículas que não ficaram retidas nos processos de filtração atrás referidos. Após passagem à segunda célula, a água é bombada para posterior utilização. O reservatório possui um dispositivo de descarga de topo (dispositivo *overflow*) que permite o escoamento do excesso de água não armazenável para a rede pública de drenagem de águas residuais pluviais. Por questões económicas, relativamente a outros materiais, optou-se pela implementação de um reservatório de betão armado.

CENÁRIO 2:

As águas pluviais recolhidas nas áreas de captação afectadas ao Cenário 2, são encaminhadas para caleiras que têm como função receber a água proveniente dos terraços e transportá-la até aos tubos de quedas. Neste processo sofrem uma primeira filtração na malha instalada no topo das caleiras onde são desviados as primeiras partículas sólidas (folhas, galhos, etc.).

Foi igualmente também considerada a utilização de dispositivos de *first flush* para desvio das primeiras águas contaminadas (instalados nos tubos de queda). Após passagem pelos tubos de queda, a água é encaminhada o colectador e posteriormente ao reservatório.

3.3.6_Determinação do volume do reservatório (Método de Ripple)

Para determinação do volume do reservatório foi utilizado o Método de Ripple em ambos os Cenários.

O Método de Ripple permite-nos otimizar e regularizar a disponibilidade de água no reservatório tendo em conta a área de captação e a quantidade de precipitação que ocorre ao longo dos anos com base num histórico de precipitações. Geralmente considera dados de precipitação mensais ou diários. O método consiste no cálculo de volumes de armazenamento que assegurem a disponibilidade de água para os períodos em que não ocorra precipitação. Outra das mais-valias deste método é o facto de conseguir operar tanto em situações de consumos constantes como em situações de consumos variáveis.

CENÁRIO 1 e CENÁRIO 2:

Para determinação dos diferentes volumes do reservatório, foi utilizada, para ambos os Cenários, uma folha de cálculo de Excel na qual se introduziram os dados necessários para a aplicação do Método de Ripple (Figura 38). As necessidades médias mensais de água da empresa (coluna *E*) foram encaixadas nos respectivos meses do histórico de precipitação média mensal (coluna *B*).

A	B	C	D	E	F	G
	CAMPEÃ (06J/01UG)					
Data	Precipitação Média Mensal (mm)	Área de Captação (m ²)	Volume de águas pluvias aproveitável (Va) (m ³)	Consumo (Ca) (m ³)	Ca - Va (m ³)	Dif. Acum. dos valores positivos (m ³)
01/01/1960 00:00	308,7	2789	697,38	52,33	-645,05	0,00
01/02/1960 00:00	558,3	2789	1261,25	52,33	-1208,92	0,00
01/03/1960 00:00	490,3	2789	1107,63	53,50	-1054,13	0,00
01/04/1960 00:00	135,4	2789	305,88	53,50	-252,38	0,00
01/05/1960 00:00	160,6	2789	362,81	66,17	-296,64	0,00
01/06/1960 00:00	71,6	2789	161,75	66,17	-95,58	0,00
01/07/1960 00:00	5,9	2789	13,33	69,44	56,11	56,11
01/08/1960 00:00	80,4	2789	181,63	69,44	-112,19	0,00
01/09/1960 00:00	177,5	2789	400,99	55,33	-345,66	0,00
01/10/1960 00:00	652,1	2789	1473,15	55,33	-1417,82	0,00
01/11/1960 00:00	660,4	2789	1491,90	50,38	-1441,52	0,00
01/12/1960 00:00	408,1	2789	921,93	50,38	-871,55	0,00
01/01/1961 00:00	400,1	2789	903,86	52,33	-851,53	0,00
01/02/1961 00:00	121,4	2789	274,25	52,33	-221,92	0,00
01/03/1961 00:00	20,9	2789	47,21	53,50	6,29	6,29
01/04/1961 00:00	427,5	2789	965,76	53,50	-912,26	0,00
01/05/1961 00:00	134,9	2789	304,75	66,17	-238,58	0,00

Figura 38 - Excerto da folha de cálculo Excel, Método de Ripple

Em que:

- Coluna A Dados de precipitação em meses, SNIRH (479 meses);
- Coluna B Precipitação Média Mensal, em milímetros de precipitação;
- Coluna C Área de Captação, em metros quadrados;
- Coluna D Volume mensal de águas pluviais aproveitável (Va), ou seja afluência total de águas pluviais no sistema. Resulta do produto dos valores da coluna B, pelos da coluna C, pelo Coeficiente de escoamento de cada superfície (C) e pela Eficiência hidráulica da filtragem (η). A Eficiência hidráulica de filtragem é a relação entre a quantidade de águas pluviais filtradas que chegam ao reservatório e a quantidade de águas pluviais que chegam ao filtro. Em sistemas com filtros e manutenção regular, pode ser admitido um valor de 0,90 para a eficiência hidráulica da filtragem (ANQIP);
- Coluna E Consumo mensal de água em lavagens de automóveis (Ca), em metros cúbicos;

Coluna F Diferença entre o consumo mensal de água (C_a) e o volume mensal de águas aproveitável (V_a), em metros cúbicos

$$St = Ca - Va$$

Coluna G Soma acumulada dos valores obtidos na coluna F. A diferença acumulada máxima positiva corresponde ao volume do reservatório. O maior dos valores obtidos desta coluna dá-nos o volume do reservatório para uma eficiência de 100%

$$V = \sum St, se St > 0$$

Da observação da tabela, em cada linha, a coluna D indica-nos a quantidade de água disponível que foi acumulada durante esse mês. Por outro lado, a coluna E dá-nos a indicação das necessidades de água referentes a esse mesmo mês. O balanço é então dado pelo valor da coluna F . Quando F toma um valor negativo, há indicação de excesso de água no reservatório (há mais disponibilidade do que necessidades de água). Quando F toma um valor positivo, há a indicação de necessidade de armazenamento de água no reservatório para satisfazer as necessidades E (valor acumulado para a coluna G). Caso no mês da linha seguinte se volte a verificar um valor positivo de F , essa nova necessidade de armazenamento de água (coluna F) será acumulado ao volume de água armazenada no mês anterior (coluna G). Pela aplicação do método, o volume do reservatório corresponde à diferença positiva máxima acumulada entre o consumo de água não potável (C_a) e volume de águas pluviais aproveitável (V_a).

Os resultados para o dimensionamento do reservatório em ambos os Cenários são apresentados no capítulo seguinte (Capítulo 4).

3.3.7_Dimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais

O dimensionamento foi feito, para ambos os Cenários, de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto (DR23/95) para sistemas de drenagem de águas residuais pluviais.

Nas caleiras, o dimensionamento hidráulico foi feito de maneira a que a altura da lâmina líquida não excedesse 0,7 da altura da secção transversal da própria caleira (Art.227º (d), DR23/95). O caudal afluyente foi calculado utilizando a fórmula racional:

$$Q_c = CIA$$

Em que:

- Q Caudal de cálculo, em l/min;
- C Coeficiente de escoamento;
- I Intensidade média máxima de precipitação (para Vila Real, I=1,40l/min*m²);
- A Área de contribuição para o escoamento, em m².

Considerando uma dimensão **b** (Figura 39) como valor da base da caleira, as dimensões da mesma foram calculadas através da fórmula de Manning-Strickler:

$$Q_c = K_s * S * R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

- Qc Caudal de cálculo, em m³/s;
- Ks Rugosidade do material da conduta (PVC, Ks=120), em m^{1/3} s⁻¹;
- S Área molhada, em m²;
- i Inclinação, em m/m.
- R $\frac{\text{Área molhada}}{\text{Perímetro molhado}}$

Onde:

$$\text{Área molhada} = b * h$$

$$\text{Perímetro molhado} = b + 2 * h$$

Para caleiras rectangulares (Figura 39):

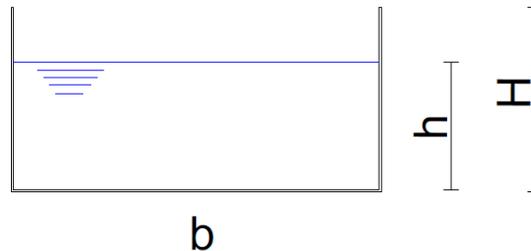


Figura 39 - Caleira, dimensões

No dimensionamento dos tubos de queda de águas residuais pluviais, deve ter-se em conta a altura da lâmina líquida (carga) acima dos mesmos (Art.231º (4b), DR23/95). O cálculo do diâmetro dos tubos de queda, além da consideração da altura da lâmina líquida (carga) acima do mesmo, tem em conta o caudal a eles afluente proveniente das caleiras. O cálculo do seu diâmetro (D) foi calculado, por exemplo, através da seguinte expressão:

$$D = \frac{Qc - 0.02638 * \beta * h^{\frac{5}{2}}}{0.02638 * \alpha * h^{\frac{3}{2}}}$$

Em que:

- Qc Caudal de cálculo, em l/min;
- h Carga no tubo de queda, em mm;
- D Diâmetro interior do tubo de queda, em metros;
- α 0,453 (se com entrada em aresta viva no tubo de queda)
- α 0,578 (se com entrada cónica no tubo de queda);
- β 0,350

O diâmetro mínimo dos tubos de queda de águas residuais pluviais é de 50mm (Art.232º, DR23/95).

Em relação ao colector, a sua implantação foi feita a 1m dos limites da propriedade (Art.136º (2), DR23/95), a uma profundidade de assentamento nunca inferior a 1m medida entre o seu extradorso e o pavimento da via pública (Art.137º (1), DR23/95) e com uma inclinação de 0,3% (Art.133º (1f), DR23/95) de maneira a assegurar uma velocidade de escoamento compreendida entre 0,9 e 5m/s (Art.133º (1b) e (1a), DR23/95). Ainda segundo o Art.155º (1a), (1b) e (1c) do DR23/96, foram instaladas câmaras de visita rectangulares na confluência de colectores, nos pontos de mudança de direcção, inclinação e de diâmetros dos colectores. Em alinhamentos rectos de colector não existem afastamentos superiores a 60m, logo, dispensou-se a instalação de qualquer câmara de visita para estas situações (colectores não visitáveis). A dimensão mínima das câmaras de visita, em planta, é de 1m pelo facto não existirem profundidades superiores a 2,5m (Art.158º (1), DR23/95).

O dimensionamento do colector é feito a secção cheia (Art.246º (2), DR23/95) e com um caudal de cálculo igual ao somatório dos caudais de cálculo provenientes dos tubos de queda (Art.245º (2), DR23/95). O caudal foi calculado utilizando a fórmula racional:

$$Q_c = CIA$$

Em que:

- Q Caudal de cálculo, em l/min;
- C Coeficiente de escoamento;
- I Intensidade média máxima de precipitação (para Vila Real, I=1,40l/min*m²);
- A Área de contribuição para o escoamento, em m².

O diâmetro do colector foi feito utilizando a fórmula de Manning-Strickler:

$$Q_c = K_s * S * R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

- Qc Caudal de cálculo, em m³/s;
- Ks Rugosidade do material da conduta (PVC, Ks=120), em m^{1/3} s⁻¹;
- S Área da secção molhada, em m²;
- R Raio hidráulico, em metros;
- i Inclinação, em m/m.

No que respeita às velocidades de escoamento de água no interior do colector, esta deve estar compreendida entre os 0,9m/s e 5m/s (Art.133º (1a) e (1b), DR23/95). A velocidade de escoamento (U) foi calculada através das seguintes expressões:

$$\frac{32 * Qc}{Ks * Dint^{\frac{8}{3}} * i^{\frac{1}{2}}} = \frac{(2x - \text{sen}(2x))^{\frac{5}{3}}}{x^{\frac{2}{3}}}$$

$$Qc = U * S \quad \text{onde} \quad S = \frac{Dint^2}{4} * (2x - \text{sen}(2x))$$

Em que:

- Qc Caudal de cálculo, em m³/s;
- Ks Rugosidade do material da conduta (PVC, Ks=120), em m^{1/3} s⁻¹;
- D Diâmetro comercial interno, em metros;
- i Inclinação, em m/m;
- x Ângulo (lâmina líquida), em radianos (Figura 40);
- U Velocidade de escoamento, em m/s.

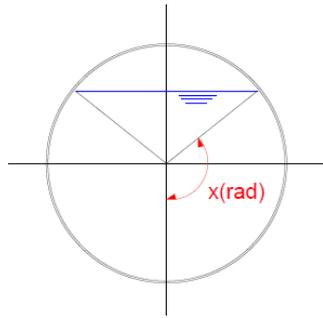


Figura 40 - Ângulo x , radianos

A rede de drenagem é constituída por caleiras, tubos de queda e colectores de PVC liso. Fazem ainda parte do sistema caixas nos extremos inferiores dos tubos de queda, de betão simples com tampa pré-fabricada de betão armado. As caixas de passagem são visitável, de alvenaria, com tampa pré-fabricada de betão armado, sobre base de betão simples.

Os resultados para o dimensionamento da rede de drenagem das águas pluviais para os dois cenários são apresentados no capítulo seguinte (Capítulo 4).

4_RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1_Volume anual de águas pluviais aproveitável vs. consumos

Condição fundamental para a possibilidade de implementação dum Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais é a de que o volume de águas aproveitável seja superior às necessidades de consumo.

CENÁRIO 1:

Do histórico de precipitações identificado na estação meteorológica da Campeã, verificou-se que, para o Cenário 1, em média, o volume anual de águas pluviais aproveitável perpez um total de 4857,71m³ conforme descrito em 3.3.3.

Por outro lado, conforme referido em 3.3.4, do histórico de consumos da estação de lavagem de automóveis, verificou-se uma necessidade média anual de água num valor de 694,31m³.

Da comparação de resultados das médias anuais de disponibilidades e de necessidades, observou-se que o volume de águas pluviais susceptíveis de serem aproveitadas anualmente é cerca de 7 vezes superiore às médias anuais de necessidades de água (Figura 41). Tal facto justifica a existência de excesso de água no reservatório (*overflow*) durante grande parte do ano, nomeadamente nos meses em que ocorre precipitação de forma regular.

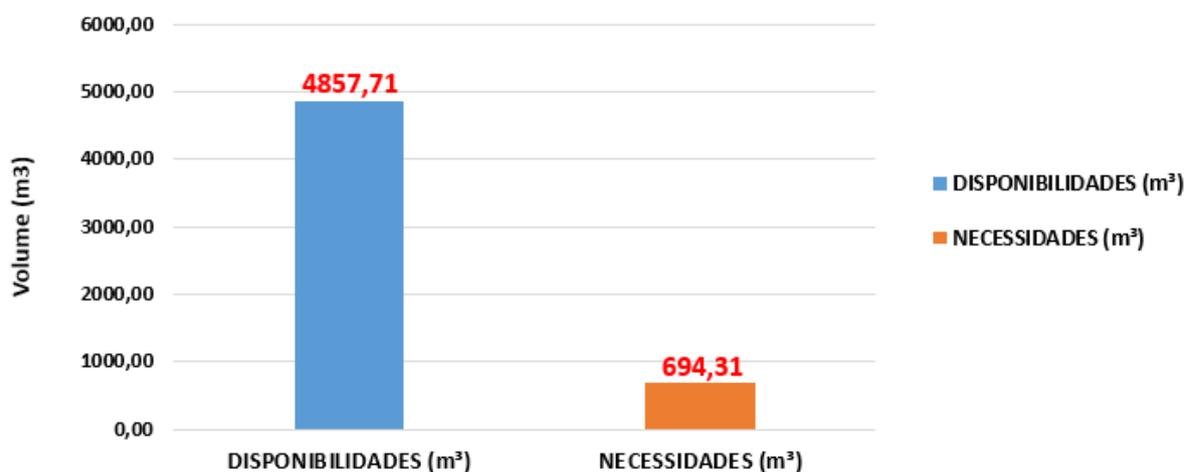


Figura 41 - Disponibilidades vs. Necessidades (Cenário 1)

CENÁRIO 2:

De igual modo, para o Cenário 2, do histórico de precipitações, em média, o volume total anual de águas pluviais aproveitável é de 2626,54m³. O histórico de consumos da empresa mantém-se, com uma necessidade média anual de água num valor de 694,31m³.

Da comparação de resultados das médias anuais de disponibilidades e de necessidades, observou-se que o volume de águas pluviais aproveitável anualmente é cerca de 3,78 vezes superiores às necessidades de água (Figura 42).

Visto se tratar duma superfície de captação de menor área em relação à do Cenário 1, este valor é obviamente menor.

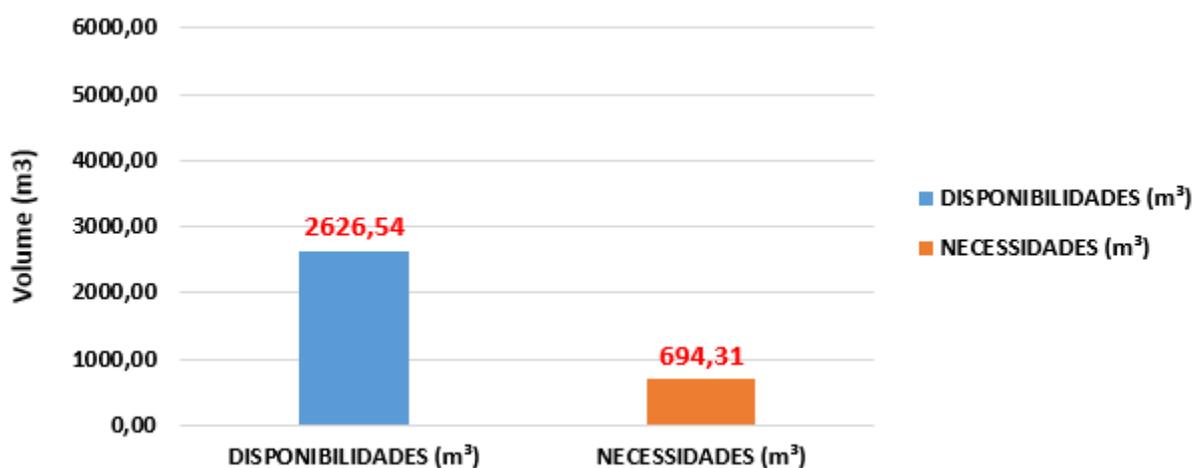


Figura 42 - Disponibilidades vs. Necessidades (Cenário 2)

4.2_Volume do reservatório (Método de Ripple)

CENÁRIO 1:

Da aplicação do Método de Ripple descrito em 3.3.6, resultou, para uma eficiência de 100%, um volume de reservatório de 147,90m³. Tal situação ocorreu durante os meses de Julho, Agosto e Setembro de 1978. Foi o período de tempo em que, sucessivamente, houve maior necessidade de acumulação prévia água para satisfação das necessidades da empresa durante esses três meses (Figura 43).

Data	Precipitação Média Mensal (mm)	Área de Captação (m ²)	Volume de águas pluvias aproveitável (Va) (m ³)	Consumo (Ca) (m ³)	Ca - Va (m ³)	Dif. Acum. dos valores positivos (m ³)
01/02/1978 00:00	0,4	2789	1432,26	52,33	-1379,93	0,00
01/03/1978 00:00	304,8	2789	688,57	53,50	-635,07	0,00
01/04/1978 00:00	265,2	2789	599,11	53,50	-545,61	0,00
01/05/1978 00:00	132,2	2789	298,65	66,17	-232,48	0,00
01/06/1978 00:00	96,9	2789	218,91	66,17	-152,74	0,00
01/07/1978 00:00	1,3	2789	2,94	69,44	66,50	66,50
01/08/1978 00:00	0	2789	0,00	69,44	69,44	135,94
01/09/1978 00:00	19,2	2789	43,37	55,33	11,96	147,90
01/10/1978 00:00	43,7	2789	98,72	55,33	-43,39	0,00
01/11/1978 00:00	48,8	2789	110,24	50,38	-59,86	0,00
01/12/1978 00:00	1020,8	2789	2306,08	50,38	-2255,70	0,00
01/01/1979 00:00	321,5	2789	726,30	52,33	-673,97	0,00
01/02/1979 00:00	814,3	2789	1839,58	52,33	-1787,25	0,00
01/03/1979 00:00	405,6	2789	916,29	53,50	-862,79	0,00
01/04/1979 00:00	305,7	2789	690,60	53,50	-637,10	0,00

Figura 43 - Período de maior necessidade de armazenamento de água (Cenário 1)

Durante estes três meses, verificou-se que, em Julho de 1978, foi aproveitado das superfícies de captação um volume de 2,94m³. Por outro lado, as necessidades de água da empresa durante esse mês foi de 69,44m³. Do balanço, resulta uma necessidade de armazenamento de água para o mês de Julho de 66,50m³ (ocorrida durante precipitações anteriores a Julho).

No mês seguinte, em Agosto, não ocorreu qualquer precipitação e houve novamente necessidades num valor de 69,44m³. Acumulando esta necessidade com a necessidade de armazenamento de Julho (66,50m³), perfaz uma necessidade volume de armazenamento de 135,94m³ para os meses de Julho e Agosto.

Em Setembro, ocorreu precipitação que possibilitou a recolha de 43,37m³ de água. As necessidades deste mês foram de 55,33m³. O balanço é então de 11,96m³ de necessidade de armazenamento para o mês de Setembro. Acumulando este valor com os 135,94m³ vindos dos meses de Julho e Agosto, chegou-se a um total de 147,90m³ de reservatório para satisfazer as necessidades de Junho, Julho e Agosto de 1978.

Verifica-se então que no início do mês de Julho há necessidade dum reservatório com capacidade de armazenamento de 147,90m³ para satisfazer as necessidades destes três meses, período de tempo em que a precipitação ocorrida menos satisfaz as necessidades da empresa. Chega-se deste modo a um volume de reservatório de 147,90m³ para uma eficiência de 100% do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial no Cenário 1 (Figura 44).

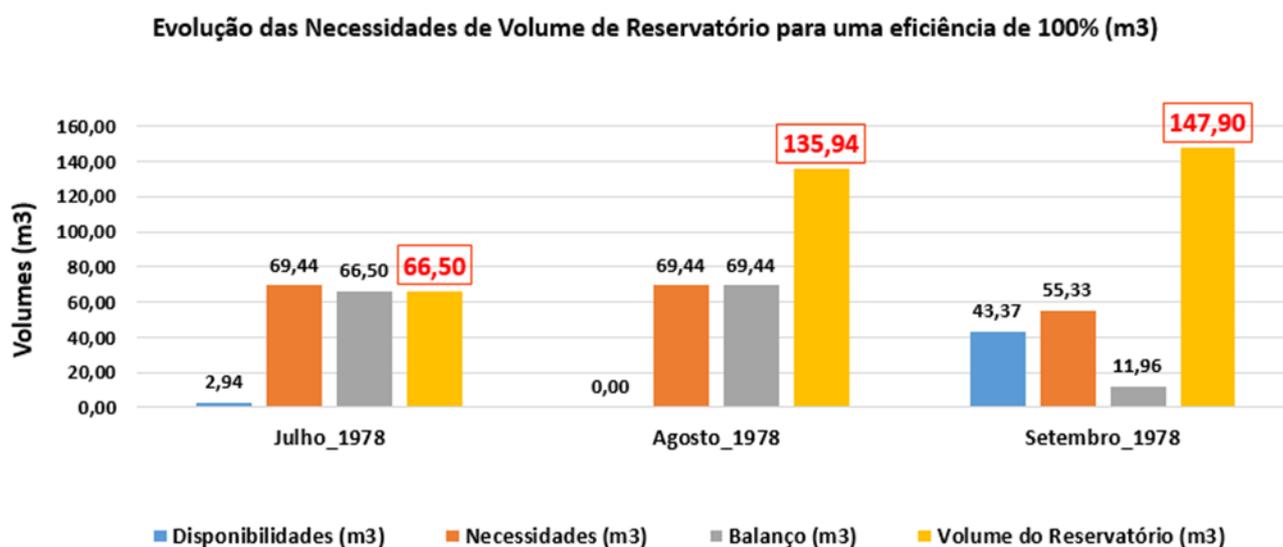


Figura 44 - Evolução dos volumes de reservatório para 100% de eficiência do SAAP (Cenário 1)

Sabe-se então que com um reservatório com 147,90m³ são satisfeitas a totalidade das necessidades da empresa em água para lavagem de automóveis. No entanto, um reservatório com capacidade de armazenamento de 147,90m³ de água poderá representar um investimento avultado no sistema de aproveitamento das águas pluviais. Deste modo, poderão existir reservatórios com volumes de armazenamento menores, de menor eficiência, mas que compensem a nível de investimento.

De maneira a não sobredimensionar o reservatório foi necessário saber se o volume calculado se tratou dum caso isolado ou se tratou dum caso recorrente. Caso se tratasse dum caso isolado, corria-se o risco do reservatório estar a ser sobredimensionado.

Para tal, elaborou-se um gráfico de frequências (Figura 45), com intervalos de 10m^3 e que permite saber o número de vezes que determinado intervalo de volumes de reservatório foi necessário para satisfazer as necessidades da empresa.

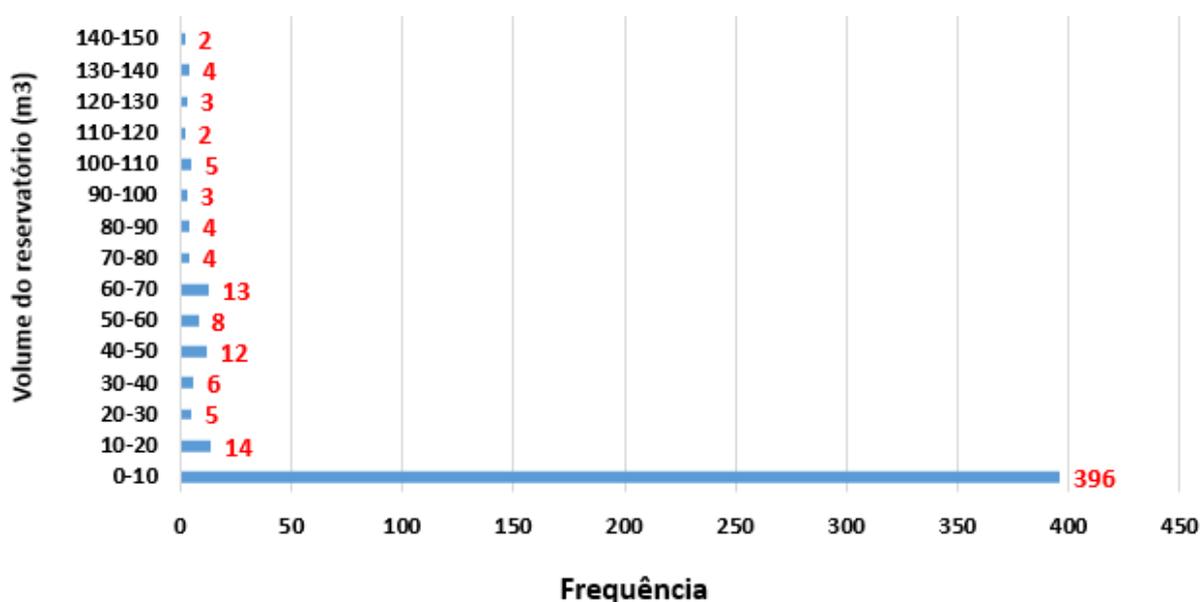


Figura 45 - Frequência de ocorrências para diferentes intervalos de volume de reservatório (Cenário 1)

Da análise do gráfico, verifica-se que apenas ocorreram duas vezes necessidades acima dos 140m^3 pelo que, a nível de investimento no reservatório, este poderá significar uma fatia demasiado grande do total do investimento. Observa-se também que existem ocorrências de volumes alternativos que satisfazem necessidades, apesar de menores, da empresa.

Da observação da Tabela 9 é identificada a percentagem de ocorrência dos vários intervalos de volumes de armazenamento. A percentagem acumulada destas ocorrências indica-nos a eficiência dos volumes de armazenamento.

Tabela 9 – Volumes de reservatório e respectiva eficiência (Cenário 1)

Volume (m3)	Nº de vezes em que foi necessário	Porcentagem	Porcentagem acumulada
0-10	396	82,33	82,33
10-20	14	2,91	85,24
20-30	5	1,04	86,28
30-40	6	1,25	87,53
40-50	12	2,49	90,02
50-60	8	1,66	91,68
60-70	13	2,70	94,39
70-80	4	0,83	95,22
80-90	4	0,83	96,05
90-100	3	0,62	96,67
100-110	5	1,04	97,71
110-120	2	0,42	98,13
120-130	3	0,62	98,75
130-140	4	0,83	99,58
140-150	2	0,42	100,00

Da observação dos resultados, verifica-se que a partir de um volume de armazenamento de aproximadamente 40m³, se obtêm eficiências bastante satisfatórias (na ordem dos 90%) do sistema de aproveitamento das águas pluviais e, conseqüentemente, com influência nos custos de investimento e respectivo tempo de retorno (Figura 46).

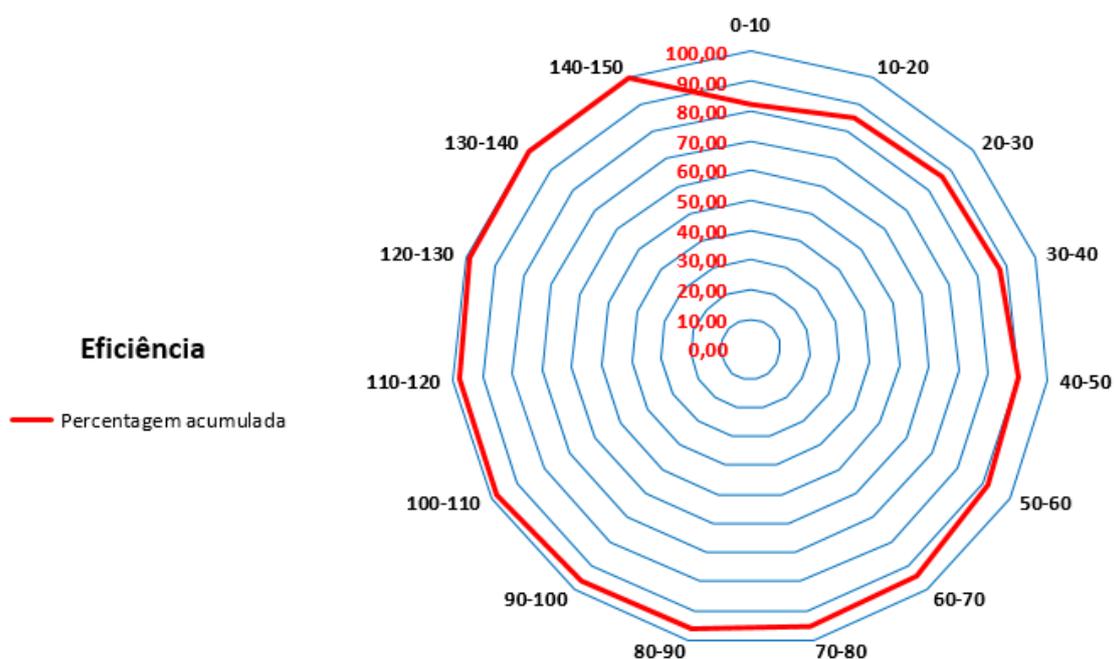


Figura 46 - Volumes de reservatório e respectiva eficiência (Cenário 1)

CENÁRIO 2:

No Cenário 2, com menor área de captação, da aplicação do Método de Ripple resultou um volume de reservatório de 183,09m³ para uma eficiência de 100% do sistema de aproveitamento das águas pluviais. Tal situação ocorreu durante os meses de Julho, Agosto, Setembro e Outubro de 2006. Foi este o período de tempo em que, sucessivamente, houve maior necessidade de acumulação água para satisfação das necessidades da empresa (Figura 47).

Data	Precipitação Média Mensal (mm)	Área de Captação (m ²)	Volume de águas pluvias aproveitável (Va) (m ³)	Consumo (Ca) (m ³)	Ca - Va (m ³)	Dif. Acum. dos valores positivos (m ³)
01/03/2006 00:00	112,1	1508	136,93	53,50	-83,43	0,00
01/04/2006 00:00	46,2	1508	56,43	53,50	-2,93	0,00
01/05/2006 00:00	104,3	1508	127,40	66,17	-61,23	0,00
01/06/2006 00:00	90,2	1508	110,18	66,17	-44,01	0,00
01/07/2006 00:00	29,1	1508	35,55	69,44	33,89	33,89
01/08/2006 00:00	21,2	1508	25,90	69,44	43,54	77,44
01/09/2006 00:00	1,5	1508	1,83	55,33	53,50	130,94
01/10/2006 00:00	2,6	1508	3,18	55,33	52,15	183,09
01/11/2006 00:00	78	1508	95,28	50,38	-44,90	0,00
01/12/2006 00:00	40,2	1508	49,10	50,38	1,28	1,28
01/01/2007 00:00	230,5	1508	281,55	52,33	-229,22	0,00
01/02/2007 00:00	109	1508	133,14	52,33	-80,81	0,00
01/03/2007 00:00	136,4	1508	166,61	53,50	-113,11	0,00

Figura 47 - Período de maior necessidade de armazenamento de água (Cenário 2)

Procedendo de forma idêntica à do Cenário 1, verificou-se que, no início do mês de Julho, havia necessidade dum reservatório com capacidade de armazenamento de 183,09m³ para satisfazer as necessidades destes quatro meses, período de tempo em que a precipitação ocorrida menos satisfaz as necessidades da empresa. Chegou-se deste modo a um volume de reservatório de 183,09m³ para uma eficiência de 100% do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial no Cenário 2 (Figura 48).

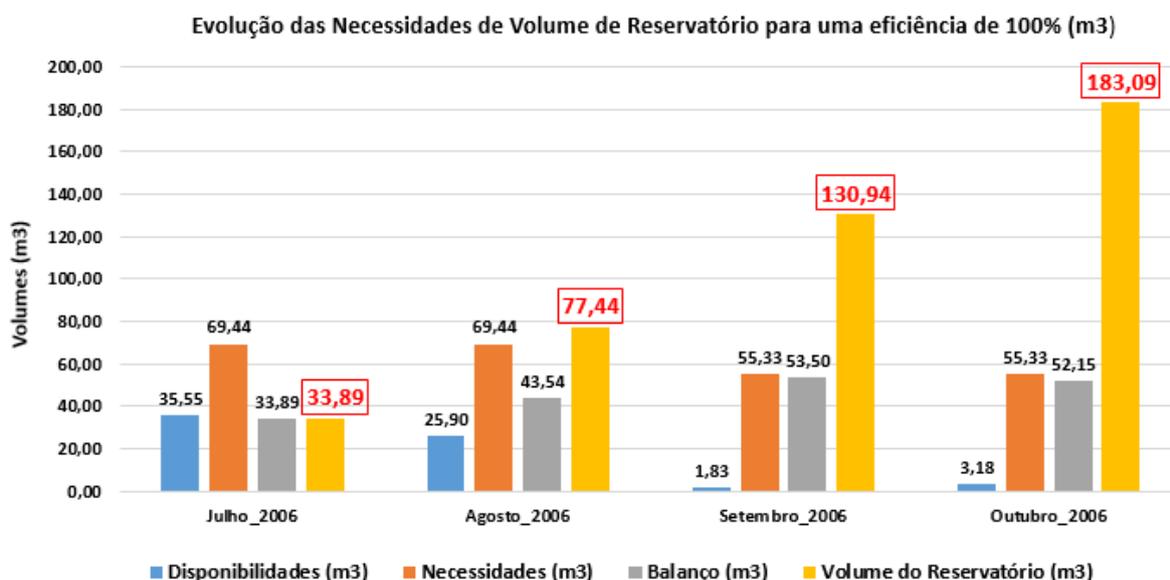


Figura 48 - Evolução dos volumes para 100% de eficiência do SAAP (Cenário 2)

Com um reservatório com 183,09m³ são satisfeitas a totalidade das necessidades da empresa. No entanto, e tal como acontece no Cenário 1, tal volume de reservatório poderá representar um investimento avultado do sistema. De maneira a não sobredimensionar o volume do reservatório, foi novamente necessário saber se o volume calculado se tratava dum caso isolado ou dum caso recorrente. Procedendo de igual forma do Cenário 1, obteve-se um gráfico de ocorrências dos acontecimentos (Figura 49).

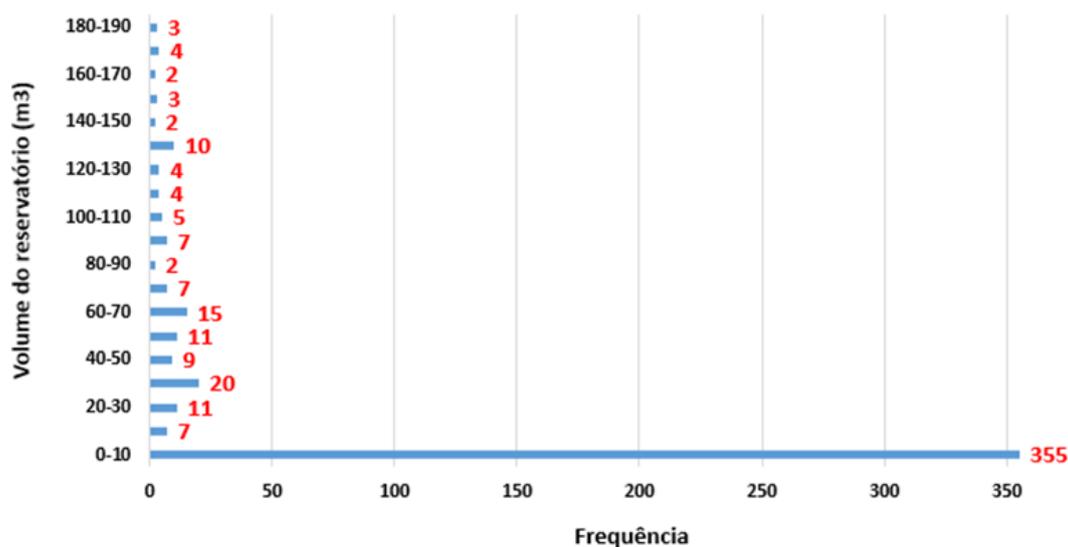


Figura 49 - Frequência de ocorrências para diferentes intervalos de volume de reservatório (Cenário 2)

Da análise do gráfico, verifica-se que apenas ocorreram três vezes a necessidades de volumes de armazenamento acima dos 180m³ pelo que, a nível de investimento no reservatório, este poderia tornar-se demasiado dispendioso. Tal como no Cenário 1, existem ocorrências de menores volumes de armazenamento que se poderão considerar um bom investimento para a empresa.

Da observação da Tabela 10 foi identificada a percentagem de ocorrência dos vários intervalos de volumes de armazenamento. A percentagem acumulada destas ocorrências indica-nos a eficiência dos volumes de armazenamento.

Tabela 10 - Volumes de reservatório e respectiva eficiência (Cenário 2)

Volume (m3)	Nº de vezes em que foi necessário	Percentagem	Percentagem acumulada
0-10	355	73,80	73,80
10-20	7	1,46	75,26
20-30	11	2,29	77,55
30-40	20	4,16	81,70
40-50	9	1,87	83,58
50-60	11	2,29	85,86
60-70	15	3,12	88,98
70-80	7	1,46	90,44
80-90	2	0,42	90,85
90-100	7	1,46	92,31
100-110	5	1,04	93,35
110-120	4	0,83	94,18
120-130	4	0,83	95,01
130-140	10	2,08	97,09
140-150	2	0,42	97,51
150-160	3	0,62	98,13
160-170	2	0,42	98,54
170-180	4	0,83	99,38
180-190	3	0,62	100,00

Da observação dos resultados para o Cenário 2, verifica-se que a partir de um volume de armazenamento de aproximadamente 70m³, se obtêm eficiências bastante satisfatórias (90%) do sistema de aproveitamento das águas pluviais e consequente influência nos custos de investimento e respectivo tempo de retorno (Figura 50).

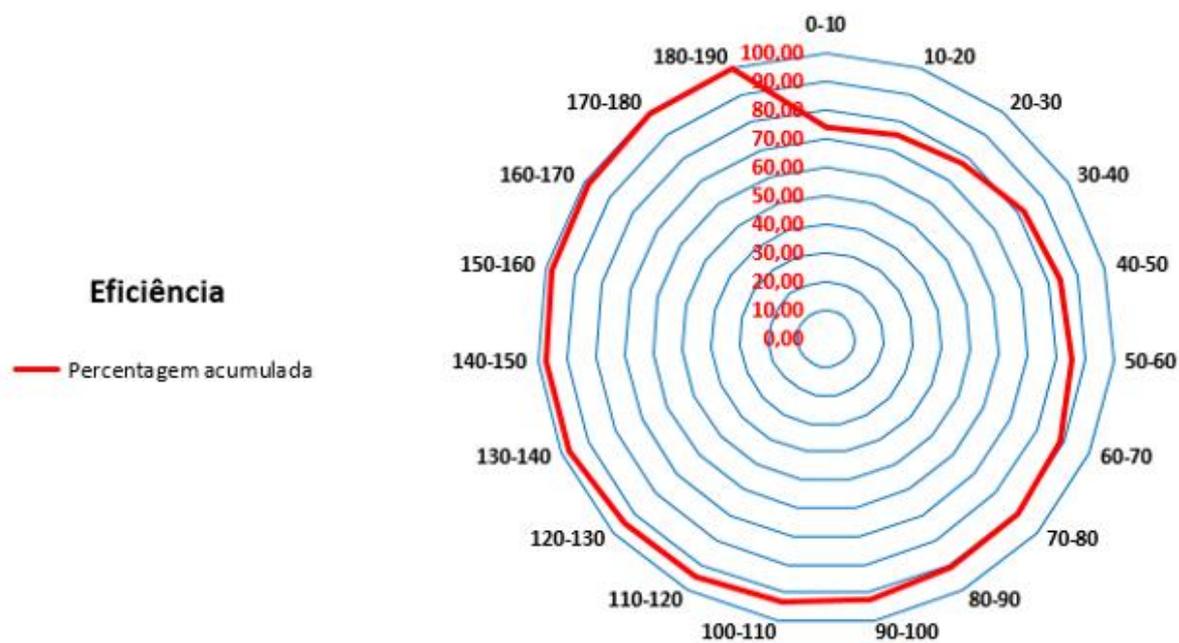


Figura 50 - Volumes de reservatório e respectiva eficiência (Cenário 2)

4.3_Sistema de bombagem

Por indicação do representante da marca do pórtico de lavagem de automóveis, um pórtico ISTOBAL, modelo 4PD2300, aquando duma deficiência ou falha na rede de abastecimento de água, esta requer um sistema de bombagem que assegure as necessidades de potência, caudal e pressão de funcionamento do pórtico. São utilizadas bombas GRUNFOS. Do contacto com o representante, foi sugerida a utilização duma *Central de bombagem Hydro Multi-S booster, produto HyMS/P 2CM05-05 3x400/50 DL, de alimentação 3 x 380-415 V/50 Hz, potência até 3,2KW, pressão máxima de funcionamento 10 bar, caudal máximo 45 m³/h, altura máxima de aspiração 10,33m e potência máxima de motor de 0,37 kW até 0,75 kW* (Figura 51).



Figura 51 - Central de bombagem *Hydro Multi-S booster*

4.4_Traçado, em planta, da Rede de Drenagem do SAAP

Conforme indicado em 3.3.7, o dimensionamento hidráulico da rede de drenagem das águas pluviais foi feito de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto (DR23/95) para sistemas de drenagem de águas residuais pluviais:

CENÁRIO 1:

Neste Cenário não foram dimensionados os elementos caleiras e tubos de queda pelo facto de já se encontrarem instalados nos blocos de apartamentos.

Para dimensionamento do colector de recolha e encaminhamento das águas pluviais para o reservatório, a rede foi dividida em troços devidamente numerados (Figura 52).

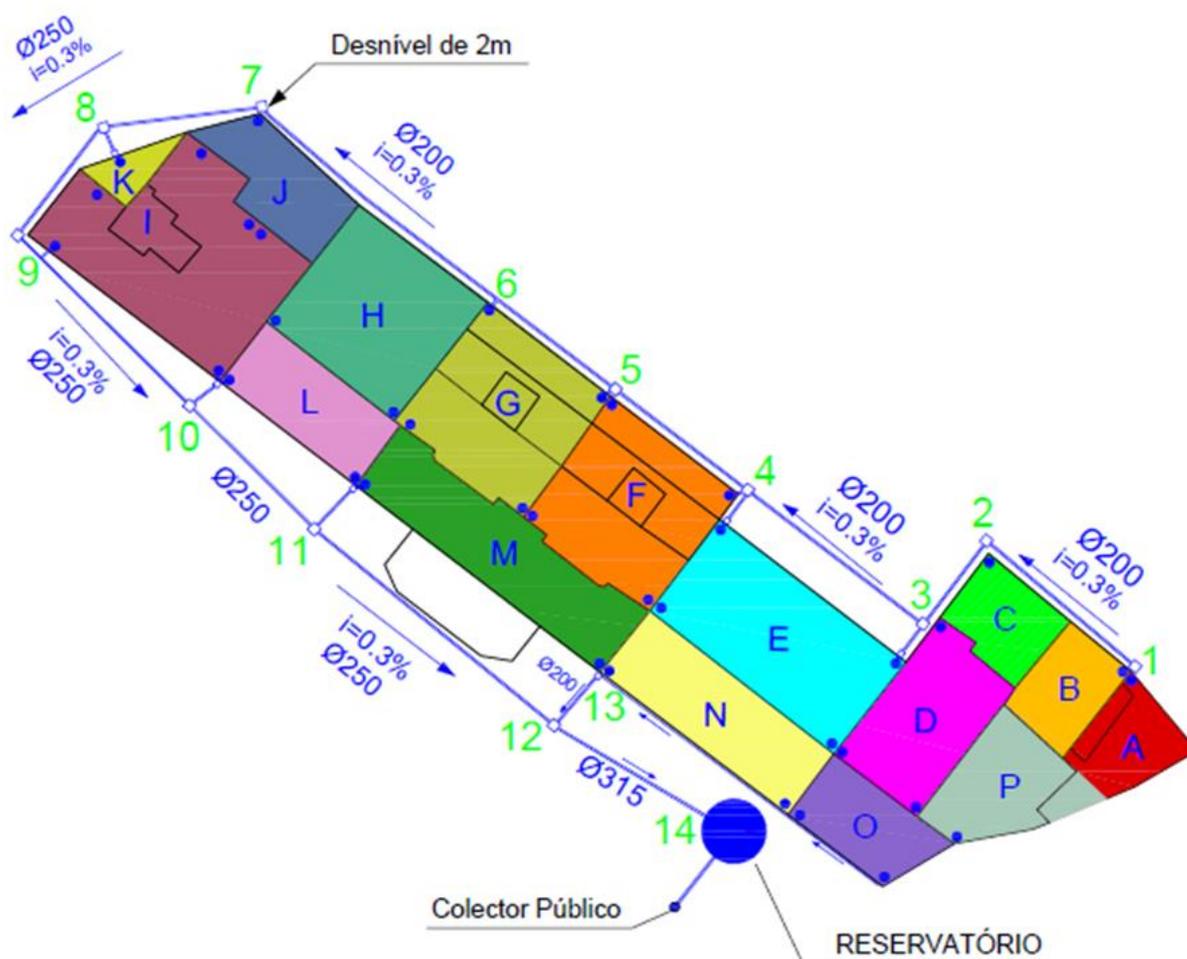


Figura 52 - Rede de drenagem das águas pluviais (Cenário 1)

Do cálculo do dimensionamento da rede de drenagem das águas pluviais (apresentado no ANEXO 2), resultaram os seguintes diâmetros comerciais para os colectores (Figura 53):

Troço	Área de captação respectiva (m ³)	Caudal (l/s)	Diâmetro de cálculo (mm)	Diâmetro comercial (mm)
1 ao 7	752,22	15,80	161	200
7 ao 10	629,00	15,80+13,21=29,01	203	250
10 ao 12	741,00	29,01+15,56=44,57	238	250
13 ao 12	665,50	13,98	154	200
12 ao 14		44,57+13,98=58,55	263	315

Figura 53 – Diâmetros comerciais do colector (Cenário 1)

O cálculo das velocidades de escoamento é apresentado no ANEXO 3.

Verifica-se que a mesma é, segundo DR23/95, cumprida em toda a extensão da rede de drenagem do Cenário 1 (Figura 54):

Troço	Caudal (l/s)	Inclinação (%)	Øcomercial (mm)	Øinterno (mm)	x (rad)	U (m/s)
1 ao 7	15,8	0,3	200	190,8	1,7336	0,91
7 ao 10	29,01	0,3	250	238,8	1,7474	1,19
10 ao 12	44,57	0,3	250	238,8	2,244	1,14
13 ao 12	13,98	0,3	200	190,8	1,6475	0,90
12 ao 14	58,55	0,3	315	300,8	1,8103	1,26

Figura 54 – Velocidades de escoamento no colector (Cenário 1)

CENÁRIO 2:

No Cenário 2, verifica-se a necessidade de dimensionamento de duas caleiras respectivas ao troço 1 – 3 e ao troço 3 – 2. Foi também necessário dimensionar os tubos de queda que transporta a água pluvial da caleira ao colector (Ponto 2). O colector é também dimensionado (troço 2 – 4) (Figura 55).

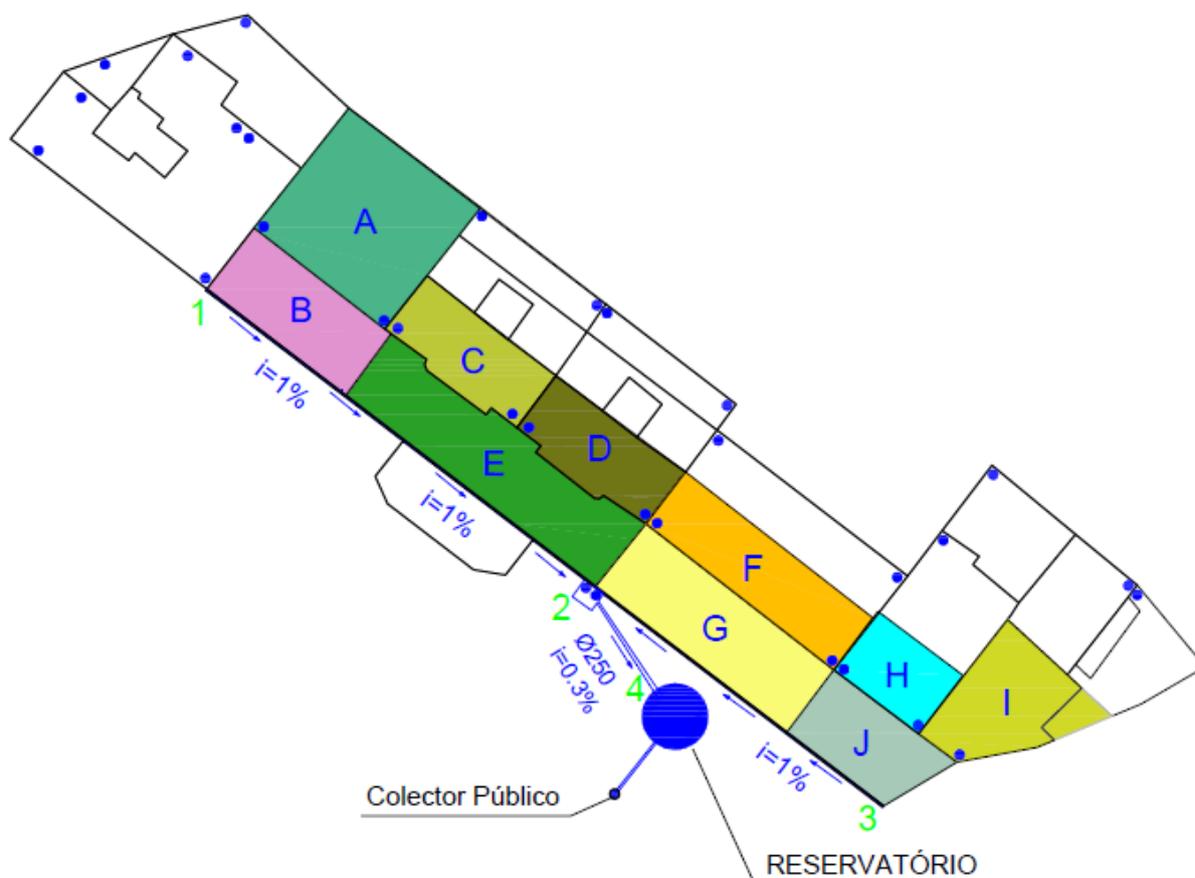


Figura 55 - Rede de drenagem das águas pluviais (Cenário 2)

O dimensionamento da rede de drenagem das águas pluviais do Cenário 2 é apresentado no ANEXO 4. Os resultados obtidos são os seguintes (Figura 56):

	Caleiras		Tubos de queda (diâmetro mm)	Colector (diâmetro mm)
	Largura b (cm)	Altura H (cm)		
Troço 1 - 2	20 cm	9,15 cm	140 mm	X
Troço 3 - 2	20 cm	7,75 cm	140 mm	X
Troço 2 - 4	X	X	X	250 mm

Figura 56 - Dimensões dos elementos da rede de drenagem (Cenário 2)

5_ANALÍSE ECONÓMICA

Neste capítulo pretendeu-se efectuar o estudo de viabilidade económica dos SAAP a aplicar em ambos os Cenários através da determinação do tempo de retorno dum possível investimento nos respectivos sistemas.

A viabilidade económica do SAAP depende de factores tais como a precipitação, a dimensão da área de captação, a complexidade do sistema de drenagem das águas pluviais, o volume do reservatório e dos preços associados à construção destes, da evolução dos preços da água de rede de abastecimento e dos consumos da empresa. É sobre estes factores que incide a presente análise.

O período de retorno pode ser obtido através da seguinte expressão (L. F. Sanches Fernandes, 2015):

$$PRI = \frac{CT}{PA}$$

Em que:

- PRI Período de Retorno do Investimento, em anos;
- CT Custo Total do SAAP, em euros (€)
- PA Poupanças Anuais da água potável, em euros (€)

5.1_Custo Total do SAAP

O SAAP é constituído por duas partes, rede de drenagem de águas pluviais e reservatório.

A presente estimativa foi realizada com recurso ao Gerador de Preços Compostos (2016) do *software* CYPE que considera, através de parcerias, os custos ajustados ao mercado praticados pelas empresas na região de Vila Real (ou qualquer outra região que se

pretenda). Os preços gerados pelo programa têm incluídos os rendimentos de mão-de-obra, materiais e equipamentos para construção de todas as tarefas afectas à obra.

A última actualização deste *software* foi realizada em Maio de 2016 pelo que se reflecte satisfatoriamente os preços actualmente praticados.

Identificou-se a localização da obra como sendo a região de Vila Real, uma boa acessibilidade à obra e uma topografia com desníveis mínimos. Considerou-se uma distância a aterro, ou operador licenciado de gestão de resíduos, para descarga de resíduos afectos à obra de 20Km.

5.1.1_ Estimativa do custo da rede de drenagem de água pluvial

CENÁRIO 1 (Figura 57):

Unidades	Descrição	Preço/unidade	Quantidade	Totais Parciais	Total Rede de Drenagem Águas Pluviais (€)
Demolições de pavimentos					
m2	Demolição de pavimento exterior de betão simples, através de retroescavadora com martelo demolidor, e carga mecânica de entulho para camião ou contentor	5,12	240	1228,8	
Escavações					
m3	Escavação de terras a céu aberto para execução de valas para instalações até uma profundidade de 2 m, em solo de argila semi-dura, com meios mecânicos, até alcançar a cota de profundidade indicada no Projecto. Inclusive transporte da maquinaria, acabamento de paramentos e base de escavação, extracção de terras para fora da escavação, remoção dos materiais escavados e carregamento em camião	19,54	240	4689,6	
Redes de drenagem horizontais					
m	Fornecimento e montagem de colector enterrado de rede horizontal de saneamento, sem caixas, com uma pendente mínima de 0,50% para a drenagem de águas pluviais, formado por tubo de PVC liso de 200 mm de diâmetro exterior. Inclusive p/p de acessórios, registos, uniões e peças especiais, juntas e lubrificante para montagem, sem incluir a escavação nem o posterior enchimento principal das valas	30,92	200	6184	
m	Fornecimento e montagem de colector enterrado de rede horizontal de saneamento, sem caixas, com uma pendente mínima de 0,50% para a drenagem de águas pluviais, formado por tubo de PVC liso de 250 mm de diâmetro exterior. Inclusive p/p de acessórios, registos, uniões e peças especiais, juntas e lubrificante para montagem, sem incluir a escavação nem o posterior enchimento principal das valas	43,59	30	1307,7	

ASC010	m	Colector enterrado de saneamento, sem caixas, através de sistema integral registável, de PVC liso, série SN-4, rigidez anelar nominal 4 kN/m ² , de 315 mm de diâmetro, com junta elástica.	61,59	35	2155,65	
ASA011	Ud	Caixa no extremo inferior do tubo de queda, de betão simples "in situ", de dimensões interiores 50x50x50 cm, com tampa pré-fabricada de betão armado.	87,57	14	1225,98	
UAA010	Ud	Caixa de passagem, visitável, de alvenaria, com tampa pré-fabricada de betão armado, sobre base de betão simples.	168,09	11	1848,99	
Sistema de Filtragem						
Valor aprox.	Ud	Dispositivo de filtragem <i>first flush</i> instalado em tubo de queda.	50	15	750	
Sistema de Bombagem						
Valor aprox.	Ud	Central de bombagem (2 bombas) Grundfos Hydro Multi-S booster, produto HyMS/P 2CM05-05 3x400/50 DL, alimentação 3 x 380-415 V/50 Hz, potência até 3,2KW, pressão máxima de funcionamento 10 bar, caudal máximo 45 m ³ /h, altura máxima de aspiração 10,33m, potência máxima de motor de 0,37 kW até 0,75 kW.	2432	1	2432	21822,72

Figura 57 – Orçamentação da rede de drenagem das águas pluviais (Cenário 1)

CENÁRIO 2 (Figura 58):

Unidades	Descrição	Preço/unidade	Quantidade	Totais Parciais	Total Rede de Drenagem Águas Pluviais (€)
Demolições de pavimentos					
m2	Demolição de pavimento exterior de betão simples, através de retroescavadora com martelo demolidor, e carga mecânica de entulho para camião ou contentor	5,12	10	51,2	
Escavações					
m3	Escavação de terras a céu aberto para execução de valas para instalações até uma profundidade de 2 m, em solo de argila semi-dura, com meios mecânicos, até alcançar a cota de profundidade indicada no Projecto. Inclusive transporte da maquinaria, acabamento de paramentos e base de escavação, extracção de terras para fora da escavação, remoção dos materiais escavados e carregamento em camião	19,54	10	195,4	
Redes de drenagem horizontais					
m	Fornecimento e montagem da caleira rectangular de PVC para recolha de águas pluviais, fixadas através de ganchos especiais de fixação ao beiral, com uma pendente mínima de 0,5%. Inclusive p/p de peças especiais, remates finais do mesmo material e peças de ligação a tubos de queda. Totalmente montada, ligada e testada	10	85	850	
m	Fornecimento e montagem de tubo de queda exterior da rede de drenagem de águas pluviais, formada por tubo de PVC, série B, de 140 mm de diâmetro e 3,3 mm de espessura. Incluindo p/p de material auxiliar para montagem e fixação à obra, acessórios e peças especiais colocadas através de união colada com adesivo. Totalmente montado, ligado e testado pela empresa instaladora através dos respectivos ensaios (incluídos neste preço)	19,48	10	194,8	

Ud	Execução de caixa no extremo inferior do tubo de queda enterrada, de betão simples sobre base de betão simples de 15 cm de espessura, formação de pente mínima de 0,50% para a drenagem de águas pluviais, com curva de PVC de 45°. Totalmente montada, ligada e testada sem incluir a escavação nem o enchimento do tardo	87,57	1	87,57	
m	Fornecimento e montagem de colector enterrado de rede horizontal de saneamento, sem caixas, com uma pente mínima de 0,50% para a drenagem de águas pluviais, formado por tubo de PVC de 250 mm de diâmetro exterior. Inclusive p/p de acessórios, registos, uniões e peças especiais, juntas e lubrificante para montagem, sem incluir a escavação	43,59	10	435,9	
Sistema de filtragem					
Ud	Fornecimento e aplicação de dispositivo de filtragem <i>first flush</i> em tubo de queda	50	1	50	
Sistema de bombagem					
Ud	Central de bombagem (2 bombas) Grundfos Hydro Multi-S booster, produto HyMS/P 2CM05-05 3x400/50 DL, alimentação 3 x 380-415 V/50 Hz, potência até 3,2KW, pressão máxima de funcionamento 10 bar, caudal máximo 45 m ³ /h, altura máxima de aspiração 10,33m, potência máxima de motor de 0,37 kW até 0,75 kW	2432	1	2432	4296,87

Figura 58 – Orçamentação da rede de drenagem das águas pluviais (Cenário 2)

5.1.2_ Estimativa do(s) custo(s) do(s) reservatório(s) de betão armado

Para determinação do preço do reservatório de armazenamento das águas pluviais foi admitido um valor de 80€/m³ para o betão armado.

Foram considerados quatro volumes de armazenamento das águas pluviais (10m³, 50m³, 80m³ e, conforme o Cenário, o volume para uma eficiência de 100%). Deste modo, foi também necessário considerar o valor da escavação para cada um destes volumes de armazenamento. Todos os reservatórios possuem paredes de 30 cm e têm forma cilíndrica. Em planta, dadas as condicionantes de espaço da zona de estudo para implementação do reservatório, considerou-se que o mesmo possui um diâmetro de 6,60 metros para todos os reservatórios.

CENÁRIO 1:

Para cálculo de volumes de betão armado dos reservatórios e de quantidade de terras e movimentar (com uma margem de 0,5m por motivos de trabalhabilidade), com auxílio duma folha de cálculo (Figura 59), foi determinado:

Volumes de Betão Armado e de Escavação para Reservatórios Cilíndricos (diâmetro em planta do reservatório=6,60m ; espessura das paredes=30cm)									
Eficiência (%)	Volume de armazenamento de água (m³)	Volume Interno (Vi)			Volume Externo (Ve)_ (Paredes 30cm)			Ve-Vi=Volume de Betão Armado (m³)	Volume de escavação (m³)
		Raio (m)	Altura (m)	Volume (m³)	Raio (m)	Altura (m)	Volume (m³)		
82,33%	10	3,00	0,35	10	3,30	0,95	32,63	22,63	43,26
90,02%	50	3,00	1,77	50	3,30	2,37	81,03	31,03	107,44
95,22%	80	3,00	2,83	80	3,30	3,43	117,33	37,33	155,57
100,00%	147,9	3,00	5,23	147,9	3,30	5,83	199,49	51,59	264,52

Figura 59 - Volumes de betão armado e escavações (Cenário 1)

Para o Cenário 1, temos:

Elementos de betão armado (80€/m³):

Elementos de betão armado, espessura 30 cm, realizada com betão C25/30 fabricado em central, e betonagem com bomba, e aço A400 NR, montagem e desmontagem do sistema de cofragem metálica com acabamento tipo industrial para revestir (Figura 60):

Volume de armazenamento de água (m³)	Eficiência (%)	Ve-Vi=Volume de Betão Armado (m³)	Preço (80€/m³)
10	82,33%	22,63	1810,18
50	90,02%	31,03	2482,18
80	95,22%	37,33	2986,18
147,9	100,00%	51,59	4126,90

Figura 60 - Preços betão armado por reservatório (Cenário 1)

Escavações (6,15€/m³):

Escavação de terras a céu aberto para execução de caves, com meios mecânicos, até alcançar a cota de profundidade indicada no Projecto. Inclusive transporte da maquinaria, formação de rampa provisória para acesso da maquinaria ao fundo da escavação e a sua posterior remoção, acabamento de paramentos e base de escavação, extracção de terras para fora da escavação, remoção dos materiais escavados e carregamento em camião (Figura 61):

Volume de armazenamento de água (m ³)	Eficiência (%)	Volume de Escavação (m ³)	Preço (6,15€/m ³)
10	82,33%	43,26	266,07
50	90,02%	107,44	660,76
80	95,22%	155,57	956,78
147,9	100,00%	264,52	1626,77

Figura 61 – Preços de escavação por reservatório (Cenário 1)

O preço total dos custos associados aos reservatórios (betão armado e escavações) para o Cenário1 é (Figura 62):

Volume de armazenamento de água (m ³)	Eficiência (%)	Preço Betão Armado	Preço Escavação	TOTAL
10	82,33%	1810,18	266,07	2076,25
50	90,02%	2482,18	660,76	3142,94
80	95,22%	2986,18	956,78	3942,96
147,9	100,00%	4126,90	1626,77	5753,67

Figura 62 – Preços total de instalação dos reservatórios (Cenário 1)

CENÁRIO 2:

Da mesma forma, em volume de betão armado e volume de escavação para o Cenário 2, temos (Figura 63):

Volumes de Betão Armado e de Escavação para Reservatórios Cilíndricos (diâmetro em planta do reservatório=6,60m ; espessura das paredes=30cm)									
Eficiência (%)	Volume de armazenamento de água (m ³)	Volume Interno (Vi)			Volume Externo (Ve)_ (Paredes 30cm)			Ve-Vi=Volume de Betão Armado (m ³)	Volume de escavação (m ³)
		Raio (m)	Altura (m)	Volume (m ³)	Raio (m)	Altura (m)	Volume (m ³)		
73,80%	10	3,00	0,35	10	3,30	0,95	32,63	22,63	43,26
83,58%	50	3,00	1,77	50	3,30	2,37	81,03	31,03	107,44
90,44%	80	3,00	2,83	80	3,30	3,43	117,33	37,33	155,57
100,00%	183,09	3,00	6,48	183,09	3,30	7,08	242,07	58,98	320,98

Figura 63 – Volumes de betão armado e escavações (Cenário 2)

Elementos de betão armado (80€/m³):

Elementos de betão armado, espessura 30 cm, realizada com betão C25/30 fabricado em central, e betonagem com bomba, e aço A400 NR, montagem e desmontagem do sistema de cofragem metálica com acabamento tipo industrial para revestir (Figura 64):

Volume de armazenamento de água (m ³)	Eficiência (%)	Ve-Vi=Volume de Betão Armado (m ³)	Preço (80€/m ³)
10	73,80%	22,63	1810,18
50	83,58%	31,03	2482,18
80	90,44%	37,33	2986,18
183,09	100,00%	58,98	4811,30

Figura 64 – Preços betão armado por reservatório (Cenário 2)

Escavações (6,15€/m³):

Escavação de terras a céu aberto para execução de caves, com meios mecânicos, até alcançar a cota de profundidade indicada no Projecto. Inclusive transporte da maquinaria, formação de rampa provisória para acesso da maquinaria ao fundo da escavação e a sua posterior remoção, acabamento de paramentos e base de escavação, extracção de terras para fora da escavação, remoção dos materiais escavados e carregamento em camião (Figura 65):

Volume de armazenamento de água (m ³)	Eficiência (%)	Volume de Escavação (m ³)	Preço (6,15€/m ³)
10	73,80%	43,26	266,07
50	83,58%	107,44	660,76
80	90,44%	155,57	956,78
183,09	100,00%	320,98	1974,01

Figura 65 – Preços de escavação por reservatório (Cenário 2)

O preço total dos custos associados aos reservatórios (betão armado e escavações) para o Cenário 2 é (Figura 66):

Volume de armazenamento de água (m ³)	Eficiência (%)	Preço Betão Armado	Preço Escavação	TOTAL
10	73,80%	1810,18	266,07	2076,25
50	83,58%	2482,18	660,76	3142,94
80	90,44%	2986,18	956,78	3942,96
183,09	100,00%	4811,30	1974,01	6785,3

Figura 66 – Preços total de instalação dos reservatórios (Cenário 2)

5.1.3_Custo total do SAAP (função do volume do reservatório e da eficiência)

Os custos totais do Sistema de Aproveitamento das Águas Pluviais (função do volume do reservatório e respectiva eficiência) resultam da soma dos custos associados à rede de drenagem das águas pluviais com os custos associados ao reservatório.

Deste modo temos, para o Cenário 1 (Figura 67):

Volume do Reservatório (m3)	Eficiência (%)	Custo da Rede de drenagem de águas pluviais (€)	Custo do reservatório de betão armado (€)	Custo total do SAAP (€)
10	82,33	21822,72	2076,25	23898,97
50	90,02	21822,72	3142,94	24965,66
80	95,22	21822,72	3942,96	25765,68
147,9	100,00	21822,72	5753,67	27576,39

Figura 67 – Custo total SAAP (Cenário 1)

Para o Cenário 2 (Figura 68):

Volume do Reservatório (m3)	Eficiência (%)	Custo da Rede de drenagem de águas pluviais (€)	Custo do reservatório de betão (€)	Custo total do SAAP (€)
10	73,80	4296,87	2076,25	6373,12
50	83,58	4296,87	3142,94	7439,81
80	90,44	4296,87	3942,96	8239,83
183,09	100,00	4296,87	6692,09	10988,96

Figura 68 – Custo total SAAP (Cenário 2)

É enorme a diferença de preços entre os dois Cenários:

No Cenário 1, o preço dos reservatórios varia aproximadamente entre 10 a 25% do preço da rede de drenagem das águas pluviais. O custo da rede de drenagem representa uma grande parte no total do custo de todo o sistema de aproveitamento das águas pluviais. Os períodos de retorno do investimento neste Cenário serão elevados.

No Cenário 2, o preço dos reservatórios encontra-se, em média, ao nível do preço da respectiva rede de drenagem das águas pluviais. Da análise da Figura 68, verifica-se que, para menores volumes de armazenamento, o custo do reservatório é menor que o custo da rede de drenagem. Para maiores volumes de armazenamento, o preço do reservatório ultrapassa o preço da rede de drenagem das águas pluviais. O tempo de retorno do investimento deste Cenário será assim menor em relação ao do Cenário 1.

5.2_ Estimativa da poupança anual de água potável proveniente da rede pública de abastecimento

Para determinação das poupanças anuais de água potável (proveniente da rede pública) que a empresa tem com a implementação do SAAP (função das eficiências dos sistemas), foi necessário identificar tanto os consumos de água da empresa, como a evolução dos preços da água ao longo do tempo de vida do pórtico de lavagem. Trata-se dum pórtico instalado no ano de 2007.

Em relação aos consumos de água da empresa (Tabela 8), verifica-se um decréscimo acentuado ao longo dos anos em que o pórtico opera (Figura 69). Tal situação poderá estar relacionada com o aparecimento de novas estações de lavagem de automóveis na cidade de Vila Real ou mesmo às dificuldades económicas que se têm verificado nos últimos anos no nosso país. Da análise do histórico de consumos, tem-se:

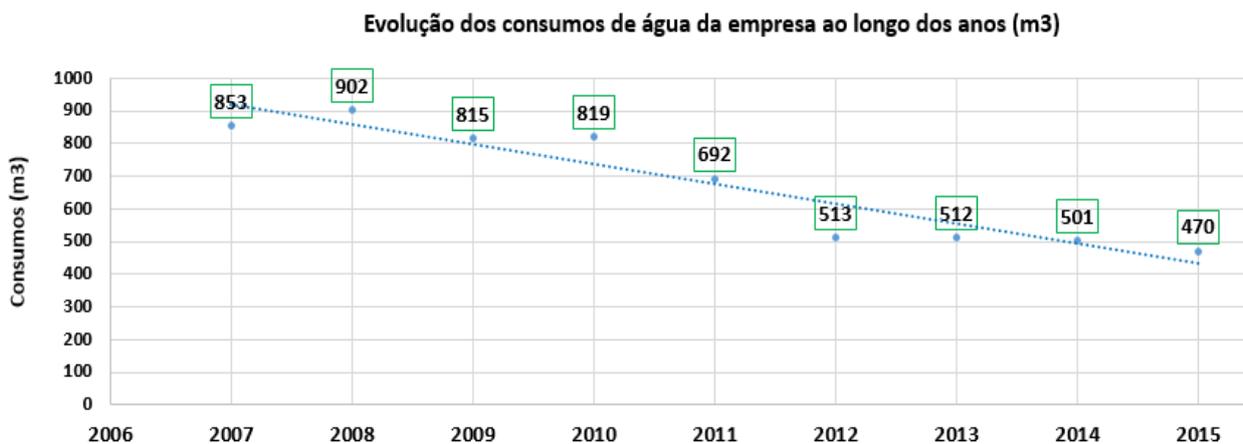


Figura 69 - Evolução dos consumos de água da empresa (m³)

Por outro lado, verifica-se, por parte da empresa responsável pela distribuição de água em Vila Real (EMAR), um aumento dos preços das tarifas (escalão único de consumos comerciais e industriais, Anexos 6 a 14) ao longo destes mesmos anos (Figura 70):

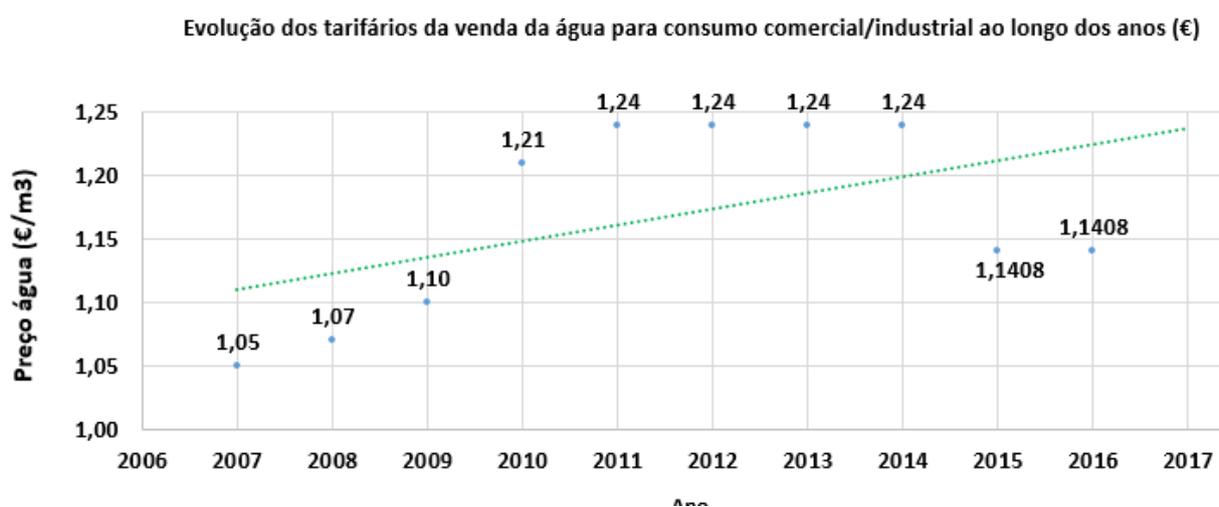


Figura 70 - Evolução das tarifas de venda de água para consumo (€)

Os valores de facturação resultam do produto da quantidade de metros cúbicos de água consumidos na empresa pelo valor da respectiva tarifa (Figura 71). Deste modo, os valores totais anuais facturados à empresa ao longo dos anos é o seguinte:

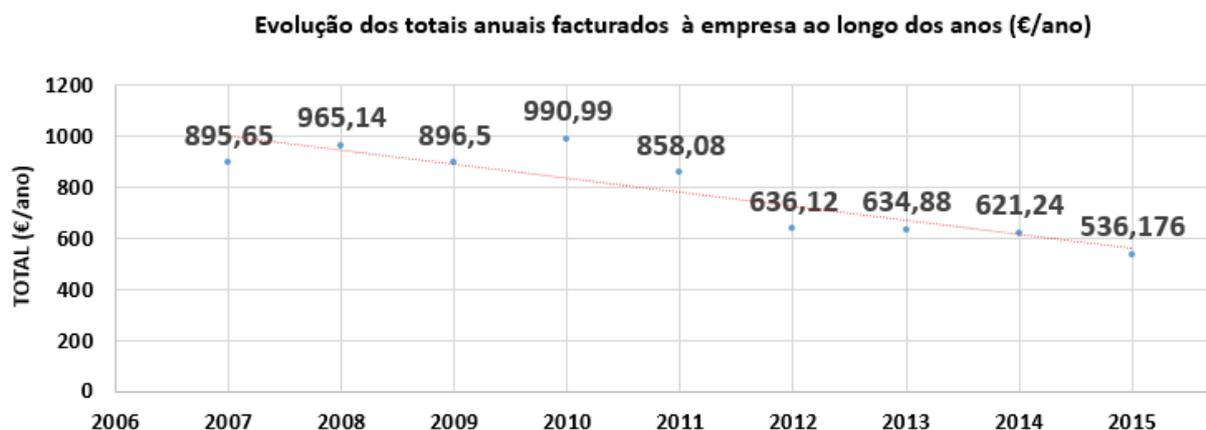


Figura 71 - Evolução dos totais anuais facturados à empresa (€/ano)

Consequência de consumos de água cada vez menores e do aumento gradual das tarifas de venda de água resulta, no final de 2015, uma facturação anual à empresa de 536,17€, a menor de sempre. Dada a impossibilidade de prever cenários futuros, este será o valor considerado para cálculo do período de retorno do investimento do sistema de aproveitamento das águas pluviais. Apesar de ser o valor que mais agrava o retorno do investimento, este é o que melhor reflecte a realidade actual da empresa.

5.3_Período de retorno

Conforme referido na introdução do presente capítulo (Capítulo 5), para o estudo de viabilidade económica do SAAP em ambos os Cenários, o período de retorno é obtido através da expressão

$$PRI = \frac{CT}{PA}$$

Em que:

- PRI Período de Retorno do Investimento, em anos;
- CT Custo Total do SAAP, em euros (€)
- PA Poupanças Anuais da água potável, em euros (€)

CENÁRIO 1:

Conforme determinado em 5.1.3, o custo total do SAAP para os volumes de armazenamento escolhidos (com respectivas eficiências) é, no Cenário 1:

Volume do Reservatório (m3)	Eficiência (%)	Custo da Rede de drenagem de águas pluviais (€)	Custo do reservatório de betão armado (€)	Custo total do SAAP (€)
10	82,33	21822,72	2076,25	23898,97
50	90,02	21822,72	3142,94	24965,66
80	95,22	21822,72	3942,96	25765,68
147,9	100,00	21822,72	5753,67	27576,39

Figura 67 – Custo total SAAP (Cenário 1)

Sendo o valor de 536,17€ (identificado em 5.2) o considerado como o total anual facturado à empresa, a poupança anual de água potável é dada pelo produto deste valor pela eficiência do volume do reservatório em causa. Para o reservatório de armazenamento de 10m³ de água, a poupança anual é:

$$536.17\text{€} * 0.8233 = 441.43\text{€}$$

O tempo de retorno para este reservatório com capacidade de armazenamento de 10m³ de água é:

$$PRI = \frac{CT}{PA} = \frac{23898.97}{441.43} = 54.1 \text{ anos}$$

Em que:

PRI Período de Retorno do Investimento, em anos;

CT Custo Total do SAAP, em euros (€)

PA Poupanças Anuais da água potável, em euros (€)

Procedendo de forma idêntica para os restantes volumes de reservatórios temos, para o Cenário 1, os seguintes tempos de retorno (Figura 72):

Volume do Reservatório (m3)	Eficiência (%)	Custo da Rede de drenagem de águas pluviais (€)	Custo do reservatório de betão armado (€)	Custo total do SAAP (€)	Totais anuais facturados à empresa (€/ano)	Poupança de água anual (€/ano)	Tempo de retorno do investimento (anos)
10	82,33	21822,72	2076,25	23898,97	536,176	441,43	54,1
50	90,02	21822,72	3142,94	24965,66	536,176	482,67	51,7
80	95,22	21822,72	3942,96	25765,68	536,176	510,55	50,5
147,9	100,00	21822,72	5753,67	27576,39	536,176	536,18	51,4

Figura 72 - Tempo de retorno do investimento, em anos (Cenário 1)

Poderá estranhar-se o facto de, numa forma geral, o tempo de retorno reduzir à medida que temos maiores volumes de armazenamento. Tal situação é justificável com o facto da maior parte do investimento residir na rede de drenagem das águas pluviais, investimento comum para todos os volumes de armazenamento e com um valor de 21822,72€.

Com reservatórios de menor volume de armazenamento (mais baratos) temos uma menor eficiência, logo, há necessidade de maior utilização de água da rede pública. As poupanças de água potável ao fim do ano são menores. A longo prazo, em relação aos reservatórios de maior volume, acabam por ter um tempo de retorno maior.

Nos reservatórios com maior volume de armazenamento (mais caros mas com maior eficiência), as poupanças de água da rede pública de abastecimento são maiores ao fim do ano. A longo prazo acabam por ter um retorno do investimento menor.

CENÁRIO 2:

Para o Cenário 2, custo total do SAAP para os volumes de armazenamento escolhidos (com respectivas eficiências) é:

Volume do Reservatório (m3)	Eficiência (%)	Custo da Rede de drenagem de águas pluviais (€)	Custo do reservatório de betão (€)	Custo total do SAAP (€)
10	73,80	4296,87	2076,25	6373,12
50	83,58	4296,87	3142,94	7439,81
80	90,44	4296,87	3942,96	8239,83
183,09	100,00	4296,87	6692,09	10988,96

Figura 68 – Custo total SAAP (Cenário 2)

Sendo novamente o valor de 536,17€ como o considerado como o total anual facturado à empresa, a poupança anual de água potável é novamente dada pelo produto

deste valor pela eficiência do volume do reservatório em causa. Para o reservatório de armazenamento de 10m³ de água, a poupança anual é:

$$536.17\text{€} * 0.7380 = 395.69\text{€}$$

O tempo de retorno para este reservatório com capacidade de armazenamento de 10m³ de água é:

$$PRI = \frac{CT}{PA} = \frac{6373.12}{395.69} = 16.1 \text{ anos}$$

Em que:

PRI Período de Retorno do Investimento, em anos;

CT Custo Total do SAAP, em euros (€)

PA Poupanças Anuais da água potável, em euros (€)

Procedendo de forma idêntica para os restantes volumes de reservatórios temos, para o Cenário 2, os seguintes tempos de retorno (Figura 73):

Volume do Reservatório (m3)	Eficiência (%)	Custo da Rede de drenagem de águas pluviais (€)	Custo do reservatório de betão (€)	Custo total do SAAP (€)	Totais anuais facturados à empresa (€/ano)	Poupança de água anual (€/ano)	Tempo de retorno do investimento (anos)
10	73,80	4296,87	2076,25	6373,12	536,176	395,70	16,1
50	83,58	4296,87	3142,94	7439,81	536,176	448,14	16,6
80	90,44	4296,87	3942,96	8239,83	536,176	484,92	17,0
183,09	100,00	4296,87	6692,09	10988,96	536,176	536,18	20,5

Figura 73 - Tempo de retorno do investimento, em anos (Cenário 2)

Neste Cenário verifica-se um aumento do tempo de retorno à medida que temos maiores volumes de armazenamento, situação contrária à do Cenário 1. Contrariamente ao Cenário 1, o Cenário 2 apresenta custos na rede de drenagem das águas pluviais

significativamente menores, razão pela qual o tempo de retorno aumenta à medida que temos maiores volumes de armazenamento de água pluvial.

6_CONCLUSÕES

A água é um bem precioso presente nas mais diversas actividades do nosso dia-a-dia. Desde a sua utilização nas nossas casas até à produção agrícola e industrial, directa ou indirectamente, está presente em tudo o que nos rodeia. Aliado a este facto, dado o crescente aumento populacional e conseqüente consumo de água, verifica-se actualmente um uso pouco racional e sustentável deste precioso bem. A utilização de água potável proveniente das redes públicas de abastecimento, com custos de captação, armazenamento, tratamento e distribuição, pode ser dispensada em actividades onde não exista necessidade de utilização de água potável. Exemplos são os casos de estações de lavagem de automóveis, utilização em instalações sanitárias, rega de jardins, lavagem de pavimentos, entre outras. A par desta situação, o aproveitamento das águas pluviais permite o seu desvio das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), nem sempre preparadas para receber tamanha afluência de caudais. Já nas ETAR's, estas águas, pouco contaminadas, sofrem o mesmo tratamento das águas residuais domésticas, águas estas contaminadas e sem qualquer possibilidade de reutilização. A utilização das águas pluviais pode também contribuir para a redução de situações de cheias a que por vezes se assiste e com conseqüências dramáticas.

Os Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais constituem deste modo uma possibilidade de utilização da água numa forma sustentável e racional. Assiste-se actualmente, um pouco por todo o mundo, ao aproveitamento de águas pluviais em países onde não existem quaisquer problemas de disponibilidade de água e em países onde o aproveitamento das águas pluviais é obrigatório. Em Portugal, o aproveitamento da água da chuva é já uma realidade, apesar de se tratarem de casos pontuais. No nosso país não existe qualquer legislação referente a esta temática. De destacar o esforço desenvolvido pela ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais) que desenvolveu especificações técnicas no sentido da utilização das águas pluviais.

O objetivo geral do trabalho foi o de avaliar a viabilidade do aproveitamento de água da chuva para uso numa estação de lavagem de automóveis na cidade de Vila Real, um fim não potável. Pretendeu-se, deste modo, fazer a avaliação das potencialidades práticas e económicas da implementação destes sistemas através dum caso prático de estudo. A metodologia consistiu na recolha de dados de precipitação, na determinação das áreas de

captação e volumes de água aproveitável, na identificação dos consumos da estação de lavagem de automóveis e no dimensionamento dos reservatórios através do Método de Ripple.

A primeira conclusão do trabalho foi a do enorme potencial a nível de disponibilidades hídricas na região de Vila Real para implementação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais. Segundo dados do SNIRH (Sistema de Nacional Informação de Recursos Hídricos), a precipitação média anual na região é de 2124 mm de precipitação. Foram apresentados dois Cenários de estudo, o Cenário 1 com uma área de captação de 2789m² e o Cenário 2 com uma área de captação de 1508m². Associado a estes valores, o Cenário 1 apresentou um potencial de aproveitamento anual de água de 4857,71m³ e o Cenário 2, com menor área de captação, 2626,54m³. As necessidades médias anuais da empresa apresentaram-se de 694,31m³, bastante inferiores às disponibilidades de água pluvial captada em ambos os Cenários.

Da aplicação do Método de Ripple, resultaram, para ambos os Cenários, diferentes volumes de reservatórios (e respectivas eficiências). Foram considerados os mesmos volumes de armazenamento de água para ambos os casos. Apenas o volume para uma eficiência de 100% distinguia os dois Cenários.

Para uma eficiência de 100%, o Cenário 1 apresentou um volume de armazenamento de 147,90m³ e, para o Cenário 2, um volume de 183,09m³.

Do estudo de viabilidade económica dos sistemas, para cada um dos Cenários, obtiveram-se resultados bastante diferentes. Foram considerados consumos idênticos de água em ambos os casos de estudo. Apenas diferiam entre si na área de captação e no traçado da rede de drenagem das águas pluviais. Verificou-se que a dimensão da rede de drenagem das águas pluviais e os custos a ela associados faziam com que o tempo de retorno dos dois Cenários fosse bastante diferente.

No Cenário 1, a rede de drenagem das águas pluviais apresentou um valor de 21822,72€, e o valor dos reservatórios variou entre os 2076,25€ e os 5753,67€. O período de retorno neste caso rondou os 52 anos.

No Cenário 2, a rede de drenagem das águas pluviais apresentou um valor de 4296,87€, e o valor dos reservatórios variou entre os 2076,67€ e os 6692,09€. O período de retorno deste cenário compreendeu-se entre os 16,1 e os 20,5 anos, valores bastante mais satisfatórios em relação ao Cenário 1.

Dado o baixo preço das tarifas de água proveniente das redes públicas de abastecimento, as possibilidades de retorno em sistemas de aproveitamento de águas pluviais dependem em muito da complexidade dos mesmos.

7_TRABALHOS FUTUROS

Tendo em conta o trabalho desenvolvido, considera-se que devem ser alvo de futuro desenvolvimento os seguintes temas:

- Estudar a implementação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em actividades que necessitem de grandes volumes de água (usos industriais ou agrícolas, por exemplo);

- Estudar a implementação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em fins potáveis;

- Estudar o impacto provocado nas ETAR (Estações de Tratamento de Águas Residuais) dum possível aproveitamento das águas pluviais a nível municipal;

- Estudar o impacto que o aproveitamento das águas pluviais possa ter em zonas propícias a ocorrência de cheias;

- Reflectir e estudar sobre a realidade de ocorrência de precipitação nas regiões pluviométricas afectas ao Art.128 (4) – Anexo IX, do Decreto Regulamentar de 23 de Agosto de 1995

Referências Bibliográficas

ANQIP, 2009. ETA 0701 e ETA 0702, Especificação técnica ANQIP. Disponível em <http://www.anqip.com/index.php/pt/comissoes-tecnicas/93-comissao-tecnica-0701>. Consultado a 20 de Janeiro de 2016.

Ambientebrasil, 2016. Legislação e Normatização do Reúso da Água. Disponível em http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/uso_e_reuso_da_agua/legislacao_e_normatizacao_do_reuso_da_agua.html. Consultado a 21 de Janeiro de 2016.

Baptista, Pedro, 2014. *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais para Utilizações Domésticas*. Dissertação de Mestrado para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Disponível em <https://repositorio.utad.pt/handle/10348/5129>. Consultado a 27 de Fevereiro de 2016.

Barton, A. B., Argue, J. R., 2009. *Water Science & Technology, Integrated urban water management for residential areas: a reuse model*, Vol. 60 Issue 3, p813-823. Disponível em <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?sid=a2573a70-4e86-4b84-b75b-4e6a4941a22b%40sessionmgr115&vid=0&hid=109&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRI&preview=false#AN=43798671&db=a9h>. Consultado a 10 de Fevereiro de 2016.

Bertolo, E., et al. 2008. Cursos sobre SAAP. Disponível em <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/20Vitor.pdf>. Consultado a 19 de Janeiro de 2016.

BSI Group, 2009. Guide to Rainwater Harvesting British Standard BS 8515 Launched. Disponível em <http://www.landlordzone.co.uk/news/guide-to-rainwater-harvesting-british-standard-bs-8515-launched>. Consultado a 21 de Janeiro de 2016.

Butlletí Oficial de la Província de Barcelona, 2008. Disponível em http://www.santcugat.cat/files/651-91-fitxer/Ordenanca_EstalviAigua_2008.pdf. Consultado a 21 de Janeiro de 2016.

Decreto Regulamentar n.º23/95, de 23 de Agosto. Disponível em https://www.oet.pt/downloads/Decl/DL/DR23_95.PDF.

DIN 1989, 2001. Planning, instalation, operation and maintenance. Disponível em <http://www.ecoaqua.pt/sbo/files/DIN1989.pdf>. Consultado a 21 de Janeiro de 2016.

Domènech et al., 2011. Journal of Cleaner Production, ELSEVIER, *Degrowth initiatives in the urban water sector? A social multi-criteria evaluation of non-conventional water alternatives in Metropolitan Barcelona*. Disponível em http://degrowth.org/wp-content/uploads/2011/05/Domenech_Degrowth-and-water-sector.pdf. Consultado a 21 de Janeiro de 2016.

DOG, 2008. Diário Oficial da Galiza. Disponível em http://www.xunta.es/dog/Publicados/2008/20080117/Anuncio3B8E_es.html. Consultado a 20 de Janeiro de 2016.

Ecocasa, 2011. *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais – Uso eficiente da Água*. Disponível em http://www.ecocasa.pt/userfiles/file/documentacao/seminario%202011/Vitor_Simoas_Ecoagua.pdf. Consultado a 17 de Janeiro de 2016.

Ecodepur. Disponível em <http://www.ecodepur.pt/pt/153/reservatorios-aereos-ecodepurrr-ra>. Consultado a 27 de Janeiro de 2016.

HarvesH2o, 2016. RAINWATER AND WATER CONSERVATION INCENTIVES. Disponível em <http://www.harvesth2o.com/incentives.shtml>. Consultado a 21 de Janeiro de 2016.

Hills, S., 2001. Water Science and Technology, *Water recycling at the Millennium Dome*. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11436793>. Consultado a 19 de Janeiro de 2016.

Li et al., 2010. Desanination, Elsevier, *Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland*. Disponível em <http://arrow.dit.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1021&context=engschmecart>. Consultado a 22 de Janeiro de 2016.

L.F. Sanches Fernandes, Daniela P. S. Terêncio, Fernando A. L. Pacheco, 2015. Science of the Total Environment, *Rainwater harvesting systems for low demanding applications*. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715301200>. Consultado a 15 de Janeiro de 2016.

LN Águas, Sistemas de Bombagem LDA. Portfólio, Sistemas de Aproveitamento da Água da Chuva. Disponível em <http://www.lnaguas.pt/>. Consultado a 15 de Janeiro de 2016.

Machado, Tiago, 2012. *Simulação do Aproveitamento da Água da Chuva*. Disponível em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/29691/1/Tiago%20Machado.pdf>. Consultado a 16 de Janeiro de 2016.

Melo, Fátima, 2012. *Análise de Sustentabilidade de Técnica de Sistemas de Recolha de Águas Pluviais em Grandes Estruturas*. Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Construção. Disponível em <http://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/3955>. Consultado a 27 de Janeiro de 2016.

Melo, Filipe, 2014. *Aproveitamento de Águas Pluviais para Rega*. Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de Especialização de Hidráulica. Disponível em <http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4355/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Consultado a 31 de Janeiro de 2016.

Neves, M., Bertolo, E., Rossa, R., 2006. Aproveitamento e reutilização da água para usos domésticos. 1as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Disponível em https://paginas.fe.up.pt/~shrha/publicacoes/pdf/JHRHA_1as/RevistaHRHA6_Aproveitamento_Reutilizacao_VERFINAL.pdf. Consultado a 19 de Janeiro de 2016.

Oliveira, Fedra, 2008. *Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação da viabilidade*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, 2008. Disponível em <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137852291/dissertacao.pdf>. Consultado a 21 de Janeiro de 2016.

PNUEA, 2012 - Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. Disponível em http://www.apambiente.pt/zdata/consulta_publica/2012/pnuea/implementacao-pnuea_2012-2020_junho.pdf. Consultado a 21 de Janeiro de 2016.

Rainwaterharvesting.com, 2016. INTERNATIONAL WATER-HARVESTING AND RELATED FINANCIAL INCENTIVES. Disponível em http://www.rainwaterharvesting.org/policy/legislation_international.htm. Consultado a 21 de Janeiro de 2016.

Rainwater Harvesting Association of Austrália, 2015. Disponível em <http://www.rainwaterharvesting.org.au/index.php>. Consultado a 21 de Janeiro de 2016.

Rodrigues, José, 2010. *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais - Dimensionamento e Aspectos Construtivos*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Hidráulica (FEUP). Disponível em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59906/1/000143449.pdf>. Consultado a 30 de Janeiro de 2016.

Sacadura, 2011. *Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios*. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil – Perfil de Construção. Disponível em http://run.unl.pt/bitstream/10362/6153/1/Sacadura_2011.pdf. Consultado a 20 de Janeiro de 2016.

Sanches Fernandes, L. F., 2015. *SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO DE ÁGUA A EDIFÍCIOS*, Elementos de apoio à Unidade Curricular de Instalações em Edifícios do Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD).

Shahidian, S. et al., 2014. *O desafio dos recursos hídricos em Cabo Verde*. Disponível em <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/12489/1/Os%20recursos%20hidricos%20em%20Cabo%20Verde.pdf>. Consultado a 30 de Janeiro de 2016.

Silva, Tatiana, 2012. *Estudo de viabilidade técnico-económica do aproveitamento das águas em sistemas prediais* - Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Perfil de Construção. Disponível em http://run.unl.pt/bitstream/10362/9628/1/Silva_2012.pdf. Consultado a 16 de Janeiro de 2016.

SNIRH, 2016. Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Disponível em <http://snirh.pt/>. Consultado a 2 de Março de 2016.

The United Nations World Water Development Report, 2015. Disponível em <http://www.unesco.org/new/en/loginarea/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world/>. Consultado a 21 de Janeiro de 2016.

Tomaz, P., 2007. *Água de chuva: Pesquisas, Políticas e Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em http://abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf. Consultado a 22 de Janeiro de 2016.

Tomaz, P., 2009. *Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis*, Capítulo 0-Introdução. Disponível em <http://docplayer.com.br/1223588-Aproveitamento-de-agua-de-chuva-em-areas-urbanas-para-fins-nao-potaveis.html>. Consultado a 22 de Janeiro de 2016.

Tomaz, P., 2011. *Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis*, Capítulo 1-Conceito de aproveitamento de água de chuva. Disponível em <http://docplayer.com.br/17266232-Capitulo-1-conceito-de-aproveitamento-de-agua-de-chuva.html>. Consultado a 11 de Outubro de 2016.

TSCD, The City of San Diego. *Water, A Branch of Public Utilitie - Rainwater Harvesting Information*. Disponível em <http://www.sandiego.gov/water/conservation/rainwater.shtml>. Consultado a 27 de Janeiro de 2016.

TWDB, 2005. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Disponível em http://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf. Consultado a 26 de Janeiro de 2016.

UNEP, United Nations Environment Programme. Division of Technology, Industry and Economics - Newsletter and Technical Publications - *Rainwater Harvesting And Utilisation*. Disponível em <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/9.asp>. Consultado a 23 de Janeiro de 2016.

Zaizen, M. et al., 1999. Urban Water, Elsevier, *The collection of rainwater from dome stadiums in Japan*. (1999) 355-359.

Sítios de internet

Ecocasa:

http://www.ecocasa.pt/userfiles/file/documentacao/seminario%202011/Vitor_Simoes_Ecoagua.pdf. Consultado a 17 de Janeiro de 2016.

Ecodepur: <http://www.ecodepur.pt/pt/153/reservatorios-aereos-ecodepurrr-ra>. Consultado a 27 de Janeiro de 2016.

Friburgo Filtros. http://www.friburgofiltros.com.br/coleta_agua_chuva.html. Consultado a 27 de Janeiro de 2016.

Google Maps. <https://maps.google.pt/>.

LN Águas, Sistemas de Bombagem LDA. Portfólio, Sistemas de Aproveitamento da Água da Chuva. Disponível em <http://www.lnaguas.pt/>. Consultado a 15 de Janeiro de 2016.

Rain Harvesting - First-flush Downpipe Water Diverter: http://rainharvesting.com.au/wp-content/uploads/2014/01/Product_Spec_First_Flush_90mm100mm.pdf. Consultado a 20 de Setembro de 2016.

Wikipedia. <https://pt.wikipedia.org>

Legislação e Especificações técnicas

Decreto-Lei n.º 23/95, de 23 de Agosto, Diário da República – I Série – B, n.º 194.

Disponível em https://www.oet.pt/downloads/Decl/DL/DR23_95.PDF.

DECRETO 262/2007, de 20 de diciembre, *Normas de Habitação – Governo da Galiza*.

Disponível em http://www.xunta.es/dog/Publicados/2008/20080117/Anuncio3B8E_es.html.

Consultado a 20 de Janeiro de 2016.

DIN 1989, 2001. Disponível em <http://www.ecoagua.pt/sbo/files/DIN1989.pdf>. Consultado a

21 de Janeiro de 2016.

ETA 0701 – *Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP)*.

Especificação técnica ANQIP. Versão 4. Disponível em

<http://www.anqip.com/images/stories/comissoes/0701/ETA0701.pdf> .

ETA 0702 – *Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP)*.

Especificação técnica ANQIP. Versão 4. Disponível em

http://www.anqip.com/images/stories/ETA_0702.pdf .

Lei Nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo.

Disponível em <http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=69472>. Consultado a 21 de Janeiro de

2016.

Anexos

ANEXO 1 – Relatório de parâmetros de precipitação

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS
Relatório do parâmetro Precipitação
mensal (mm) em CAMPEÃ (06J/01UG)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	N. Valores	Min.	Máx.
1959/60	216.1	407.1	947.4	268.7	558.3	490.3	135.4	160.6	71.6	5.9	80.4	177.5	12	5.9	947.4
1960/61	652.1	660.4	408.1	400.1	121.4	20.9	427.5	134.9	72.6	50.3	8.3	37.5	12	8.3	660.4
1961/62	251.4	268.4	641.6	391.8	62.5	552.6	214.9	62.7	22.7	29.7	2.1	71.7	12	2.1	641.6
1962/63	82.4	136.7	122.3	428.2	651.0	470.2	237.1	59.3	147.1	8.6	8.9	48.5	12	8.6	651.0
1963/64	113.6	861.2	328.0	24.9	479.5	478.4	135.7	24.4	158.8	49.0	15.6	52.0	12	15.6	861.2
1964/65	250.9	22.2	168.0	454.8	101.9	469.9	27.9	48.4	45.7	9.9	8.9	299.2	12	8.9	469.9
1965/66	172.7	568.7	488.9	760.9	827.5	4.7	507.3	66.3	130.4	2.2	79.9	43.0	12	2.2	827.5
1966/67	455.3	217.7	137.2	224.0	247.8	224.4	68.6	310.9	12.5	0.0	37.7	89.2	12	0.0	455.3
1967/68	101.6	225.5	38.8	18.8	535.5	140.5	294.1	196.1	23.8	1.5	57.8	237.9	12	1.5	535.5
1968/69	134.9	321.1	469.1	495.4	342.6	585.0	208.2	374.3	99.3	0.8	1.1	184.7	12	0.8	585.0
1969/70	68.2	252.2	171.6	704.0	162.5	57.1	42.4	291.4	84.4	14.1	20.4	12.9	12	12.9	704.0
1970/71	16.9	404.9	58.6	495.9	70.5	206.3	154.4	250.0	226.4	100.5	34.2	5.3	12	5.3	495.9
1971/72	81.2	69.7	79.8	296.2	660.4	296.8	66.0	104.5	43.4	27.9	12.2	81.8	12	12.2	660.4
1972/73	240.8	230.9	297.2	352.6	52.3	45.6	88.8	312.5	54.7	51.8	10.6	72.7	12	10.6	352.6
1973/74	242.3	43.9	172.3	590.5	376.3	96.5	40.2	138.5	419.3	0.8	1.4	88.4	12	0.8	590.5
1974/75	17.6	290.8	43.6	318.6	221.1	320.8	42.8	54.2	21.7	4.1	12.6	213.9	12	4.1	320.8
1975/76	169.4	152.2	68.6	137.1	116.2	120.3	89.4	4.4	46.1	33.2	86.1	130.2	12	4.4	169.4
1976/77	543.4	244.0	423.9	591.5	667.0	201.1	111.4	119.0	107.7	25.8	48.3	30.8	12	25.8	667.0
1977/78	289.8	158.1	462.3	388.2	634.0	304.8	265.2	132.2	96.9	1.3	0.0	19.2	12	0.0	634.0
1978/79	43.7	48.8	1020.8	321.5	814.3	405.6	305.7	176.3	10.9	45.0	4.4	11.9	12	4.4	1020.8
1979/80	362.2	157.3	309.9	262.0	165.2	253.5	85.1	160.0	100.1	24.5	13.5	64.8	12	13.5	362.2
1980/81	164.6	189.0	127.4	4.9	126.3	238.8	163.1	212.4	44.6	5.7	4.4	205.7	12	4.4	238.8
1981/82	202.0	0.0	1072.6	134.3	167.7	16.0	75.2	82.3	84.4	9.7	24.6	140.4	12	0.0	1072.6
1982/83	230.5	340.5	414.8	34.1	220.3	46.3	530.9	394.1	31.5	11.6	40.1	18.6	12	11.6	530.9
1983/84	104.1	311.2	496.0	391.5	80.0	305.3	158.5	226.1	179.1	15.9	51.0	65.0	12	15.9	496.0
1984/85	294.6	618.8	214.4	419.0	381.7	304.8	208.7	103.0	51.7	19.8	3.2	7.5	12	3.2	618.8
1985/86	27.0	310.1	470.3	367.9	528.6	107.0	217.5	62.4	27.0	4.8	34.2	139.1	12	4.8	528.6
1986/87	111.8	145.6	169.4	180.9	327.1	122.4	233.1	15.2	53.9	179.2	34.4	106.7	12	15.2	327.1
1987/88	407.9	64.6	306.3	473.3	279.0	14.2	200.0	195.5	191.3	91.0	0.0	30.3	12	0.0	473.3
1988/89	170.7	79.5	58.6	34.2	334.5	127.0	263.7	40.5	58.5	2.0	63.6	4.3	12	2.0	334.5
1989/90	129.6	319.4	540.0	266.1	174.0	14.2	118.6	23.9	38.1	9.0	5.0	50.0	12	5.0	540.0
1990/91	460.5	154.0	110.4	238.0	316.9	420.4	85.2	30.8	67.6	33.3	17.8	131.9	12	17.8	460.5
1991/92	128.8	438.3	64.2	119.5	42.5	95.7	175.7	105.6	26.1	4.9	113.3	50.8	12	4.9	438.3
1992/93	283.1	132.9	413.3	107.5	27.0	37.2	327.8	261.1	80.9	2.0	13.2	231.2	12	2.0	413.3
1993/94	589.8	293.6	130.8	531.9	306.2	2.9	123.4	311.3	22.5	2.3	77.1	86.1	12	2.3	589.8
1994/95	194.8	269.4	294.6	413.5	313.1	115.2	55.3	201.4	27.5	28.9	6.8	155.3	12	6.8	413.5
1995/96	115.0	353.8	608.9	672.3	390.3	159.3	119.8	192.2	4.5	*41*	*41*	*41*	9	-	-
1996/97	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	0	-	-
1997/98	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	0	-	-
1998/99	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	0	-	-
1999/00	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	0	-	-
2000/01	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	0	-	-
2001/02	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	0	-	-
2002/03	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	*41*	1	-	-
2003/04	*7*	*7*	185.0	*7*	*7*	117.4	154.2	109.4	15.5	1.4	*10*	*10*	6	-	-
2004/05	*10*	23.8	54.1	19.0	79.5	111.0	119.9	34.3	4.1	7.2	2.4	4.0	11	-	-
2005/06	184.6	137.5	274.7	56.2	267.5	291.2	105.1	23.9	59.2	26.1	57.5	121.0	12	23.9	291.2
2006/07	26.4	280.1	275.7	36.0	347.3	112.1	46.2	104.3	90.2	29.1	21.2	1.5	12	1.5	347.3
2007/08	2.6	78.0	40.2	230.5	109.0	136.4	379.1	149.1	-	-	-	-	8	-	-
2008/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
2009/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
2010/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
2011/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
2012/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
2013/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
2014/15	-	-	18.5	-	-	-	-	2.4	2.7	1.5	26.5	187.0	6	-	-
N. Valores	40	41	43	41	41	42	42	43	42	41	40	41			
Min.	2.6	0.0	18.5	4.9	27.0	2.9	27.9	2.4	2.7	0.0	0.0	1.5		0.0	
Máx.	652.1	861.2	1072.6	760.9	827.5	585.0	530.9	394.1	419.3	179.2	113.3	299.2			1072.6
Média	208.4	250.8	306.9	308.7	309.4	205.7	176.3	141.0	75.2	23.7	28.5	92.1			

41: Dados não informatizados e possivelmente disponíveis na CCDD

7: Avaria no interface

10: Avaria no logger

ANEXO 2 – Dimensionamento da rede de drenagem das águas pluviais

(Cenário 1)

Conforme descrito em 3.3.7, e em relação ao troço 1 – 7, com uma área total afectada de 629m², o caudal, segundo a fórmula racional, é dado por:

$$Q_c = CIA$$

Em que:

Q = caudal de cálculo, em l/min; C = coeficiente de escoamento; I = intensidade média máxima de precipitação (para Vila Real, I=1.40l/min*m²); A = área de contribuição para o escoamento, em m².

$$Q_c = CIA = 0.9 * 1.40 * 752.22 = 947.80 \text{ l/min} = 15.80 \text{ l/s}$$

Pela fórmula de Manning-Strickler, o diâmetro do colector para o respectivo troço é dado:

$$Q_c = K_s * S * R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

Q_c = caudal de cálculo, em m³/s; K_s = rugosidade do material da conduta (PVC, K_s=120), em m^{1/3}s⁻¹; S = área da secção molhada, em m²; R = raio hidráulico, em metros; i = inclinação, em m/m.

Deste modo:

$$Q_c = K_s * S * R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}$$

$$15.80 * 10^{-3} = 120 * \frac{\pi D^2}{4} * \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * 0.003^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0.16132m = 161mm$$

Verifica-se que o diâmetro calculado é inferior ao diâmetro mínimo regulamentar. Segundo o Art.134º do DR23/95, o diâmetro nominal mínimo admitido nos colectores é de 200mm. Deste modo, o diâmetro do colector que recebe a água proveniente das áreas que contribuem para o escoamento neste troço é de 200mm (DN200mm).

De forma análoga, e com o acumular de caudais provenientes dos tubos de queda, para a rede de drenagem das águas pluviais do Cenário 1, obtiveram-se os diâmetros comerciais representados na Figura 53.

ANEXO 3 – Velocidades de escoamento na rede de drenagem das águas pluviais

(Cenário 1)

No que respeita às velocidades de escoamento das águas pluviais dentro do colector, segundo o DR23/95, esta deve estar compreendida entre os 0,9m/s e 5m/s (Art.133º (1a) e (1b), DR23/95).

Optou-se pelas seguintes espessuras de paredes de tubagem PVC:

DN200mm (esp=4,6mm); DN250mm (esp=5,6mm); DN315mm (esp=7,1mm).

Deste modo:

$$\frac{32 * Qc}{Ks * Dint^{\frac{8}{3}} * i^{\frac{1}{2}}} = \frac{(2x - \text{sen}(2x))^{\frac{5}{3}}}{x^{\frac{2}{3}}}$$

$$Qc = U * S \quad \text{onde} \quad S = \frac{Dint^2}{4} * (2x - \text{sen}(2x))$$

Em que:

Qc = caudal de cálculo, em m³/s; Ks = rugosidade do material da conduta (PVC, Ks=120), em m^{1/3} s⁻¹; D = diâmetro comercial interno, em metros; i = inclinação, em m/m; x=ângulo, em radianos (Figura 40); U = velocidade de escoamento, em m/s.

Para o troço 1 – 7, com diâmetro interno de 190,8mm (DN200) e um caudal de 15,80l/s, temos:

$$\frac{32 * Qc}{Ks * Dint^{\frac{8}{3}} * i^{\frac{1}{2}}} = \frac{(2x - \text{sen}(2x))^{\frac{5}{3}}}{x^{\frac{2}{3}}}$$

$$\frac{32 * 15.80 * 10^{-3}}{120 * 0.1908^{\frac{8}{3}} * 0.003^{\frac{1}{2}}} = \frac{(2x - \text{sen}(2x))^{\frac{5}{3}}}{x^{\frac{2}{3}}} \rightarrow x = 1.7336\text{rad}$$

A velocidade (U) de escoamento no troço 1 – 7 é então:

$$Qc = U * S \quad \text{onde} \quad S = \frac{Dint^2}{8} * (2x - \text{sen}(2x))$$

$$15.8 * 10^{-3} = U * \frac{0.1908^2}{8} * (2 * 1.73357 - \text{sen}(2 * 1.73357))$$

$$U = 0.91 \text{ ms}^{-1} \text{ (OK)}$$

Procedendo-se de forma análoga para os restantes troços da rede, obtiveram-se as velocidades de escoamento representadas na Figura 54.

ANEXO 4 – Dimensionamento da rede de drenagem das águas pluviais

(Cenário 2)

Dimensionamento das caleiras:

Conforme descrito em 3.3.7, para determinação do perfil da caleira, dado o elevado caudal afluente, considerou-se uma dimensão da base da caleira de $b=20\text{cm}$. Deste modo, para o troço 1 – 2:

$$Q_c = CIA$$

Em que:

Q = Caudal de cálculo, em l/min; C = Coeficiente de escoamento ($C=0,9$); I = Intensidade média máxima de precipitação (para Vila Real, $I=1,40\text{l/min}\cdot\text{m}^2$); A = Área de contribuição para o escoamento, em m^2 .

$$Q_c = CIA = 0.9 * 1.40 * 842.2 = 1061.17 \text{ l/min} = 17.69 \text{ l/s}$$

Para determinar a altura da lâmina líquida afecta a esta base de caleira no troço 1 – 2, com uma inclinação de 1%:

$$Q_c = K_s * S * R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

Q_c = Caudal de cálculo, em m^3/s ; K_s = Rugosidade do material da conduta (PVC, $K_s=120$), em $\text{m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$; S = Área molhada, em m^2 ; i = Inclinação, em m/m ;

$$R = \frac{\text{Área molhada}}{\text{Perímetro molhado}}$$

Onde:

$$\text{Área molhada} = b * h$$

$$\text{Perímetro molhado} = b + 2 * h$$

Assim:

$$17.68 * 10^{-3} = 120 * 0.20h * \left(\frac{0.20h}{2h + 0.20} \right)^{\frac{2}{3}} * 0.01^{\frac{1}{2}}$$

$$h = 0.064m = 6.40cm$$

$$H = \frac{10}{7} * h \quad \Leftrightarrow \quad H = 0.0915m = 9.15cm$$

A caleira, no troço 1 – 2, tem uma largura de 20cm e uma altura de 9.15cm.

Para o troço 3 – 2:

$$Q_c = CIA = 0.9 * 1.40 * 665.8 = 838.91 \text{ l/min} = 13.98 \text{ l/s}$$

$$13.98 * 10^{-3} = 120 * 0.20h * \left(\frac{0.20h}{2h + 0.20} \right)^{\frac{2}{3}} * 0.01^{\frac{1}{2}}$$

$$h = 0.0543m = 5.43cm$$

$$H = \frac{10}{7} * h \quad \Leftrightarrow \quad H = 0.0775m = 7.75cm$$

A caleira, no troço 3 – 2, tem uma largura de 20cm e uma altura de 7.75cm.

Dimensionamento do tubo de queda:

Afecto ao troço 1 – 2:

$$D = \frac{Qc - 0.02638 * \beta * h^{\frac{5}{2}}}{0.02638 * \alpha * h^{\frac{3}{2}}}$$

Em que:

Qc = Caudal de cálculo, em l/min; h = carga no tubo de queda, em mm; D = diâmetro interior do tubo de queda, em metros; $\alpha = 0.453$ (entrada em aresta viva); $\beta = 0.350$

$$Qc = 1061.17 \text{ l/min}$$

$$D = \frac{Qc - 0.02638 * \beta * h^{\frac{5}{2}}}{0.02638 * \alpha * h^{\frac{3}{2}}}$$

$$D = \frac{1061.17 - 0.02638 * 0.350 * 64^{\frac{5}{2}}}{0.02638 * 0.453 * 64^{\frac{3}{2}}} = 123.99 \text{ mm}$$

O diâmetro comercial do tubo de queda afecto ao troço 1 – 2 é de 140mm.

Afecto ao troço 3 – 2:

$$D = \frac{Qc - 0.02638 * \beta * h^{\frac{5}{2}}}{0.02638 * \alpha * h^{\frac{3}{2}}}$$

Em que:

Qc = Caudal de cálculo, em l/min; h = carga no tubo de queda, em mm; D = diâmetro interior do tubo de queda, em metros; $\alpha = 0.453$ (entrada em aresta viva); $\beta = 0.350$

$$Qc = 838.91 \text{ l/min}$$

$$D = \frac{Qc - 0.02638 * \beta * h^{\frac{5}{2}}}{0.02638 * \alpha * h^{\frac{3}{2}}}$$

$$D = \frac{838.91 - 0.02638 * 0.350 * 54.3^{\frac{5}{2}}}{0.02638 * 0.453 * 54.3^{\frac{3}{2}}} = 133.50 \text{ mm}$$

O diâmetro comercial do tubo de queda afecto ao troço 3 – 2 é de 140mm.

Dimensionamento do colector:

Procedendo conforme descrito em 3.3.7, para o troço 2 - 4, com o caudal proveniente dos tubos de queda de 17.69 l/s + 13.98 l/s, temos

Utilizando a Fórmula de Manning-Strickler para cálculo do diâmetro do colector:

$$Q_c = K_s * S * R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

Q_c = caudal de cálculo, em m^3/s ; K_s = rugosidade do material da conduta (PVC, $K_s=120$), em $m^{1/3}s^{-1}$; S = área da secção molhada, em m^2 ; R = raio hidráulico em metros; i = inclinação, em m/m .

Deste modo:

$$Q_c = K_s * S * R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}$$

$$31.66 * 10^{-3} = 120 * \frac{\pi D^2}{4} * \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * 0.003^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0.209m = 209mm$$

O diâmetro comercial do colector é então de 250mm (DN250mm).

As dimensões dos elementos constituintes da rede de drenagem das águas residuais pluviais do Cenário 2 apresenta-se na Figura 56.

ANEXO 5 – Velocidades de escoamento na rede de drenagem das águas pluviais (Cenário 2)

Para verificação da velocidade de escoamento no colector para o troço 1 – 4, com diâmetro interno de 238.8mm (DN250) e um caudal de 31.66 l/s, temos:

$$\frac{32 * Qc}{Ks * Dint^{\frac{8}{3}} * i^{\frac{1}{2}}} = \frac{(2x - \text{sen}(2x))^{\frac{5}{3}}}{x^{\frac{2}{3}}}$$

$$\frac{32 * 31.66 * 10^{-3}}{120 * 0.2388^{\frac{8}{3}} * 0.003^{\frac{1}{2}}} = \frac{(2x - \text{sen}(2x))^{\frac{5}{3}}}{x^{\frac{2}{3}}} \rightarrow x = 1.81088 \text{ rad}$$

A velocidade (U) de escoamento no colector é então:

$$Qc = U * S \quad \text{onde} \quad S = \frac{Dint^2}{8} * (2x - \text{sen}(2x))$$

$$31.66 * 10^{-3} = U * \frac{0.2388^2}{8} * (2 * 1.81088 - \text{sen}(2 * 1.81088))$$

$$U = 1.088 \text{ ms}^{-1} \text{ (OK)}$$

Em que:

Qc = caudal de cálculo, em m³/s; Ks = rugosidade do material da conduta (PVC, Ks=120), em m^{1/3} s⁻¹; D = diâmetro comercial interno, em metros; i = inclinação, em m/m; x=ângulo, em radianos (Figura 13); U = velocidade de escoamento, em m/s.

De acordo com o DR23/95, a velocidade de escoamento (U) no colector do Cenário 2 é cumprida (0.9m/s<U<5m/s).

ANEXO 6 – Tarifas EMAR (ano 2007)



Tabela de Preços para o Ano de 2007

1. Tarifas Fixas de Abastecimento Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RSU

Calibre do Contador	2007		
	Água	Esgoto	R. S. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	3,24 €	3,24 €	1,62 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	7,56 €	7,56 €	3,77 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	19,40 €	19,40 €	9,70 €
Contadores de 80 mm	26,30 €	26,30 €	13,15 €
Contadores ≥ 100 mm	52,58 €	52,58 €	26,30 €

2. Venda de Água para Consumo

- Tarifa Variável

Tarifa Variável	Escalões	2007
Consumos Domésticos		
1º Escalão	1 a 5 m ³	0,58 €
2º Escalão	6 a 15 m ³	0,74 €
3º Escalão	16 a 25 m ³	1,37 €
4º Escalão	> 25 m ³	2,08 €
Consumos Industriais e Comerciais		
Escalão Único		1,05 €
Entidades Públicas		
1º Escalão	0 a 1000 m ³	1,85 €
2º Escalão	> 1000 m ³	1,59 €
Autarquias e Instituições de Util. Pública sem Fins Lucrativos		
Escalão Único	≥ 1 m ³	0,84 €
Consumos Especiais e Obras		
Escalão Único	≥ 1 m ³	3,08 €

ANEXO 7 – Tarifas EMAR (ano 2008)



Tabela de Preços para o Ano de 2008

Na sequência das deliberações do Conselho de Administração da EMARVR de 14/12/2007 e da Câmara Municipal de 02/01/2008, abaixo se indicam os novos preços a praticar durante o ano de 2008:

1. Tarifas Fixas de Abastecimento Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de R

Calibre do Contador	2008		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	3,74 ⁴⁾	3,31 €	1,86 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	7,73 €	7,73 €	3,88 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	19,85 €	19,85 €	9,92 €
Contadores de 80 mm	26,90 €	26,90 €	13,45 €
Contadores ≥ 100 mm	53,79 €	53,79 €	26,90 €

⁴⁾ Atualizada de 3,31€ para 3,74€ de acordo com deliberação do Conselho de Administração de 14/05/2008 e da Câmara Municipal de 21/05/2008

2. Venda de Água para Consumo

- Tarifa Variável

Tarifa Variável	Escalões	2008
Consumos Domésticos		
1º Escalão	1 a 5 m3	0,63 €
2º Escalão	6 a 15 m3	0,78 €
3º Escalão	16 a 25 m3	1,40 €
4º Escalão	> 25 m3	2,11 €
Consumos Industriais e Comerciais		
Escalão Único		1,07 €
Entidades Públicas		
1º Escalão	0 a 1000 m3	1,89 €
2º Escalão	> 1000 m3	1,63 €
Autarquias e Instituições de Util. Pública sem Fins Lucrativos		
Escalão Único	≥ 1 m3	0,86 €
Consumos Especiais e Obras		
Escalão Único	≥ 1 m3	3,15 €

ANEXO 8 – Tarifas EMAR (ano 2009)



Proposta Tabela de Preços para o Ano de 2009

Na sequência das deliberações do Conselho de Administração da EMARVR de 06/01/2009 e da Câmara Municipal de 14/01/2009, abaixo se indicam os novos preços a praticar durante o ano de 2009:

1. Tarifas Fixas de Abastecimento Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU

Calibre do Contador	2009		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	3,83 €	3,39 €	1,70 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	7,92 €	7,92 €	3,96 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	20,35 €	20,35 €	20,35 €
Contadores de 80 mm	27,57 €	27,57 €	27,57 €
Contadores ≥ 100 mm	55,13 €	55,13 €	55,13 €

2. Venda de Água para Consumo

- Tarifa Variável

Tarifa Variável	Escalões	2009
Consumos Domésticos		
1º Escalão	1 a 5 m ³	0,65 €
2º Escalão	6 a 15 m ³	0,78 €
3º Escalão	16 a 25 m ³	1,47 €
4º Escalão	> 25 m ³	2,22 €
Consumos Industriais e Comerciais		
Escalão Único		1,10 €
Entidades Públicas		
1º Escalão	0 a 1000 m ³	1,99 €
2º Escalão	> 1000 m ³	1,72 €
Autarquias e Instituições de Util. Pública sem Fins Lucrativos		
Escalão Único	≥ 1 m ³	0,90 €
Consumos Especiais e Obras		
Escalão Único	≥ 1 m ³	3,31 €

ANEXO 9 – Tarifas EMAR (ano 2010)



Tabela de Preços para o Ano de 2010

Na sequência das deliberações do Conselho de Administração da EMARVR de 26/02/2010 e da Câmara Municipal de 04/03/2010, abaixo se indicam os novos preços a praticar durante o ano de 2010:

1a. Tarifas Fixas de Abastecimento Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Domésticos)

Calibre do Contador	2010		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	4,00 €	3,55 €	2,00 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	8,83 €	10,01 €	3,96 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	22,69 €	25,72 €	20,35 €
Contadores de 80 mm	30,74 €	34,84 €	27,57 €
Contadores ≥ 100 mm	61,47 €	69,67 €	55,13 €

1b. Tarifas Fixas de Abast. Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Rest. consumidores)

Calibre do Contador	2010		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	5,15 €	6,07 €	2,50 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	10,65 €	14,18 €	4,50 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	27,37 €	36,45 €	25,00 €
Contadores de 80 mm	37,08 €	49,38 €	30,00 €
Contadores ≥ 100 mm	74,15 €	98,74 €	60,00 €

2. Venda de Água para Consumo

- Tarifa Variável

Tarifa Variável	Escalões	2010
Consumos Domésticos		
1º Escalão	1 a 5 m ³	0,65 €
2º Escalão	6 a 15 m ³	0,85 €
3º Escalão	16 a 25 m ³	1,80 €
4º Escalão	> 25 m ³	2,72 €
Consumos Industriais e Comerciais		
Escalão Único		1,21 €
Entidades Públicas		
1º Escalão	0 a 1000 m ³	2,19 €
2º Escalão	> 1000 m ³	1,89 €
Autarquias e Instituições de Util. Pública sem Fins Lucrativos		
Escalão Único	≥ 1 m ³	0,99 €
Consumos Especiais e Obras		
Escalão Único	≥ 1 m ³	3,64 €

ANEXO 10 – Tarifas EMAR (ano 2011)



Tarifário para o Ano de 2011

Na sequência das deliberações do Conselho de Administração da EMARVR de 08/02/2011 e da Câmara Municipal de 16/02/2011, abaixo se indicam os novos preços a praticar durante o ano de 2011:

1a. Tarifas Fixas de Abastecimento Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Domésticos)

Calibre do Contador	2011		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	4,48 €	4,49 €	2,04 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	9,64 €	11,65 €	4,05 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	24,78 €	29,94 €	20,80 €
Contadores de 80 mm	33,58 €	40,56 €	28,18 €
Contadores ≥ 100 mm	67,14 €	81,11 €	56,34 €

1b. Tarifas Fixas de Abast. Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Não Domésticos)

Calibre do Contador	2011		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	5,26 €	6,20 €	2,56 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	10,88 €	14,49 €	4,60 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	27,97 €	37,25 €	25,55 €
Contadores de 80 mm	37,90 €	50,47 €	30,66 €
Contadores ≥ 100 mm	75,78 €	100,91 €	61,32 €

2. Venda de Água para Consumo

- Tarifa Variável (valores por m³)

Tarifa Variável	EscalaSes	2011
Consumos Domésticos		
1ª Escalão	1 a 5 m ³	0,66 €
2ª Escalão	6 a 15 m ³	0,87 €
3ª Escalão	16 a 25 m ³	1,84 €
4ª Escalão	> 25 m ³	2,78 €
Consumos Industriais e Comerciais		
Escalão Único		1,24 €
Estado e Entidades Públicas		
1ª Escalão	0 a 1000 m ³	2,24 €
2ª Escalão	> 1000 m ³	1,93 €
Autarquias e Instituições de UTIL. Pública sem Fins Lucrativos		
Escalão Único	≥ 1 m ³	1,01 €
Consumos Especiais e Obras		
Escalão Único	≥ 1 m ³	3,72 €

ANEXO 11 – Tarifas EMAR (ano 2012)



Proposta de tarifário para 2012

(Valores iguais a 2011)

1a. Tarifas Fixas de Abastecimento Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Domésticos)

Calibre do Contador	2012		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	4,48 €	4,49 €	2,04 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	9,64 €	11,65 €	4,05 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	24,78 €	29,94 €	20,80 €
Contadores de 80 mm	33,58 €	40,56 €	28,18 €
Contadores ≥ 100 mm	67,14 €	81,11 €	56,34 €

1b. Tarifas Fixas de Abast. Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Não Domésticos)

Calibre do Contador	2012		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	5,26 €	6,20 €	2,56 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	10,88 €	14,49 €	4,80 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	27,97 €	37,25 €	25,55 €
Contadores de 80 mm	37,90 €	50,47 €	30,66 €
Contadores ≥ 100 mm	75,78 €	100,91 €	61,32 €

2. Venda de Água para Consumo

- Tarifa Variável (valores por m³)

Tarifa Variável	Escalaões	2012
Consumos Domésticos		
1ª Escalão	1 a 5 m³	0,66 €
2ª Escalão	6 a 15 m³	0,87 €
3ª Escalão	16 a 25 m³	1,84 €
4ª Escalão	> 25 m³	2,78 €
Consumos Industriais e Comerciais		
Escalão Único		1,24 €
Estado e Entidades Públicas		
1ª Escalão	0 a 1000 m³	2,24 €
2ª Escalão	> 1000 m³	1,93 €
Autoridades e Instituições de Util. Pública sem Fins Lucrativos		
Escalão Único	≥ 1 m³	1,01 €
Consumos Especiais e Obras		
Escalão Único	≥ 1 m³	3,72 €

ANEXO 12 – Tarifas EMAR (ano 2013)



Tarifário para o Ano de 2013

1a. Tarifas Fixas de Abastecimento Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Domésticos)

Calibre do Contador	2013		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	4,48 €	4,49 €	2,04 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	9,64 €	11,65 €	4,05 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	24,78 €	29,94 €	20,80 €
Contadores de 80 mm	33,58 €	40,56 €	28,18 €
Contadores ≥ 100 mm	67,14 €	81,11 €	56,34 €

1b. Tarifas Fixas de Abast. Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Não Domésticos)

Calibre do Contador	2013		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	5,26 €	6,20 €	2,56 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	10,88 €	14,49 €	4,60 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	27,97 €	37,25 €	25,55 €
Contadores de 80 mm	37,90 €	50,47 €	30,66 €
Contadores ≥ 100 mm	75,78 €	100,91 €	61,32 €

2. Venda de Água para Consumo

- Tarifa Variável (valores por m³)

Tarifa Variável	Escalões	2013
Consumos Domésticos		
1ª Escalão	1 a 5 m ³	0,66 €
2ª Escalão	6 a 15 m ³	0,87 €
3ª Escalão	16 a 25 m ³	1,84 €
4ª Escalão	> 25 m ³	2,78 €
Consumos Industriais e Comerciais		
Escalão Único		1,24 €
Estado e Entidades Públicas		
1ª Escalão	0 a 1000 m ³	2,24 €
2ª Escalão	> 1000 m ³	1,93 €
Autarquias e Instituições de Util. Pública sem Fins Lucrativos		
Escalão Único	≥ 1 m ³	1,01 €
Consumos Especiais e Obras		
Escalão Único	≥ 1 m ³	3,72 €

ANEXO 13 – Tarifas EMAR (ano 2014)



Tarifário para o Ano de 2014

1a. Tarifas Fixas de Abastecimento Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Domésticos)

Calibre do Contador	2014		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	4,48 €	4,49 €	2,04 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	9,64 €	11,65 €	4,05 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	24,78 €	29,94 €	20,80 €
Contadores de 80 mm	33,58 €	40,56 €	28,18 €
Contadores ≥ 100 mm	67,14 €	81,11 €	56,34 €

1b. Tarifas Fixas de Abast. Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Não Domésticos)

Calibre do Contador	2014		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	5,26 €	6,20 €	2,56 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	10,88 €	14,49 €	4,60 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	27,97 €	37,25 €	25,55 €
Contadores de 80 mm	37,90 €	50,47 €	30,66 €
Contadores ≥ 100 mm	75,78 €	100,91 €	61,32 €

2. Venda de Água para Consumo

- Tarifa Variável (valores por m³)

Tarifa Variável	Escalões	2014
Consumos Domésticos		
1ª Escalão	1 a 5 m ³	0,66 €
2ª Escalão	6 a 15 m ³	0,87 €
3ª Escalão	16 a 25 m ³	1,84 €
4ª Escalão	> 25 m ³	2,78 €
Consumos Industriais e Comerciais		
Escalão Único		1,24 €
Estado e Entidades Públicas		
1ª Escalão	0 a 1000 m ³	2,24 €
2ª Escalão	> 1000 m ³	1,93 €
Autarquias e Instituições de Util. Pública sem Fins Lucrativos		
Escalão Único	≥ 1 m ³	1,01 €
Consumos Especiais e Obras		
Escalão Único	≥ 1 m ³	3,72 €

ANEXO 14 – Tarifas EMAR (ano 2015)



Tarifário para o Ano de 2015

1a. Tarifas Fixas de Abastecimento Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Domésticos)

Calibre do Contador	2015		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	4,1216	4,1308	1,8768
Contadores de 25 mm e 40 mm	8,8688	10,7180	3,7260
Contadores de 50 mm e 65 mm	22,7976	27,5448	19,1360
Contadores de 80 mm	30,8936	37,3152	25,9256
Contadores ≥ 100 mm	61,7688	74,6212	51,8328

1b. Tarifas Fixas de Abast. Água, de Drenagem e Tratamento de Esgoto e Recolha Transporte de RU (Não Domésticos)

Calibre do Contador	2015		
	Água	Esgoto	R. U.
Contadores de 15 mm e 20 mm	4,8392 €	5,7040 €	2,3552 €
Contadores de 25 mm e 40 mm	10,0096 €	13,3308 €	4,2320 €
Contadores de 50 mm e 65 mm	25,7324 €	34,2700 €	23,5060 €
Contadores de 80 mm	34,8680 €	46,4324 €	28,2072 €
Contadores ≥ 100 mm	69,7176 €	92,8372 €	56,4144 €

2. Venda de Água para Consumo

- Tarifa Variável (valores por m³)

Tarifa Variável	Escalaões	2015
Consumos Domésticos		
1º Escalão	1 a 5 m ³	0,6072 €
2º Escalão	6 a 15 m ³	0,8004 €
3º Escalão	16 a 25 m ³	1,6928 €
4º Escalão	> 25 m ³	2,5576 €
Consumos Industriais e Comerciais		
Escalão Único		1,1408 €
Estado e Entidades Públicas		
1º Escalão	0 a 1000 m ³	2,2400 €
2º Escalão	> 1000 m ³	1,9300 €
Autoridades e Instituições de U.T.R. Pública sem Fins Lucrativos		
Escalão Único	≥ 1 m ³	1,0100 €
Consumos Especiais e Obras		
Escalão Único	≥ 1 m ³	3,7200 €