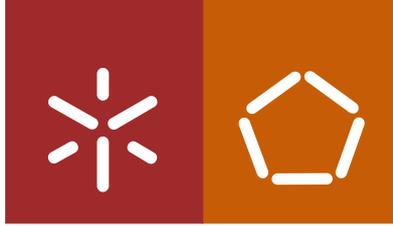




**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Luis Manuel de Castro Rosas Costa Pinho

**Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais: a Influência da Localização e da Utilização Tipo de um Edifício**



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Luis Manuel de Castro Rosas Costa Pinho

**Sistemas de Aproveitamento de Águas  
Pluviais: a Influência da Localização e da  
Utilização Tipo de um Edifício**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Urbana  
Área de Especialização em Hidráulica Ambiental

Trabalho efetuado sob a orientação da  
**Professora Maria Manuela C. Lemos Lima**

junho de 2014

## DECLARAÇÃO

Nome

Luis Manuel de Castro Rosas Costa Pinho

Endereço eletrónico: [luis.pinho@gmail.com](mailto:luis.pinho@gmail.com)

Telefone: 934576218

Número do Bilhete de Identidade: 12301708

Título dissertação:

**Aproveitamento de Águas Pluviais: a Influência da Localização e da Utilização Tipo de um Edifício**

Orientadora:

Professora Maria Manuela C. Lemos Lima

Ano de conclusão: 2014

Designação do Mestrado:

Engenharia Urbana – Hidráulica Ambiental

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE/TRABALHO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 03/10/2014

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Após um longo caminho percorrido é tempo de agradecer a quem contribuiu e me ajudou a concretizar mais um desafio pessoal.

Agradeço em primeiro lugar à minha orientadora, Prof. Maria Manuela Lemos Lima, pela disponibilidade e simpatia sempre presentes ao longo deste trabalho.

Agradeço:

À Universidade do Minho por apostar em garantir todas as condições necessárias para a boa qualidade de ensino no seu estabelecimento.

À AFACONSULT, local que me acolheu durante cinco anos e onde cresci profissionalmente, a todos os meus colegas e em particular ao Eng. Paulo Silva. Agradeço o seu contributo para a minha aprendizagem e continuo desenvolvimento como profissional, as experiências profissionais partilhadas, as sugestões e conselhos.

À minha família, pela contínua aposta na minha educação.

A todos os meus amigos que me encorajaram e me deram força para fazer este trabalho, eles saberão quem são.



## *Aproveitamento de Águas Pluviais:*

### *a Influência da Localização e da Utilização Tipo de um Edifício*

#### **RESUMO**

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são hoje em dia uma realidade cada vez mais discutida na fase inicial de elaboração de um projeto de engenharia civil. Contudo, muitas vezes verifica-se que estes sistemas nem sempre são implementados em obra, ou que são abandonados durante o processo de definição de projeto, por não haver uma análise económica eficaz e/ou por não serem transmitidas claramente aos decisores as mais-valias, económicas, sociais ou ambientais, da implementação destes sistemas.

Fazendo uso da experiência profissional do autor, a dissertação que se apresenta centra-se na elaboração de análises económicas para sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) de projetos reais. Efetua-se ainda uma comparação entre esses valores e os obtidos através de uma análise teórica “ideal”, cujo objetivo é maximizar o benefício da solução.

Os referidos projetos foram selecionados para que houvesse um caso de estudo para cada utilização tipo de edifícios em que as soluções dos SAAP foram desenvolvidas. Face à impossibilidade de se poder replicar a construção do mesmo edifício em regiões distintas do território nacional, e para aferir e comparar resultados, o presente trabalho usa a localização real de cada projeto apresentado como ponto de partida acrescentando posteriormente a simulação da implantação desses mesmos edifícios noutras regiões do continente. Porque a maioria dos projetos apresentados foram originalmente desenvolvidos para cada uma destas três regiões, foi admitido que cada edifício tipo escolhido seria implantado nas regiões de Lisboa, Porto e Évora.

Os dados pluviométricos característicos de cada região proporcionam uma comparação para cada região do grau de benefício de uma solução SAAP por tipo de utilização de cada edifício, e permitem a comparação direta das soluções ótimas a adotar para o mesmo edifício tipo, consoante a sua localização. Assim foi possível aferir, por exemplo, qual a ordem de grandeza que um edifício tipo Hospital Público requer para um eficaz SAAP e qual o período de retorno de investimento expectável, para cada uma das regiões estudadas.

Esta dissertação permite identificar o potencial económico, financeiro ou social da implementação ou não de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para um determinado edifício tipo, e de que forma esses valores potenciais podem variar consoante a região onde é implantado.

**Palavras-chave:** Aproveitamento de Águas Pluviais; Viabilidade económica; Poupança de água



## *Rainwater Harvesting:*

### *The impact of the location and the utility function of a building in a RHS*

#### **ABSTRACT**

Rainwater harvesting systems (RHS) are becoming more often discussed in the project design phase of each new building. However in many of those cases they aren't in fact implemented in the final execution project due to a lack of proper analysis to the actual economic, social or environmental benefits of each of those solutions.

Making use of its own professional work experience, the author tries to focus on the economic analysis of each RHS presented. To achieve this, the author selected distinct but real projects, for buildings to be built in Portugal during the recent years. The majority of the selected projects gave in fact origin to the construction of the building as the final product. Also from the selected projects, the author chose those ones that allowed a diversify study by having several different types of building service. In that way, the work presented is based in real projects for different types of building service where each RHS solution created, after the proper approval by the client, was contemplated in the final project.

Concerning the elaboration of this work and due to the impossibility to replicate the same building in two or more different sites, it was simulated that each project could be built in 3 distinctive places. The base solution for each project was the natural (real) location and then those results were compared to the ones taken from the same project assumed to be located in two other locations. In order to create a more diversify results and because the majority of the selected projects were based on one of the three selected regions, the natural choice for those locations was to locate each project in the region of Lisbon, Oporto and Évora.

The pluviometric data for each region allow a straight comparison of the benefit of a RHS solution for each type of building utilization and also allow the comparison between distinct solutions for the same building type by varying its location. To give a proper example, it should be possible, at the end of this work, to understand clearly what type of RHS should be installed and what dimension and return on investment should be expected for that system if the building in study is a Public Hospital and how those figures vary if the building is to be built in Lisbon, Oporto or Évora region.

At the end of this work it should be possible to identify the economic, social and environmental potential to the implementation or not of a RHS for a pre-determine type of building utilization and in what way those potential figures vary with the locations of each project.

**Key Words:** Rainwater Harvesting Systems; water harvesting; Economic viability studies.



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO .....	III
ABSTRACT .....	V
ÍNDICE GERAL .....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE TABELAS.....	XIII
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	XV
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. INTERESSE E ENQUADRAMENTO DO TEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO.....	3
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
2. OS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO .....	6
2.1. ESTADO DA ARTE .....	6
2.2. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS.....	8
2.2.1. A IMPORTÂNCIA DE UM CORRETO DIMENSIONAMENTO .....	9
2.2.2. DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS E DOS SISTEMAS.....	9
2.2.3. ANÁLISE DOS CONSUMOS .....	14
2.2.4. ENERGIA POUPADA.....	15
2.2.5. CAPTAÇÃO .....	15
2.2.6. CONDUÇÃO.....	17
2.2.7. RESERVA.....	18
2.2.8. ABASTECIMENTO .....	19
2.2.9. RESERVATÓRIO TIPO.....	19
3. METODOLOGIA ADOPTADA .....	21
3.1. INTRODUÇÃO .....	21
3.2. A DISTÂNCIA ENTRE O PROJETADO E O EXECUTADO .....	21
3.3. SISTEMATIZAÇÃO RESUMO DO TRABALHO A DESENVOLVER.....	23
3.4. MÉTODO DE CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO .....	25
3.5. SISTEMAS DE TRATAMENTO E CIRCUITOS HIDRÁULICOS .....	28
4. DESCRIÇÃO DOS EDIFÍCIOS TIPO SELECIONADOS .....	30
4.1. INTRODUÇÃO .....	30
4.2. SELEÇÃO DAS TIPOLOGIAS DOS EDIFÍCIOS E CARACTERIZAÇÃO DOS PROJETOS SELECIONADOS.....	30
4.2.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – UNIFAMILIAR (MORADIA).....	30
4.2.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – MULTIFAMILIAR .....	31
4.2.3. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PRIVADO.....	34

4.2.4. EDIFÍCIO ESCOLAR .....	36
4.2.5. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PÚBLICO (MUSEU) .....	39
4.2.6. EDIFÍCIO HOSPITALAR .....	40
4.2.7. EDIFÍCIO INDUSTRIAL M (SEM CANTINA) .....	43
4.2.8. EDIFÍCIO INDUSTRIAL C (COM CANTINA).....	45
4.2.9. EDIFÍCIO PRISIONAL .....	48
5. CARACTERÍSTICAS DOS CONSUMOS.....	50
5.1. INTRODUÇÃO .....	50
5.2. APARELHOS E CONSUMOS UNITÁRIOS CONSIDERADOS .....	50
5.2.1. APARELHOS PARA USO DE ÁGUA POTÁVEL .....	50
5.2.2. APARELHOS COM USO POTENCIAL DE ÁGUA DA CHUVA .....	50
5.2.3. CONSUMO UNITÁRIO DOS APARELHOS DESCRITOS.....	51
5.3. DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE UTILIZADORES POR CADA EDIFÍCIO TIPO .....	55
5.4. PERFIL DE UTILIZAÇÃO POR EDIFÍCIO TIPO .....	55
5.4.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – UNIFAMILIAR (MORADIA).....	55
5.4.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – MULTIFAMILIAR .....	57
5.4.3. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PRIVADO.....	58
5.4.4. EDIFÍCIO ESCOLAR .....	59
5.4.5. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PÚBLICO (MUSEU) .....	61
5.4.6. EDIFÍCIO HOSPITALAR .....	62
5.4.7. EDIFÍCIO INDUSTRIAL M (SEM CANTINA) .....	63
5.4.8. EDIFÍCIO INDUSTRIAL C (COM CANTINA).....	64
5.4.9. EDIFÍCIO PRISIONAL .....	65
5.4.10. TABELA RESUMO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PROVENIENTE DE UM SAAP .....	66
5.5. CONSUMOS MÉDIOS MENSIS POR EDIFÍCIO TIPO .....	68
5.5.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – UNIFAMILIAR (MORADIA).....	69
5.5.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – MULTIFAMILIAR .....	69
5.5.3. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PRIVADO.....	70
5.5.4. EDIFÍCIO ESCOLAR .....	70
5.5.5. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PÚBLICO (MUSEU) .....	71
5.5.6. EDIFÍCIO HOSPITALAR .....	71
5.5.7. EDIFÍCIO INDUSTRIAL M (SEM CANTINA) .....	72
5.5.8. EDIFÍCIO INDUSTRIAL C (COM CANTINA).....	72
5.5.9. EDIFÍCIO PRISIONAL.....	73
6. DADOS DE BASE DE PRECIPITAÇÃO.....	74
6.1. INTRODUÇÃO .....	74

6.2. METODOLOGIA DESENVOLVIDA .....	74
6.3. SELEÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO .....	76
6.4. RECOLHA DE DADOS DO SNIRH DAS ESTAÇÕES RESPECTIVAS .....	76
6.5. SELEÇÃO DA ESTAÇÃO MODELO .....	78
6.6. TRATAMENTO DOS VALORES DA ESTAÇÃO MODELO .....	80
6.7. CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL PARA A ESTAÇÃO MODELO .....	81
6.8. TRATAMENTO DOS VALORES DAS RESTANTES ESTAÇÕES .....	81
6.9. CÁLCULO DAS PRECIPITAÇÕES MENSIS POR ESTAÇÃO .....	82
6.10. CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL NO PERÍODO EM ESTUDO .....	83
7. CÁLCULO DAS CAPACIDADES DOS RESERVATÓRIOS .....	88
7.1. INTRODUÇÃO .....	88
7.2. APRESENTAÇÃO DO PERFIL DE APROVEITAMENTO POR EDIFÍCIO TIPO .....	88
7.2.1. COM VOLUME REAL IMPOSTO .....	89
7.2.2. COM VOLUME IDEAL CALCULADO .....	95
7.3. CONCLUSÃO .....	103
8. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA .....	104
8.1. INTRODUÇÃO .....	104
8.2. TARIFAS ENERGÉTICAS UTILIZADAS POR UTILIZAÇÃO TIPO .....	104
8.3. TARIFÁRIO DE CONSUMO DE ÁGUA, POR REGIÃO E UTILIZAÇÃO TIPO .....	105
8.4. PREÇOS UNITÁRIOS DE REFERÊNCIA CONSIDERADOS .....	106
8.5. ORÇAMENTO DO SAAP .....	106
8.5.1. DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS .....	107
8.5.2. DETERMINAÇÃO DA POUPANÇA DA ÁGUA .....	107
8.5.3. ANÁLISE ECONÓMICA .....	107
8.6. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÓMICA .....	112
8.6.1. PARA SAAP COM VOLUMES “REAIS” .....	112
8.6.2. PARA SAAP COM VOLUMES “IDEAIS” .....	112
9. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS, SÍNTESE E CONCLUSÕES .....	131
9.1. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS .....	114
9.1.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – UNIFAMILIAR (MORADIA) .....	114
9.1.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – MULTIFAMILIAR .....	116
9.1.3. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PRIVADO .....	117
9.1.4. EDIFÍCIO ESCOLAR .....	119
9.1.5. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PÚBLICO (MUSEU) .....	120
9.1.6. EDIFÍCIO HOSPITALAR .....	122
9.1.7. EDIFÍCIO INDUSTRIAL M (SEM CANTINA) .....	124

9.1.8. EDIFÍCIO INDUSTRIAL C (COM CANTINA).....	126
9.1.9. EDIFÍCIO PRISIONAL.....	128
9.2. SÍNTESE.....	131
9.3. CONCLUSÃO.....	131
9.4. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	134
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA .....	136

#### ÍNDICE GERAL – ANEXOS (APRESENTADOS EM CD)

A1 - TARIFAS ENERGÉTICAS.....	2
A2 - TARIFAS DE ÁGUA .....	4
A3 - PREÇO DE REFERÊNCIA CONSIDERADOS PARA OS ÓRGÃOS DE RESERVA DO SAAP. ....	5
A4 - CARACTERÍSTICAS DOS CONSUMOS.....	6
A5 - DADOS DE BASE DE PRECIPITAÇÃO .....	16
A5.1 - SELECÇÃO DA ESTAÇÃO MODELO .....	16
A5.2 - TRATAMENTO DOS VALORES DA ESTAÇÃO MODELO .....	16
A5.3 - CÁLCULO DAS PRECIPITAÇÕES MENSAIS POR ESTAÇÃO .....	17
A5.4 - CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL NO PERÍODO EM ESTUDO .....	32
A6 - CÁLCULO DAS CAPACIDADES DOS RESERVATÓRIOS .....	35
A6.1 - COM VOLUME REAL IMPOSTO – REGIÃO DO PORTO.....	35
A6.2 - COM VOLUME REAL IMPOSTO – REGIÃO DO LISBOA .....	42
A6.3 - COM VOLUME REAL IMPOSTO – REGIÃO DO ÉVORA.....	51
A6.4 - APRESENTAÇÃO DO PERFIL DE APROVEITAMENTO POR EDIFÍCIO TIPO .....	60
A6.5 - COM VOLUME IDEAL CALCULADO – REGIÃO DO PORTO .....	65
A6.6 - COM VOLUME IDEAL CALCULADO – REGIÃO DO LISBOA.....	74
A6.7 - COM VOLUME IDEAL CALCULADO – REGIÃO DO ÉVORA .....	83
A7 - ANÁLISE TECNO-ECONOMICA.....	93
A7.1 - COM VOLUME REAL IMPOSTO – REGIÃO DO PORTO.....	93
A7.2 - COM VOLUME REAL IMPOSTO – REGIÃO DE LISBOA .....	117
A7.3 - COM VOLUME REAL IMPOSTO – REGIÃO DE ÉVORA .....	135
A7.4 - COM VOLUME IDEAL CALCULADO – REGIÃO DO PORTO .....	153
A7.5 - COM VOLUME IDEAL CALCULADO – REGIÃO DE LISBOA.....	174
A7.6 - COM VOLUME IDEAL CALCULADO – REGIÃO DE ÉVORA.....	193
A8 - APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS.....	212
A8.1 - REGIÃO DO PORTO .....	212
A8.2 - REGIÃO DE LISBOA.....	220
A8.3 - REGIÃO DE ÉVORA .....	229

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema sifónico (à esquerda) vs. Sistema tradicional (à direita) (esquema retirado do catálogo Rainplus, Valsir) .....	17
Figura 2 – Esquema de tratamento da água em reserva (autoria da Wasser / Afaconsult) .....	29
Figura 3 - Planta de Implantação .....	32
Figura 4 - Implantação do recinto escolar.....	37
Figura 5 – Localização do Museu (Lisboa).....	39
Figura 6 – Localização da área de intervenção. ....	41
Figura 7 - Morfologia dos edifícios.....	41
Figura 8 - Planta do lote M.....	44
Figura 9 - Planta do lote do C.....	46
Figura 10 - Áreas Intramuros, Segurança e Extramuros.....	48
Figura 11- Consumos domésticos da habitação unifamiliar .....	56
Figura 12 – Consumos domésticos do edifício multifamiliar por tipologia tipo .....	58
Figura 13 - Consumos domésticos do edifício de serviços.....	59
Figura 14 - Consumos domésticos do edifício escolar .....	61
Figura 15- Consumos domésticos do museu .....	62
Figura 16 - Consumos domésticos do hospital.....	63
Figura 17 - Consumos domésticos do edifício industrial M .....	64
Figura 18 - Consumos domésticos do edifício industrial C .....	65
Figura 19 - Consumos domésticos do edifício prisional.....	66
Figura 20 – Ajuste de valores entre valores calculados e estação modelo.....	84
Figura 21 – Precipitação média anual da década.....	86
Figura 22 – Dados Recolhidos Do Boletim Climatológico .....	87
Figura 23 – Perfil do SAAP para o Edifício Unifamiliar, Região do Porto .....	89
Figura 24 - Perfil do SAAP para o Edifício Unifamiliar, Região de Lisboa e Évora .....	90
Figura 25 - Perfil do SAAP para o Edifício Multifamiliar.....	90
Figura 26 - Perfil do SAAP para o Edifício de Serviços.....	91
Figura 27 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Escolar.....	92
Figura 28 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Público .....	92
Figura 29 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Hospitalar.....	93
Figura 30 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Industrial M.....	94
Figura 31 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Industrial C.....	94
Figura 32 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Prisional .....	95
Figura 33 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Unifamiliar.....	97
Figura 34 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Multifamiliar.....	98
Figura 35 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício de Serviços .....	98
Figura 36 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Escolar .....	99
Figura 37 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício de Serviços Público.....	100
Figura 38 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Hospitalar .....	100
Figura 39 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Industrial M .....	101
Figura 40 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Industrial C .....	102
Figura 41 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Prisional.....	102
Figura 42 - Comparação das regiões de Porto vs. Lisboa vs. Évora.....	115
Figura 43 - Comparação das regiões de Porto vs. Lisboa vs. Évora.....	117
Figura 44 - Comparação das regiões de Porto vs. Lisboa vs. Évora.....	118
Figura 45 - Comparação das regiões de Porto vs. Lisboa vs. Évora.....	120

Figura 46 - Comparação das regiões de Porto vs. Lisboa vs. Évora.....	121
Figura 47 - Comparação das regiões de Porto .....	123
Figura 48 - Comparação das regiões de Lisboa .....	123
Figura 49 - Comparação das regiões de Évora .....	123
Figura 50 - Comparação das regiões de Porto .....	125
Figura 51 - Comparação das regiões de Lisboa .....	125
Figura 52 - Comparação das regiões de Évora .....	125
Figura 53 - Comparação das regiões de Porto .....	127
Figura 54 - Comparação das regiões de Lisboa .....	127
Figura 55 - Comparação das regiões de Évora .....	127
Figura 56 - Comparação das regiões de Porto .....	129
Figura 57 - Comparação das regiões de Lisboa .....	129
Figura 58 - Comparação das regiões de Évora .....	129
Figura 59 – Melhoria do sistema com aumento do Volume do SAAP .....	133

## INDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de Escoamento .....	17
Tabela 2 – Obtenção Do Consumo Total Aproveitado.....	26
Tabela 3 - Obtenção Do Volume Final Do Reservatório.....	28
Tabela 4 - Necessidade de fornecimento de água não potável .....	38
Tabela 5 - Consumos unitários para habitação unifamiliar.....	55
Tabela 6 - Determinação do número de utilizadores por cada edifício tipo .....	55
Tabela 7- Consumos Unitários da Habitação Unifamiliar .....	56
Tabela 8 - Consumos unitários do edifício multifamiliar .....	57
Tabela 9- Tipologias e consumos totais do edifício multifamiliar.....	57
Tabela 10 - Consumos unitários do edifício de serviços privado .....	58
Tabela 11 - Consumo real médio do Edifício Escolar .....	59
Tabela 12 – Consumos atuais por utilizador tipo e capitação total.....	60
Tabela 13 - Consumos unitários do pavilhão Gimnodesportivo .....	60
Tabela 14 - Consumos unitários do museu .....	61
Tabela 15 - Consumos unitários do hospital .....	62
Tabela 16 - Consumos unitários do edifício industrial M.....	63
Tabela 17 - Consumos unitários do edifício industrial C.....	64
Tabela 18 - Consumos Unitários do Edifício Prisional .....	65
Tabela 19 – Potencial de utilização de água proveniente de um SAAP .....	66
Tabela 20 – Consumo doméstico e rede de rega de água da chuva.....	67
Tabela 21 – Valores finais da água passível de ser utilizada por um SAAP .....	68
Tabela 22 – Parâmetros mensais considerados para mitigar o efeito chuva .....	68
Tabela 23 – Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP .....	69
Tabela 24 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP .....	69
Tabela 25 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP .....	70
Tabela 26 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP .....	70
Tabela 27 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP .....	71
Tabela 28 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP .....	71
Tabela 29 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP .....	72
Tabela 30 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP .....	72
Tabela 31 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP .....	73
Tabela 32 – Estações analisadas para a região do Porto .....	77
Tabela 33 - Estações analisadas para a região de Lisboa.....	77
Tabela 34 - Estações analisadas para a região de Évora .....	77
Tabela 35 – identificação dos dados omissos .....	78
Tabela 36 – Estações rejeitadas por omissão de dados superiores a 60% .....	79
Tabela 37 – Estações com maior quantidade de dados obtidos pelo SNIRH.....	79
Tabela 38 - Dados finais acumulados da estação modelo do Porto .....	80
Tabela 39 - Dados da precipitação mensal anual da estação modelo da zona do Porto.....	81
Tabela 40 - Dados em bruto retirados da plataforma do SNIRH.....	82
Tabela 41 - Dados da precipitação mensal acumulada da estação de Amarante.....	82
Tabela 42 - Dados da precipitação mensal anual da estação de Amarante .....	82
Tabela 43 - Valores médios mensais da década em estudo para o distrito do Porto.....	83
Tabela 44 –Valores médios mensais da década estudada vs. dados da estação modelo .....	84
Tabela 45 – Precipitação anual total da década .....	86
Tabela 46 – Resumo da comparação realizada para os vários dados.....	87

Tabela 47 - Volumes considerados para os SAAP por região e tipo de edifício.....	103
Tabela 48 - Tabelas exemplo da análise realizada (Região Porto, Moradia Unifamiliar).....	108
Tabela 49 - Tabelas exemplo da análise realizada (Região Porto, Moradia Unifamiliar).....	109
Tabela 50 - Tabela exemplo da análise realizada (Região Porto, Moradia Unifamiliar) .....	110
Tabela 51 – Tabela Exemplo Da Análise Realizada (Região Porto, Moradia Unifamiliar) .....	111
Tabela 52 - Período de retorno do investimento por região e tipo de edifício .....	112

## **ÍNDICE DE ABREVIATURAS**

SAAP – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

RAAP – Reservatório de Aproveitamento de Águas Pluviais

RHS – Rainwater Harvesting Systems

SAACN – Sistemas de Aproveitamento de Águas Cinzentas e Negra

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

ANQIP – Associação Nacional da Qualidade em Instalações Prediais

IM – Instituto de Meteorologia

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. INTERESSE E ENQUADRAMENTO DO TEMA

Na era das redes sociais e de partilha da informação cada vez mais se trocam experiências, conhecimentos, medos e angústias. Assim acontece em redor do tema “Água”, bem essencial à vida, que no nosso Planeta varia em quantidade, qualidade, disponibilidade e forma.

Atualmente é mais fácil e rápido tomar conhecimento do que se passa do outro lado do mundo. Tomamos por isso conhecimento de que a escassez de água não é uma preocupação apenas local, mas partilhada por todos a nível global, o que contribui para que o tema a desenvolver seja recorrentemente abordado noutros locais e por outras sociedades.

Com efeito, a crescente pressão da sociedade humana na biosfera, nomeadamente causada pelo crescente aumento do consumo dos recursos naturais, levou a que cada vez mais especialistas se dedicassem ao estudo e quantificação das marcas por nós deixadas. Na sua sequência os especialistas William Rees e Mathis Wackernagel desenvolveram, em 1996, o conceito de Pegada Ecológica.

A Pegada Ecológica foi criada para ajudar a perceber a quantidade de recursos naturais que a sociedade humana utiliza para suportar o seu estilo de vida, sendo uma estimativa do impacto que essa tem sobre o Planeta, permitindo avaliar a capacidade existente para renovar os seus recursos naturais, assim como absorver os resíduos e os poluentes gerados.

O cálculo da pegada ecológica de cada indivíduo tem por base diferentes categorias de consumo, como sejam a alimentação, a casa, os transportes, os bens de consumo, a energia, a água, entre outros. Este consumo é convertido em área bio-produtiva, segundo várias parcelas de terreno (terra e mar) necessárias para produzir/repor os recursos utilizados e assimilar os resíduos e os poluentes produzidos por uma dada unidade de população (QUERCUS).

Relativamente ao tema água, surge o conceito de Pegada Hídrica sendo um indicador do uso da água que analisa o seu uso de forma direta e indireta, tanto do consumidor como do produtor. A Pegada Hídrica de um indivíduo, comunidade ou empresa é definida como o volume total de água doce que é utilizado para produzir os bens e serviços consumidos pelo indivíduo, comunidade ou produzidos pelas empresas.

A necessidade de racionalização dos consumos, a introdução de medidas para a otimização dos sistemas de abastecimento, a implementação de políticas de controlo e monitorização e a promoção de campanhas de sensibilização das populações têm sido ferramentas utilizadas com frequência por várias sociedades para a obtenção do mesmo objetivo final – *poupança de*

*água* como mecanismo para reduzir a sua pegada hídrica e por conseguinte a sua pegada ecológica. Em Portugal esta temática tem sido abordada no âmbito do Plano Nacional para Uso Eficiente da água (PNUEA) (PNUEA, 2001 e PNUEA, 2012)

Uma das soluções que permite a poupança da água é o aproveitamento da água da chuva. De uma forma resumida, um sistema de aproveitamento de água da chuva permite captar água da chuva, reaproveitando-a para fins domésticos, reduzindo assim o consumo de água potável que de outra forma teria de ser utilizada para esses mesmos consumos.

Embora se trate de sistemas simples, com recurso a materiais e soluções pouco complexas, a implementação dessas medidas é ainda assim muitas vezes recusada por desconhecimento das mesmas e do seu real custo/benefício.

O aproveitamento da água da chuva, para fins não potáveis, permite a redução do consumo de água potável e do custo de fornecimento da mesma e uma melhor distribuição da carga de água da chuva no sistema de drenagem urbana, o que ajuda a controlar as cheias. (Bertolo, 2006). Em Portugal o aproveitamento de água da chuva, captada das coberturas, para reutilização distribuída pelo consumo do edifício, tem vindo a obter uma maior aceitação (Sacadura, 2011), estando contudo ainda longe de uma implementação efetiva satisfatória (Bertolo, 2006).

No entanto, como os critérios de decisão assentam sobretudo em análises económicas, é fundamental saber avaliar soluções possíveis e estimar os reais custos associados. Apesar disto é igualmente necessário conseguir passar a mensagem de que nem tudo se resume a um custo e que para além disso há que saber avaliar o peso social e ambiental da opção pelo aproveitamento de águas pluviais. De facto, a implementação destas medidas ajudará a impulsionar outros a segui-las e sobretudo a, no futuro, serem encaradas como soluções adequadas face a uma realidade que se antevê ser de subida constante dos preços da água potável, de acordo com publicações recentes produzidas pelo Governo Português.

Portugal não sofre, na generalidade do seu território, de longos períodos de seca (Vieira, 2003). Pelo contrário possui água em quantidade suficiente para as necessidades agrícolas existentes, encontra-se servido de uma forma globalmente muito satisfatória de sistemas públicos de distribuição de água, sistemas esses abrangentes e fiáveis com a garantia de fornecimento de água com qualidade totalmente potável (Vieira, 2003). Enquanto este cenário se mantiver será sempre difícil justificar economicamente o investimento em soluções com custos iniciais elevados para reduzir os consumos de um bem, que por si só é garantido aos consumidores, em quantidade e qualidade, a custos manifestamente reduzidos.

É por isso importante sensibilizar a população para o facto de a água ser um bem que apesar de não ser inesgotável, é sem dúvida limitado enquanto potável e com cada vez maior grau de escassez, pelo que a sua utilização e consumo deverão ser otimizados e racionalizados eficazmente.

Nesse contexto, o aproveitamento de água de forma genérica e mais particularmente o aproveitamento da água da chuva recolhida das coberturas dos edifícios torna-se matéria de estudo com plena justificação.

## **1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO**

Verifica-se que a maioria dos temas já publicados foca ao pormenor os diversos pontos de interesse que circundam um sistema de aproveitamento de águas pluviais. Contudo, a sua maioria termina de uma forma mais ou menos generalizada por exemplificar os dados apresentados com recurso a um SAAP de uma moradia ou edifício unifamiliar de pequenas dimensões.

Um dos objetivos do presente trabalho é assim apresentar estudos idênticos em teoria mas aplicados a casos práticos reais e de distintas aplicações. Neste campo a definição da tipologia representa um papel fundamental uma vez que se relaciona diretamente com o tipo de utilização e portanto diretamente relacionada com o consumo expectável do edifício. De igual forma, relacionada com a tipologia, está a área de implantação do edifício. Enquanto a dimensão da área de captação de uma moradia T3 com quatro utilizadores, se encontra entre os 100 e os 400 m<sup>2</sup>, um edifício industrial por exemplo, possuirá uma área de captação várias vezes superior. A apresentação destes resultados revela-se assim interessante.

As tipologias surgem pela necessidade de classificar diferentes formas de utilização. Para além desse facto, para o cálculo de um SAAP, o mais importante é a correta definição do perfil de utilização do edifício e qual a sua variabilidade temporal, isto é, o consumo de ponta e fora deste.

Relativamente a tipos de consumo e definição de perfis-tipo, importava que os edifícios selecionados permitissem abranger não só perfis de utilização associados à habitação, mas também importava apresentar edifícios cujos perfis sejam associados ao período de trabalho dos utilizadores, completando assim o normal ciclo diário. Os edifícios selecionados, de habitação unifamiliar, habitação multifamiliar, de serviços privado, escolar, de serviços público, hospitalar, industrial e prisional, permitem dar essa visão geral.

No contexto do atrás descrito, este trabalho procurará descrever e comparar para diferentes tipos de edifícios e utilização o comportamento potencial (ideal) e real de sistemas de aproveitamento de água da chuva.

Nesse sentido procurou-se analisar três parâmetros fundamentais para uma correta avaliação do potencial de um SAAP:

- a) Características e soluções construtivas do edifício;
- b) Determinação eficaz e precisa dos consumos futuros do edifício;
- c) Determinação das séries pluviométricas da região onde o edifício se localizará.

Para cada tipo de edifício existente, seja de habitação, de serviços, industrial ou de utilização pública, este trabalho:

- Identifica o perfil característico de consumo,
- Identifica a viabilidade económica da implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais,
- Compara situações de projetos reais, em que se verificam restrições ao dimensionamento dos volumes de reservatórios, com uma situação ideal sem essas mesmas restrições,
- Apresenta valores para os custos iniciais expectáveis para a implementação de um SAAP, em função da utilização tipo do edifício,
- Demonstra de que forma variam os volumes totais de aproveitamento dos SAAP em função da utilização tipo do edifício e de que forma varia a despectiva viabilidade económica dos mesmos.

Por fim, pretende o presente trabalho contribuir para facilitar a implementação de novos sistemas SAAP, ajudando os projetistas a transmitir de uma forma mais sustentada a importância da implementação destes sistemas.

### **1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Após o presente capítulo introdutório, no Capítulo 2 é dedicado a desenvolver o que são sistemas de aproveitamento de água pluvial, apresentando a revisão bibliográfica, onde se relata de uma forma resumida o panorama passado e presente relacionado com a escassez de água, suas principais utilizações e soluções encontradas ao longo dos tempos para promover a sua captação, recolha, tratamento, aproveitamento e reutilização, pelas diferentes culturas e civilizações.

No Capítulo 3 é apresentada a metodologia desenvolvida na presente dissertação.

No Capítulo 4 são descritos os diferentes tipos de edifícios selecionados para estudo, com descrição detalhada das suas características gerais, tais como: tipologia, áreas de implantação, área de cobertura e área total de cobertura para recolha de águas pluviais. O número significativo de edifícios com diferentes tipos de utilização levam a considerar um capítulo único para este tema.

No Capítulo 5 é feita a descrição dos perfis de utilização e caracterização dos consumos de cada edifício selecionado para estudo.

No Capítulo 6 são descritos os diferentes locais de estudo onde se consideraram implantados os edifícios anteriormente descritos e a razão para tal escolha, bem como é realizada a análise pluviométrica para cada zona selecionada. A precipitação tipo de cada zona é definida através de uma metodologia própria e no final os resultados obtidos são comparados com os valores de precipitação constante nas cartas pluviométricas nacionais.

O Capítulo 7 trata do cálculo das capacidades dos reservatórios dos sistemas SAAP, em dois cenários distintos, real e ideal.

No Capítulo 8 apresenta-se a análise de viabilidade económica dos projetos em estudos. Para cada caso são calculados os custos de primeiro investimento, de manutenção e custos variáveis, associados às despesas de eletricidade e água. A viabilidade económica de cada projeto é obtida através da diferença entre o potencial de poupança pela introdução do SAAP com o custo natural de despesa de água, se nenhum sistema fosse instalado.

No Capítulo 9, apresentam-se as conclusões deste trabalho e deixam-se sugestões para temas a desenvolver no futuro.

## 2. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

### 2.1. BREVE ESTADO DA ARTE

O aproveitamento de água pluvial em coberturas para armazenamento e reutilização futura em utilização doméstica é algo que vem sendo aplicado em diversas culturas e desde a antiguidade.

As antigas civilizações do Velho Mundo, atual Médio Oriente, construíam reservatórios comunitários onde eram armazenados grandes volumes de água captada das chuvas, para regadio e consumo. De acordo com Schisttek (2001) estas civilizações atuavam em comunidade, criando nos centros dos povoados grandes reservatórios localizados muitas vezes por baixo das praças centrais, onde era recolhida toda a água captada dos telhados, constituindo assim uma reserva para a época mais seca do ano.

Esse mesmo conceito foi mais tarde aproveitado pelos Romanos, que aperfeiçoaram a tecnologia através da criação de grande canais de transporte de água, que permitiam transportar a água recolhida e armazenada a grandes distâncias. A construção de grandes reservatórios de água continuou assim a ser implementada.

O império Inca (América do Sul) também desenvolveu sistemas vastos e complexos de recolha, reserva e transporte de água, conforme fica comprovado ao visitar as ruínas de algumas das cidadelas que hoje se transformaram em focos turísticos. A cidadela Machu Picchu (Perú) tornou-se alvo de estudo e pesquisa, ao serem descobertos em bom estado de conservação inúmeros canais esculpidos na pedra, que interligavam reservatórios para onde a água recolhida era encaminhada. Estas infraestruturas permitiam a autossuficiência de água em vários meses, tendo ajudado a prolongar o sucesso do Império Inca no continente Sul-Americano.

Em Portugal, há igualmente registos antigos da utilização destas soluções. O Castelo de Tomar, datado de 1160, possui um reservatório com cerca de 150m<sup>3</sup> para onde as águas da chuva recolhidas nas coberturas e pátios eram encaminhadas. (Bertolo, 2006)

É possível assim afirmar que se encontra na génese do ser humano o reconhecimento do real valor da água e da vital importância que esta possui para a sobrevivência e prosperidade de um povo.

Mais recentemente, desde metade do século XIX, com o desenvolvimento industrial e a explosão demográfica associada que se verificou por todo o mundo, a importância da água e a

problemática da sua escassez face ao aumento exponencial da sua procura contribuiu para que o tema venha a ser alvo de sucessivos estudos e análises.

A água potável fornecida às populações pelos sistemas de distribuição pode ter duas origens distintas. Poderá ser captada superficialmente, em espelhos de água criados artificialmente pelo homem e/ou em linhas de água naturais, ou poderão ser captadas em profundidade.

As primeiras possuem normalmente custos de captação menores comparativamente com as captadas em profundidade, contudo pela capacidade de transporte da água, estas captações apresentam uma qualidade imprópria para consumo, obrigando a investimentos elevados em sistemas de desinfecção e tratamento, para remover matéria suspensa e dissolvida nociva, que tornam a água imprópria para consumo.

A captação em profundidade, conforme já indicado, implica investimentos mais avultados, sobretudo associados aos consumos elétricos dos grupos de bombagem. Contudo é frequente verificar-se que estas captações garantem uma qualidade da água que dispensa complexos sistemas de tratamento antes da sua distribuição, reduzindo assim os custos de exploração.

Torna-se assim evidente da necessidade de reduzir o consumo de água. Embora a redução do consumo de água potável para fins potáveis seja de difícil implementação, dado o aumento constante da população mundial, já a redução do consumo de água potável para fins não potáveis é possível e desejável (RainDrops, 2002).

É neste ponto que o aproveitamento de águas pluviais reforça a sua importância, permitindo utilizar água não potável mas de qualidade elevada, para consumos não potáveis, como por exemplo bacias de retrete, urinóis, lavagem de pavimentos, utilização industrial, etc.

O aproveitamento das águas pluviais tem servido igualmente para amortecimento e diminuição do impacto que o desenvolvimento exponencial dos centros urbanos introduz no meio hídrico envolvente.

De acordo com Water Footprint Network, países como a Alemanha, Estados Unidos da América, Japão, Índia e Brasil, referindo apenas os principais, têm servido de exemplo para os restantes no que diz respeito ao desenvolvimento de novas soluções de aproveitamento de água da chuva, encontrando-se alguns deles não só na liderança de soluções técnicas, como na implementação efetiva de medidas políticas para incentivo da adoção de tais sistemas.

Na Alemanha, pensa-se nos sistemas de aproveitamento de águas pluviais à escala da cidade, como forma de introduzir fatores de amortecimento de caudal em alturas de fortes chuvadas. Com o desenvolvimento crescente das malhas urbanas, verifica-se um aumento significativo

dos coeficientes de impermeabilização dos solos, alterando o meio hídrico envolvente e os seus parâmetros de funcionamento ótimos. A introdução de reservatórios, de pequena e média dimensões permitirá um aumento da capacidade de encaixe dos sistemas de drenagem urbanos, garantindo-se níveis de funcionamento aceitáveis em períodos de fortes chuvadas bem como manterá equilibradas as respectivas bacias hidrográficas.

Em países como a Alemanha, os Estados Unidos da América e o Japão têm já implementadas medidas de incentivo à adoção de soluções de recolha e reaproveitamento de água chuva, revelando-se o estado financiador parcial de projetos submetidos à apreciação pelos seus organismos de controlo e que se revelem efetivamente criadores de poupança. (Herrmann e Schmida, 1999)

No Brasil as medidas vão um pouco mais além, impondo via legislação a implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em todas as novas construções com mais de 1000 m<sup>2</sup> e/ou com consumos não potáveis expectáveis superiores a 150 m<sup>3</sup>/mês.

Este tipo de medida ainda não se encontra prevista em Portugal havendo contudo sido já mencionado como ferramenta de considerável interesse para o desenvolvimento do País, (Soares e Gonçalves, 2001).

## **2.2. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS**

Em Portugal este tema também tem sido alvo de estudo pela comunidade científica, havendo já sido criados grupos para a discussão e estudo deste tema. De uma forma resumida enunciam-se alguns estudos com relevância para o tema apresentado.

FERREIRA et al. (2010) desenvolveram um estudo onde avaliam a viabilidade económica de um aproveitamento de águas pluviais aplicado numa urbanização em Vila Real.

BERTOLO (2006) desenvolveu a sua tese em torno do estudo e dimensionamento de reservatórios para o aproveitamento de águas pluviais. Apresentando para um caso de estudo a metodologia por si desenvolvida para o cálculo otimizado do volume dos tanques de aproveitamento, acompanhada de uma análise económica dos sistemas implementados.

Paralelamente a Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais (ANQIP) tem vindo a promover debates e conferências sobre a temática do aproveitamento de águas pluviais, tendo promovido a elaboração de fichas de especificação técnica (ETA-0701) sobre os critérios técnicos a respeitar na realização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais com vista à promoção de um plano nacional de certificação deste tipo de sistemas.

Pode-se resumir em algumas áreas de estudo os trabalhos de investigação que têm sido desenvolvidos e apresentados relacionados com este tema.

### **2.2.1. A IMPORTÂNCIA DE UM CORRETO DIMENSIONAMENTO**

O elemento mais dispendioso e com o maior impacto no comportamento de um SAAP é o reservatório. Sobre ele recai a importância da escolha do local para sua instalação pois será em seu redor que serão instalados todos os equipamentos necessários ao SAAP. Assim é importante que o seu processo de dimensionamento seja o mais correto possível facto que deverá levar a que sejam amplamente discutidas pelos vários intervenientes no projeto, engenheiros, arquitetos e donos de obra, as várias variáveis existentes. Locais e dimensões, impacto estrutural, acessibilidade para manutenção, viabilidade dos sistemas de drenagem são algumas variáveis que deverão ser discutidas.

Ao nível da sua funcionalidade e da garantia da qualidade da água após recolha, um reservatório não deverá permanecer por um longo período vazio mas não deverá ser sobredimensionado sobre risco de promover a deterioração da água por estagnação durante longos períodos de tempo. O seu dimensionamento deverá portanto promover um funcionamento equilibrado, minimizando o desperdício de água pluvial, sem sacrificar o consumo necessário.

Para tal é necessário conhecer as características do edifício a servir, nomeadamente ao nível dos consumos expectáveis e áreas de captação possíveis de serem utilizadas. É ainda necessário ser-se capaz de estimar com rigor o comportamento climatológico da região na qual o edifício será inserido.

### **2.2.2. DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS E DOS SISTEMAS**

A pesquisa realizada permitiu concluir que a maioria do trabalho de investigação que tem vindo a ser produzido centra-se no estudo e dimensionamento otimizado da capacidade a atribuir aos reservatórios, que garantirão a reserva de água captada. São parâmetros de dimensionamento: a determinação dos consumos expectáveis da rede a alimentar e a análise estatística dos registos pluviométricos da região em estudo. O volume final de reserva é obtido, de uma forma simplificada, pela diferença entre o volume consumido e o recolhido.

Em regiões onde a pluviosidade tem um perfil de ocorrência sazonal, obtêm-se volumes elevados se for pretendido satisfazer durante todo o ano o mesmo nível de consumos (Lee, 2000).

Para a obtenção de dados fiáveis são normalmente utilizadas ferramentas estatísticas para tratamento das séries pluviométricas registadas. Quanto maior for a base de dados maior rigor

nos resultados será obtido. Deve ser utilizada uma análise de frequência, para a determinação da probabilidade de ocorrência de um evento futuro com base nos registos existentes (Lee, 2009). Sugere ainda que o volume total do reservatório deverá ser obtido após a avaliação da possibilidade do sistema (consumidores) admitir uma falha de alimentação ou não. Se tal for permitido, o reservatório deverá ser calculado com base numa análise probabilística onde se calcula a probabilidade do sistema entrar em falha, admitindo à partida que o sistema entrará em falha um número de vezes por ciclo, mas permitindo um volume de reserva menor, com custo menores.

Se tais falhas do sistema não forem admitidas, o reservatório deverá ser calculado utilizando uma análise de pico, em que o volume determinado garante o funcionamento de um ciclo completo sem falhas. Este método apresentará custos superiores inerentes à maior dimensão da reserva.

Num estudo relacionado com a otimização da capacidade de reserva de sistemas de aproveitamento, verificam-se variações do volume final obtido quando se alteram apenas algumas variáveis, deixando a sugestão para se admitir a utilização de reservatórios de volumes estandardizados, soluções mais económicas já que o cálculo preciso do volume ótimo necessário é de difícil determinação (Khastagir e Jayasuriya, 2009).

Referem ainda a necessidade de se criar um plano de utilização com discriminação dos consumos expectáveis, definindo diferentes cenários de utilização e identificando as ocorrências mais desfavoráveis e assim otimizando o volume final da reserva.

Ghisi, (Ghisi et al., 2006) apresentam também um estudo sobre o dimensionamento da capacidade dos reservatórios utilizados pelos sistemas de aproveitamento de águas pluviais no sudoeste do Brasil. Nesse estudo é sugerida a aplicação de um coeficiente de 0,80 sobre os volumes de chuva registados de forma a compensar uma perda estimada de 20% relacionada com o first-flush, evaporação e perda de água que não é totalmente captada pelo sistema de aproveitamento.

Segundo descrito na publicação ETA 0701, pela Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais (ANQIP), first-flush é o termo utilizado para descrever as primeiras águas pluviais captadas pela cobertura em cada chuvada, cujo desvio do sistema se recomenda por razões de qualidade.

No estudo de Ghisi (Ghisi et al., 2006) a determinação do volume do tanque de reserva é feita quando o incremento do potencial de poupança de água potável é inferior a 0,5% com um aumento da capacidade de reserva em 1000 litros. Este conceito difere do aplicado pela

restante comunidade científica que vem estudando este tema, tendo a vantagem de preservar durante todo o processo de dimensionamento do sistema o real benefício pretendido, ou seja, a poupança de água potável.

Há a necessidade de se acautelar o período de repouso da água armazenada no dimensionamento do volume do tanque, como forma de garantir os níveis adequados de qualidade da água recolhida (Pereira, 2003). Afirmar assim que reservas menores permitem uma utilização mais regular dos níveis totais de água disponíveis, permitindo evitar assim longos períodos em que a água se encontra estagnada no interior do tanque, os quais aumentam as possibilidades de degradação da qualidade da água.

Na mesma linha de raciocínio do afirmado por Ghisi (Ghisi et al., 2006) revela ainda que o aumento dos volumes dos reservatórios nem sempre é sinónimo de garantia do aumento proporcional da capacidade de aproveitamento uma vez que afirma verificar-se que a partir dos 70% de aproveitamento apenas se verifica um aumento de 5% a 10% do coeficiente de aproveitamento para um aumento de 50% da capacidade total da reserva.

Em Portugal, a ANQIP tem publicado um conjunto de especificações técnicas (ETA-0701) cujas recomendações poderão ser seguidas para o dimensionamento dos reservatórios de aproveitamento de água pluvial e seus sistemas. Usando por base o recomendado na ETA-0701 (ANQIP, 2009), existem diferentes métodos que poderão ser utilizados para o dimensionamento correto do volume útil dos reservatórios.

Para sistemas a instalar em moradias unifamiliares, com perfil de consumo constante durante o ano, é sugerido aplicar-se o Método Abreviado Alemão, que sugere a definição de um volume útil que, simultaneamente, satisfaça aos seguintes indicadores:

- 25 a 50 litros por m<sup>2</sup> de telhado

- 800 a 1000 litros por habitante

Para sistemas a instalar em edifícios de tipologias e utilização distintas, mas com uma estrutura de consumos relativamente uniforme ao longo do tempo, é recomendado aplicar-se métodos simplificados, como o Método de Azevedo Netto, o Método Prático Inglês, o Método Simplificado Alemão e o Método Espanhol.

O Método Simplificado Alemão, o mais recorrentemente mencionado na literatura, é baseado no volume anual aproveitável ( $V_a$ ), dado pela expressão (1), e nos consumos anuais estimados ( $C_e$ ).

O volume anual de água da chuva a aproveitar pode ser determinado pela expressão:

$$Va = C.P.A.\eta_f \quad (1)$$

onde

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

C - Coeficiente de run off da cobertura

P - Precipitação média acumulada anual (mm)

A - área de captação (m<sup>2</sup>)

$\eta_f$  - Eficiência hidráulica da filtragem (permite atribuir um grau de eficácia ao sistema)

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

$$- Vu = \text{Min} \{Va \text{ ou } Ce\} * 0,06 \quad (2)$$

O Método de Azevedo Netto e o Método Prático Inglês apenas se baseiam nos volumes de precipitação, sendo o valor final independente dos consumos. O método brasileiro de Azevedo Netto, estudado para condições climáticas significativamente diferentes das que se observam em Portugal, conduz (para uma estiagem de 3 meses, valor geralmente admitido em Portugal nestes estudos), a um volume que é cerca do dobro do obtido pelo Método Simplificado Alemão, considerado excessivo.

O Método Prático Inglês conduz a valores próximos dos obtidos com o Método Simplificado Alemão. O Método Simplificado Espanhol é um método que pondera precipitações e consumos, à semelhança do Método Alemão, mas considera o valor médio e um período de reserva de 30 dias. Com este método, o volume útil deve ser, no mínimo:

$$- Vu = [(Va + Ce)/2] * (30/365) \quad (3)$$

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

Os métodos mais complexos, que se recomendam para sistemas de maior dimensão ou quando a estrutura de consumos não é uniforme ao longo do tempo (situação que pode ser relevante, por exemplo, quando se considera a rega de espaços verdes ou em ocupações sazonais), são métodos tradicionais de otimização de volumes de reservatórios, através de

diferenças mensais (ou diárias), que exigem o conhecimento pormenorizado das precipitações locais e do diagrama dos consumos. Nesta categoria podem englobar-se o método de Rippl, o método da Simulação e o método Australiano.

O Método de Rippl consiste na determinação do volume com base na área de captação e na precipitação registada, considerando-se que nem toda a água precipitada é armazenada e correlacionando-se tal volume com o consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável. Os dados da pluviometria são assim de extrema importância para a precisão no dimensionamento.

Os dados de entrada do cálculo do volume através deste método são:

- Precipitação média mensal ou diária
- Consumo mensal ou diário
- Área de captação
- Coeficiente de escoamento superficial
- Eficiência do sistema de filtragem (inclui first-flush)

Os dados de saída do cálculo do volume através deste método são:

Volume aproveitável ( $m^3$ ): volume máximo de água pluvial que poderá ser recolhido no intervalo de um mês

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (4)$$

- V = Volume mensal ou diário de água pluvial (L)
- P = Precipitação média mensal ou diária (mm)
- A = Área de captação ( $m^2$ )
- C = Coeficiente de escoamento superficial (-)
- $\eta$  = Eficiência do sistema de filtragem (-)

Ao introduzir os dados mencionados na referida fórmula obtém-se o volume máximo do reservatório. É importante referir que para o método de Rippl admite-se que o reservatório atende o consumo da série total, com o reservatório totalmente cheio, ou seja, caso existisse um reservatório cheio de água no início da série, com a capacidade obtida no cálculo, todo o consumo de água não potável seria atendido.

### 2.2.3. ANÁLISE DOS CONSUMOS

O estudo dos consumos domésticos e a forma como são repartidos ao longo do dia, pelos vários tipos de utilização tem sido um tema com particular destaque, encontrando-se os dados obtidos diretamente relacionados com o processo de dimensionamento dos volumes de reserva.

Cristiane (Cristiane e Ghisis, 2005) debruçam-se sobre o estudo dos consumos e o comportamento dos utilizadores, definindo um perfil de utilização tipo para utilização direta no dimensionamento de sistemas de aproveitamento.

No seu estudo analisam com detalhe diversos edifícios públicos, registando os consumos verificados e promovendo entrevistas com os utilizadores de forma a poderem definir o perfil de utilização mais adequado. Concluem que dos dez edifícios analisados, entre 44,3% a 84,3%, com média de 72,1%, dos consumos totais de água registados dizem respeito à utilização em equipamentos passíveis de utilizarem água não potável, como sendo bacias de retrete e urinóis.

Apresentam ainda dados interessantes, decorrentes da análise detalhada dos equipamentos utilizados em cada edifício, registando os seus parâmetros de funcionamento (caudal, tempo de funcionamento por utilização, etc.). Concluem que dos dez edifícios analisados, 47,7% do consumo total diário diz respeito a bacias de retrete, 30,6% diz respeito à descarga de urinóis, 26,6% relaciona-se com a utilização de sistemas de refrigeração (com especial ressalva para a necessária avaliação caso a caso dos consumos destes sistemas sempre que se verificarem). Desta análise é possível retirar a conclusão de que aproximadamente 77% do volume total consumido diariamente num edifício público poderia ser fornecido por sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Em Portugal é possível obter semelhantes valores consultando o PNUEA 2001, onde é referido (pag. 63) que a estrutura do consumo doméstico nacional reparte-se da seguinte forma: 41% para consumo de torneiras, 11% para consumo de autoclismo, 39% para chuveiros, 7% para máquina de roupa e 2% para máquinas de loiça.

Um dos principais temas de estudo desenvolvidos baseia-se na análise técnico-económica de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, procurando demonstrar para cada sistema a relação custo-benefício obtida.

Domènech (Domènech e Saurí, 2010) apresentam um estudo desenvolvido sobre o enquadramento social, as expectativas geradas em torno da implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios familiares e multifamiliares na região de

Barcelona. Concluem que apesar do retorno do investimento ser longo verifica-se junto dos entrevistados e utilizadores de sistemas de aproveitamento, um estado de satisfação elevado pela implementação de tais sistemas apoiando-se num sentimento de dever social cumprido. Com base nesse estudo apontam estratégias para o desenvolvimento de medidas de regulamentação e incentivos a promover pelas entidades locais para a promoção e instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

#### **2.2.4. ENERGIA POUPADA**

Em redor deste tema têm surgido também estudos relacionados com a poupança de energia e o desenvolvimento de soluções de aproveitamento de águas pluviais que dispensam ou implementam medidas com reduções efetivas dos consumos de energia elétrica.

De facto se analisado no seu todo, verifica-se que a implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais introduz uma poupança significativa de água potável mas por outro lado introduz também um aumento do consumo de energia, associado normalmente aos equipamentos de bombagem, filtração e tratamento que na maioria das vezes são necessários de serem implementados.

O balanço da pegada ecológica introduzida pela implementação destes sistemas de aproveitamento de água pluvial é negativo, devendo ser equacionada a estratégia a seguir de uma forma mais abrangente. Nesse sentido têm surgido estudos relacionados com essa problemática, onde se aponta para o desenvolvimento de sistemas de aproveitamento que possuem soluções de reduzido ou nulo consumo energético.

Chiu (Chiu et al., 2008) abordam no seu estudo a necessidade de analisar a implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial com uma análise paralela do consumo energético espectável. Revelam que a distribuição de água e a consumo energético deve ser analisado em conjunto, devendo-se determinar perfis de consumo que minimizem o consumo energético. Estes perfis deverão ser aplicados no dimensionamento dos volumes de reserva dos sistemas de aproveitamento, atuando como um dos parâmetros de cálculo.

#### **2.2.5. CAPTAÇÃO**

Relacionado com a recolha da água da chuva, todas as áreas impermeáveis poderão ser no limite consideradas como potenciais locais para efetivar a recolha. Contudo, o verificado normalmente é a rejeição das áreas que de uma forma ou de outra irão dificultar a instalação de um SAAP.

Áreas situadas em cotas próximas das de referência, áreas de parques de estacionamento ou de vias de utilização automóvel, áreas de dimensão reduzida ou com planos demasiado

inclinados são normalmente factores que à partida poderão excluir a consideração serem usadas na rede de um SAAP.

O cuidado e interesse em captar a maior quantidade de água possível num mesmo local, com níveis de contaminação reduzidos e onde seja possível controlar o comportamento ou pelo menos mitigar os riscos associados a uma chuvada fora dos valores médios previstos tende a que na larga maioria das vezes as áreas de recolhas seleccionadas sejam as coberturas dos edifícios.

#### - Qualidade da água recolhida

Relativamente à qualidade da água da chuva recolhida, o objetivo é que o grau de contaminação da mesma à entrada do reservatório não seja superior ou pelo menos não seja significativamente superior à qualidade da mesma aquando da sua chegada á cobertura, no seu estado natural. Isto é, que seja mitigado o efeito da contaminação pelo contacto da água da chuva com a cobertura e demais órgãos. Este depende dos materiais usados na construção das coberturas e dos resíduos que, ao longo do tempo, se vão depositando nela. Surge assim o conceito de first-flush, considerado em todos os projetos apresentados neste estudo.

Com os telhados a tenderem a ficar sujos com a acumulação de resíduos, especialmente em coberturas planas e após longos períodos de tempo entre precipitações, prevê-se uma rejeição direta das primeiras chuvas recolhidas – first-flush. O seu conceito será descrito mais a frente neste documento.

Outra questão de igual importância é a consideração de que a eficácia de aproveitamento das águas da chuva não é de 100%. Para precaver as perdas do sistema, tais como fugas, galgamento pela ação do vento e evaporação, para todos os projetos apresentados foram calculados os respectivos coeficientes de escoamento das suas coberturas.

#### - Coeficiente de escoamento

De acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, (RGA, 1995) o coeficiente de escoamento é a razão entre a precipitação útil (isto é, aquela que dá origem ao escoamento) e a precipitação efetiva (ou seja, aquela que cai dentro da bacia). O coeficiente de escoamento depende da evaporação e do tipo de pavimento. Foram considerados os seguintes valores para este coeficiente, em função das coberturas identificadas.

Valores dos coeficientes de escoamento	
Coberturas impermeáveis (telha, cimento, asfalto, etc.)	0,8
Coberturas planas com gravilha	0,6
Coberturas verdes extensivas (pouco porosas)	0,5
Coberturas verdes intensivas (muito porosas)	0,3

Tabela 1 - Coeficientes de Escoamento

Conforme referido anteriormente, a dimensão do SAAP vai depender de forma significativa da área de captação disponível em cada edifício. Assim será identificada qual a área total de cobertura e qual a área total utilizada para recolher água da chuva. Em certos casos verifica-se que a área efetiva de captação é inferior á área total disponível quando aparentemente parecem reunir condições de recolha semelhantes. De facto em muitos casos rejeita-se parte da área potencial disponível por questões relacionadas com grandes distâncias de transporte ao órgão de armazenagem, ocupação da cobertura com equipamento diverso (mecânico e outros) ou por exigência do programa base para que seja deixada uma área livre de instalações especiais.

Assim a área de captação define-se pela projeção horizontal dos seus planos, ou seja, pela área de implantação deste e que contribua para a recolha das águas da chuva.

#### 2.2.6. CONDUÇÃO

Os edifícios seleccionados contam na sua maioria com a instalação de sistemas de recolha tradicional em cobertura horizontal (pendentes e caleiras ou canaletes de transporte utilizando pontos altos e baixos) e recurso a sistemas sifónicos para o transporte desde a cobertura até á entrada do órgão de reserva.

Uma vez que do ponto de vista arquitetónico a instalação de tubagens de queda pelo exterior do edifício apresenta um impacto visual significativo, opta-se frequentemente por uma solução de condução das recolhas das coberturas pelo interior do edifício, isto é recorrendo a “courettes” técnicas. Neste caso, o sistema sifónico apresenta vantagens significativas quando comparado com o sistema gravítico, nomeadamente ao nível da flexibilidade dos traçados e ao nível dos atravancamentos, razão pela qual frequentemente é utilizada como solução final. O esquema apresentado evidencia as vantagens do sistema sifónico quando comparado com o sistema tradicional,

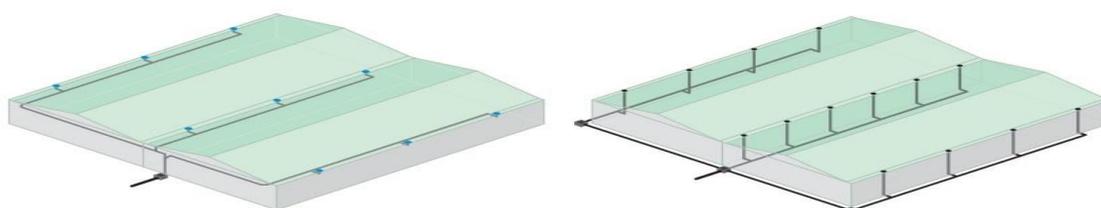


Figura 1 - Sistema sifónico (à esq.) vs. Sistema tradicional (à dir.) (esquema retirado do catálogo Rainplus, Valsir)

Conforme o esquema permite observar, a adoção na maioria dos casos por este sistema justifica-se por ser uma solução que permite reduzir o número de condutas de descida, simplificando, deste modo, a recolha horizontal e as ligações com os coletores principais, normalmente enterrados.

Outra das vantagens deste sistema é a redução do diâmetro das tubagens e a instalação horizontal (sem declives), evitando os atravancamentos habituais de uma rede convencional, que poderiam ser excessivos devido à dimensão do edifício, permitindo assim vencer distâncias de entrega superiores às do sistema tradicional.

Assim, de uma forma geral, prevê-se a instalação do sistema sifónico para drenagem das áreas mais significativas das coberturas, sendo possível resolver de uma forma eficaz a drenagem de grandes áreas recorrendo a tubagens de calibre reduzido e sem pendente.

Dado tratar-se de um sistema patenteado, o cálculo e instalação do sistema sifónico previsto para a solução de drenagem das coberturas até respeitará escrupulosamente as recomendações do fabricante e as diretivas do documento de homologação do sistema. Os principais fabricantes destes sistemas são a Geberit e a Valsir, ambas com experiência comprovada no fornecimento e instalação deste tipo de solução de drenagem.

#### **2.2.7. RESERVA**

Os reservatórios variam de dimensão e forma de projeto para projeto, contudo de uma forma geral o mesmo conjunto de considerações iniciais é comum a todos.

Por razões arquitetónicas e estruturais por norma considerou-se a instalação dos reservatórios em áreas técnicas existentes normalmente no piso de referência do edifício em questão ou em pisos enterrados. Estes locais apresentam a desvantagem de introduzirem cuidados específicos para que sejam garantidas ligações gravíticas às redes enterradas de drenagem de água pluvial. Não obstante das referidas dificuldades, todos os sistemas definidos nos projetos apresentados garantem que em caso de entrada em funcionamento do sistema de drenagem, este comece por encher o reservatório referido e, de forma gravítica, quando a sua capacidade for atingida, comece a descarregar na rede geral esse mesmo caudal, acabando por entrega-lo no coletor público. Tal solução revela-se de extrema importância uma vez que qualquer necessidade de bombagem de caudal recolhido, para além de contraproducente, iria prejudicar e anular qualquer mais-valia económica obtida pela adoção de tal sistema de reaproveitamento de água pluvial.

As características, materiais e equipamentos dos órgãos de reserva considerados para cada edifício são descritos posteriormente no capítulo 8 deste documento.

### **2.2.8. ABASTECIMENTO**

Independentemente das soluções desenvolvidas para as restantes redes, nomeadamente a rede de água potável, que poderá para qualquer projeto ser projetada para ser alimentada diretamente pela rede pública ou através de sistema de pressurização, a rede de água não potável será sempre desenvolvida baseada num sistema pressurizado. Assim a rede que alimenta os órgãos selecionados, bacias de retrete e urinóis e/ou rega, serão abastecidos por uma rede paralela à rede de distribuição de água potável. Esta rede paralela terá início no reservatório de aproveitamento de águas pluviais, localizado em área técnica já referida e será pressurizada através de grupo de bombagem instalado na referida área técnica, dimensionado de forma a garantir o abastecimento ao aparelho mais desfavorável da rede.

### **2.2.9. RESERVATÓRIO TIPO**

O reservatório de armazenamento da água da chuva representa o investimento mais significativo no sistema de recolha de água da chuva. De forma a maximizar a eficiência do sistema, o seu plano de construção deverá refletir decisões acerca da sua melhor localização, da sua capacidade e da seleção do material (Bertolo & Simões, 2008).

A localização dos reservatórios poderá ser acima ou abaixo do solo. As instalações acima do solo evitam custos associados com a escavação e com certas questões de manutenção; reservatórios abaixo do solo beneficiam de temperaturas mais frescas. De forma a maximizar a eficiência, os reservatórios devem localizar-se tão perto quanto possível de ambos os pontos, o de fornecimento e o de consumo. Se se pretender a utilização da água da chuva por gravidade, os reservatórios deverão localizar-se no ponto com maior cota possível. O reservatório poderá beneficiar se for localizado numa zona de sombra. A luz solar direta pode aquecer a água e estimular o crescimento de algas e o crescimento bacteriano, afetando a qualidade da água (ANQIP, 2009).

No caso de o reservatório ser a única fonte de água, na escolha do local de implantação é aconselhável ter em consideração a possível necessidade de introdução de água por uma fonte auxiliar, como por exemplo, por um camião cisterna, no caso da fonte de água estar esgotada ou devido à sua utilização excessiva ou a condições de seca. Assim, deve localizar-se num local acessível por um autotanque, preferencialmente perto de uma estrada ou caminho, e posicionado de modo a evitar atravessamentos de linhas de água, de coletores de águas residuais e de relvados ou jardins (Bertolo & Simões, 2008).

Nos casos apresentados, os reservatórios foram previstos em betão armado, instalados em áreas técnicas enterradas próprias ou fazendo parte da própria estrutura do edifício. Para cada caso houve distinção em termo de avaliação do custo associado a escavações e da própria

estrutura do órgão de reserva. Para o custo do reservatório foi seguido o considerado por Neves (2004), segundo o qual o custo do reservatório pode ser obtido em função do volume pretendido, de acordo com a seguinte fórmula:

$$C = 428 \times V^{2/3} \quad (5)$$

Em que:

- C = custo estimado em euros,
- V = volume útil de reserva, (m<sup>3</sup>).

Comparando a estimativa desenvolvida através dos custos unitários apresentados anteriores com os valores obtidos através da fórmula apresentada por Neves (2004), verificou-se uma aproximação significativa dos valores em todos os casos estudados.

### **3. METODOLOGIA ADOPTADA**

#### **3.1. INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento deste trabalho apoia-se fundamentalmente em casos reais de projetos em que o autor esteve direto ou indiretamente envolvido nos últimos 5 anos. Na maioria desses projetos foram abordados, estudados e nalguns casos, implementados, SAAP.

A dissertação recorre a esses projetos para desenvolver análises técnico-económicas de sistemas de aproveitamento de água pluviais, que serão devidamente apresentadas em tabelas resumo finais.

Os conceitos práticos serão baseados fundamentalmente no que se encontra amplamente divulgado em bibliografia da especialidade e que serão devidamente identificadas e referidas à medida que forem implementadas.

O método de cálculo segue a filosofia do descrito pelo método de Rippl, apresentando-se uma metodologia própria e descrita de seguida no subcapítulo 3.4.

Relativamente às necessidades de garantir a qualidade da água em reserva, apresenta-se igualmente uma solução própria, descrita no subcapítulo 3.5.

#### **3.2. A DISTÂNCIA ENTRE O PROJETADO E O EXECUTADO**

Com uma clara predominância em definir soluções de SAAP nos seus projetos ao longo da sua experiência profissional, o autor foi frequentemente verificando que existiam diferenças significativas entre aquilo que inicialmente especificava e calculava para um determinado projeto e o que de facto chegava à fase de execução final.

Respeitando sempre todas as normas e regras existentes foi-se tornando claro que muitas vezes a solução idealizada inicialmente sucumbia antes de chegar a ser executada face a múltiplas restrições impostas por fatores externos. Por isso cedo se tornou claro que havia interesse em determinar a grandeza da distância entre o projetado e o efetivamente executado.

Cada projeto sofre uma sucessiva cadeia de interações, onde soluções são propostas, definidas, alteradas e validadas até à fase final de execução. De facto o que se verifica na larga maioria das vezes é um estreitar do número de soluções possíveis até à obtenção da solução final que será de facto executada. Neste processo em forma de funil, começando com várias soluções possíveis até à especificação de uma solução única final, muitas vezes ocorre que, por motivos externos ao próprio projetista, a sua solução inicial nem sempre será aquela que será executada.

O processo de definição de SAAP não foge á regra e frequentemente verifica-se que os volumes definidos em projeto de execução para o reservatório de armazenamento de águas pluviais não são aqueles que inicialmente o seu projetista tinha dado como sendo ideal.

Há inúmeros fatores, ao longo das diversas fases de projeto, que contribuem para que a solução executada não seja a “ideal” mas sim aquela que encaixa em todos os condicionalismos que vão surgindo.

Há contudo algumas ocasiões em que tais imposições e condicionalismos surgem não por serem de facto de todo evitáveis mas porque ainda se dá pouca importância aos SAAP.

A solução normalmente associada à implementação de um SAAP pressupõem consideráveis áreas técnicas para instalação de equipamentos e órgãos de reserva, cria imposições ao nível da solução técnica desejada para a cobertura, impõe limitações ao nível de atravancamentos de condutas técnicas e acesso técnicos, entre muitas outras. A questão que se coloca é quem deverá ceder, quem deverá fazer prevalecer a sua solução e por isso importará saber com maior rigor qual o impacto que a não execução da solução “ideal” de um SAAP tem para o projeto e para o dono de obra.

Os referidos fatores condicionantes surgem normalmente relacionados com as seguintes especialidades:

– Arquitetura

Fruto talvez da pressão para rentabilizar o aproveitamento dos espaços existentes no edifício; frequentemente o programa de arquitetura considera reduzidas áreas destinadas a espaços técnicos. Em conjunto com tal facto, a maioria das vezes tais espaços localizam-se nos locais mais recônditos do edifício, em caves enterradas e com geometrias não regulares, que criam inúmeras vezes entraves á instalação de órgãos de reserva regulares e de dimensões adequadas á implementação de um SAAP.

– Especialidades

As Instalações Mecânicas criam fortes entraves á instalação de um apropriado SAAP. A necessidade de instalar em espaços de cobertura grandes equipamentos, condutas e unidades de tratamento de ar provocam algumas vezes dificuldades na captação de água para aproveitamento futuro. A mesma disputa de espaços ocorre igualmente nas áreas técnicas onde a equipa de arquitetura pretende que sejam instalados e organizados os equipamentos das várias especialidades.

Nestes casos, fruto das Instalações Mecânicas terem já os seus sistemas certificados e sujeitos a processos de inspeção rigorosos e havendo por isso uma maior sensibilidade do cliente e da

equipa de arquitetura para a importância desses sistemas, verifica-se uma maior tendência em fazer prevalecer as suas necessidades às dos SAAP.

– Imposições do Dono de Obra

Em alguns casos, os donos de obra são instituições que têm de obedecer a normas e regulamentos próprios que acrescentam condicionantes à definição de soluções inovadoras. No caso dos SAAP, a condicionante normalmente verificada prende-se com as garantias de qualidade da água fornecida, que obrigam à instalação de sistemas de tratamento dispendiosos contribuindo para a inviabilidade económica das soluções apresentadas.

– Custo

O orçamento disponível e o custo total estimado da obra é um condicionalismo transversal a todas as fases e especialidades de um projeto. A limitação a um orçamento previamente discutido e acordado é algo que não deveria ser considerado condicional contudo verifica-se que durante as sucessivas fases evolutivas do projeto, também o orçamento disponível sofre revisões com tendência a decrescer, colocando pressões adicionais sobre cada especialidade.

Neste caso o que se realça é a existência uma tendência que há em olhar para um SAAP como algo acessório, não fundamental ao desenvolvimento do projeto e por conseguinte passível de ser reduzido ou eliminado. Importa nestes casos recordar que um SAAP constitui para além de todas as outras vantagens indiretas (é uma solução que evidencia uma forte preocupação com o ambiente) uma relação direta com as despesas futuras em manutenção e dos custos variáveis (consumo de água) do edifício.

### 3.3. SISTEMATIZAÇÃO RESUMO DO TRABALHO A DESENVOLVER

Com base no descrito anteriormente, a metodologia proposta apresenta dois cálculos distintos, um para determinação do perfil de funcionamento do reservatório com base no *volume real* e outro para determinação do *volume ideal* do mesmo sistema.

– Cenário Real

No cenário real é usado o volume utilizado em projeto, depois das sucessivas limitações que os projetistas foram sendo solicitados a resolver e a ultrapassar. A utilização do volume “Real” pretende permitir retirar do cálculo o perfil de funcionamento do SAAP para mais tarde ser possível produzir a despectiva análise tecno-económica.

– Cenário Ideal

No cenário ideal é calculado o volume do reservatório do SAAP sem tomar em consideração qualquer restrição ou imposição de projeto, assumindo que não há entraves de áreas de implantação, orçamentais ou técnicas. O objetivo é permitir demonstrar mais tarde qual é de facto o impacto real de tais condicionantes de forma a contribuir para um aumento da sensibilidade em torno da importância deste tema.

De uma forma resumida, enunciam-se de seguida os passos que desenvolvidos na criação deste trabalho:- Recolha e identificação de projetos de edifícios com utilização tipo distintos;

- Para cada projeto a caracterização do perfil de consumo com base em utilizadores, turnos diários, captação, etc., permitindo determinar os consumos expectáveis diários de cada edifício tipo.

- Especificação das áreas de captação em cobertura, possíveis em cada edifício permitindo obter volumes captados para posterior dimensionamento dos reservatórios.

- Caracterização do local onde o edifício será inserido permitindo uma melhor comparação entre os edifícios em estudo. Para o efeito é simulado que cada um dos edifícios poderá ser instalado em 3 locais distintos do País, Porto, Lisboa e Évora.

- Para cada local indicado são recolhidos os dados pluviométricos das principais estações existentes em cada uma dessas regiões, através da base de dados disponibilizada pelo SNIRH. Cada série de dados recolhida será analisada e tratada estatisticamente conforme é recomendado pela bibliografia existente.

- São dimensionados os volumes dos tanques de reaproveitamento com base nos dados referidos anteriormente e seguindo métodos de cálculo amplamente utilizados para este tipo de sistemas.

- Descrição dos custos associados à instalação de cada sistema, em função dos volumes obtidos anteriormente. São enunciados os principais órgãos, equipamentos e acessórios normalmente utilizados em sistemas semelhantes.

- Desenvolvimento da análise técnico-económica para cada edifício de utilização tipo, consoante a sua localização e cenário.

- Apresentação das conclusões recolhidas dos resultados obtidos.

### **3.4. MÉTODO DE CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO**

De acordo com Sacadura (Sacadura, 2011) existem diferentes métodos de dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais, entre eles o método de Rippl é o mais citado na bibliografia da especialidade e aquele que foi seguido como base para cálculo dos volumes dos reservatórios deste estudo, embora tendo-se desenvolvido uma variante diferente da usada pelo referido método. A sua fácil aplicação justifica a ampla utilização, contudo e de acordo com Campos (Campos et al., 2007) citado por Amorim (Amorim, 2008) este método foi elaborado inicialmente para dimensionamento de grandes volumes, o que acarreta uma sobre estimativa do volume a ser reservado. Ainda citando Sacadura (Sacadura, 2011), pela especificação técnica da ANQIP ETA 0701, recomenda-se a utilização deste método (Rippl) para dimensionamento de reservatórios de grande dimensão ou quando a estrutura de consumos não é uniforme ao longo do tempo.

O método desenvolvido neste trabalho permite por um lado e de uma forma simples a obtenção de um valor para um volume a reservar que deverá ser encarado como uma referência máxima. Os métodos atuais, nomeadamente o método de Rippl, para o cálculo dos SAAP, preocupam-se em regularizar os volumes ao longo do ano, de forma a minimizar os dias de seca. Tal exige a construção de reservatórios com grande capacidade de armazenagem, o que pode inviabilizar sua construção. O método desenvolvido difere nesse ponto ao procurar maximizar o aproveitamento da água de chuva no momento em que ela ocorre limitando contudo o volume total comparando-o com o seu custo final e assim estabelecendo um processo iterativo até ser obtida uma solução equilibrada quer do ponto de vista técnico como económico.

Por outro lado, os projetos apresentados preveem na sua maioria das vezes a consideração de órgãos de grandes capacidades pelos volumes envolvidos e ainda que sejam utilizados para reserva de água para abastecimento a redes de rega, cujos consumos não são uniformes, variando em função das condições climatéricas.

#### **3.4.1. DADOS DE ENTRADA**

- Área de captação (de acordo com o definido no capítulo 4.3)
- Consumo mensal (de acordo com o definido no capítulo 5.4);
- Precipitação média mensal (de acordo com o definido no capítulo 6.10);
- Volume do reservatório
- First-Flush

## Volume do reservatório

O método de cálculo baseia-se no pressuposto de que haverá lugar a um processo de otimização tipo tentativa-erro, até se encontrar o volume pretendido. Desse modo deverá ser considerado um valor diferente de zero para início do processo de cálculo.

## First-Flush

First-Flush refere-se às soluções colocadas antes do reservatório e utilizadas para desviar as primeiras águas recolhidas possuidoras de um maior índice de detritos suspensos e que não são desejáveis para a qualidade da água armazenada no reservatório. De acordo com Sacadura (2006) após um longo período seco é boa prática fazer um “bypass” da primeira chuvada ao reservatório. Admite-se que a primeira chuva lava a superfície do telhado, a qual pode conter grandes quantidades de pó acumulado, de detritos de pássaros e de outros animais, de folhas e de outros detritos e portanto ser desejável o seu desvio do órgão de armazenagem. Na maioria dos sistemas adotam-se soluções de first-flush que desviam cerca de 10% da água que entra no reservatório e que acaba por ser escoada diretamente para a rede de drenagem junto com os detritos ou poeiras que não entram no reservatório. Os cálculos desenvolvidos consideram esse valor de referência.

### 3.4.2. CÁLCULO E DADOS DE SAÍDA

Com os dados de entrada introduzidos na folha de cálculo são devolvidos os dados que permitem obter o valor do volume final do reservatório bem como o perfil do comportamento anual desse órgão. Por ordem lógica de sequência de cálculo as tabelas 2 e 3 representam o cálculo realizado.

- O “consumo total aproveitado” corresponde ao valor total do consumo do edifício para as águas da chuva aproveitadas. Este valor traduz a soma do consumo doméstico de água não potável com o consumo para alimentação da rede de rega, caso exista.

Meses	Prec. Média Mensal (Região)	Consumo água Potável	Consumo potencial de água Captada (x)	C percentage m de dias de consumo de rega	Consumo de rega e lavagem (y)	Consumo total "aproveitado" (x+y) (A)
	mm/h	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>

Tabela 2 – Obtenção Do Consumo Total Aproveitado

- Os dados correspondentes a “Volume de Chuva Mensal” traduzem o volume máximo de água pluvial que poderá ser recolhido nesse mês, tendo em consideração a precipitação mensal e a área disponível para captação.

$$V = P \times A$$

(6)

Onde:

- $V$  = Volume mensal de água pluvial ( $m^3$ )
- $P$  = Precipitação média mensal (mm/h)
- $A$  = Área de captação ( $m^2$ ), onde já foram tidos em consideração o Coeficiente de escoamento superficial e o volume desprezado para efeitos de first-flush.

Tendo em consideração a tabela 3:

- O método calcula a diferença entre o volume que entra no sistema e o volume que é solicitado ao sistema. Quando positivo querará dizer que o sistema se encontra em fase de armazenagem de água recolhida uma vez que o recolhido será superior ao volume consumido pelo edifício. Por oposição, quando negativo, querará dizer que a solicitação do edifício em termos de consumo é superior à capacidade de recolha do mesmo pelo que será uma fase de esvaziamento dos volumes armazenados.

- “Volume teórico de reservatório com capacidade infinita” pretende traduzir não mais que os volumes acumulados da diferença entre o volume que entra no sistema e o volume que é solicitado ao sistema.

- “Volume útil no reservatório para reaproveitamento” permite aferir qual o volume disponível no reservatório. Se o reservatório tiver água, esta célula compara e devolve o valor mínimo entre o volume pré-selecionado para o reservatório e o volume recolhido acumulado. Considerando um reservatório de  $1 m^3$ , se o volume acumulado no período em estudo for superior, o volume total armazenado será sempre igual à capacidade de reserva –  $1 m^3$ . Para meses que não o primeiro de arranque do sistema, o algoritmo considera o volume armazenado no mês anterior e o novo acumulado desse mês, garantindo sempre que o valor máximo em reserva corresponderá ao volume pré-determinado para capacidade do reservatório.

- “Volume necessário proveniente da rede pública” devolve o valor que corresponde aos volumes de consumo a serem garantidos pela rede pública uma vez extinta a capacidade de fornecimento do sistema SAAP.

- “Volume de água da chuva não aproveitada” conforme o nome indica, esta célula devolve a quantidade de água captada pelo sistema e devolvida diretamente a rede de drenagem sem ter sido consumida pelo edifício. Para uma máxima eficácia do sistema de aproveitamento, a capacidade de reservatório deverá ser iterada, introduzindo novos valores para o volume do reservatório, para que os volumes de água da chuva não aproveitada sejam nulos ou pelo menos minimizados.

Meses	Volume de Chuva Mensal (B)	(B) - (A)	Volume teórico de reservatório com capacidade infinita	Volume útil no reservatório para reaproveitamento	Volume necessário proveniente da rede pública	Volume de água da chuva não aproveitada
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>

Tabela 3 - Obtenção Do Volume Final Do Reservatório

O procedimento desenvolvido permite ainda obter valores resumo totais para serem mais tarde utilizados na análise tecno-económica do SAAP. Assim são obtidos ainda os valores relativos a:

- Volume de chuva anual;
- Consumo total anual;
- Volume de água da chuva aproveitada;
- Volume total necessário proveniente da rede pública;
- Volume total de água da chuva não aproveitado.

As tabelas de cálculo utilizadas para cada edifício são apresentadas no anexo 6.

### 3.5. SISTEMAS DE TRATAMENTO E CIRCUITOS HIDRÁULICOS

Relativamente aos sistemas de tratamento e circuitos hidráulicos considerados estes dependem da qualidade da água recolhida e das exigências de qualidade da água em função das utilizações a que se destina. Antes de tomar uma decisão acerca de qual o método de tratamento a utilizar, devem efetuar-se análises da água num laboratório aprovado e determinar se a água poderá ou não ser utilizada para fins potáveis (Bertolo, 2006).

A cadeia de tratamento para se ter água potável pode ser algo complexa, incluindo as etapas de manutenção do sistema de caleiras do telhado, de separação da primeira chuvada (*first-flush*), de filtração para remoção de detritos, de floculação, de sedimentação e remoção biológica de contaminantes no reservatório, e de desinfecção por cloragem ou por aquecimento, através do serviço de água quente. Podem também utilizar-se tratamentos mais complexos como, por exemplo, desinfecção por radiação ultravioleta (U.V.) no caso desta água se destinar a consumo humano (Bertolo, 2006).

Não obstante ser deixado o alerta para a necessidade de dever ser garantida uma correta manutenção dos diversos órgãos do sistema, envolvendo a inspeção regular e limpeza do sistema de caleiras e a utilização dos dispositivos de primeira lavagem atenuando significativamente a quantidade de material suspenso e dissolvido que entra no reservatório como parte do escoamento do telhado, os sistemas SAAP considerados possuem na sua

totalidade sistemas de pré-filtração e de sedimentação que ocorrem entre a superfície de recolha da água da chuva e o respectivo órgão de armazenamento bem como sistemas de tratamento ativos de filtração, para remover os sedimentos, e de desinfecção química.

Com a filtração pretende-se tornar a água livre de sólidos em suspensão de dimensões mais reduzidas, que lhe confeririam turvação. A desinfecção permite manter a água livre de agentes microbiológicos através do doseamento de hipoclorito de sódio em concentrações controladas, diminuindo o risco de contaminações, de odores desagradáveis e de surgimento de biofilmes no interior do sistema de distribuição. O esquema de tratamento segue o proposto:

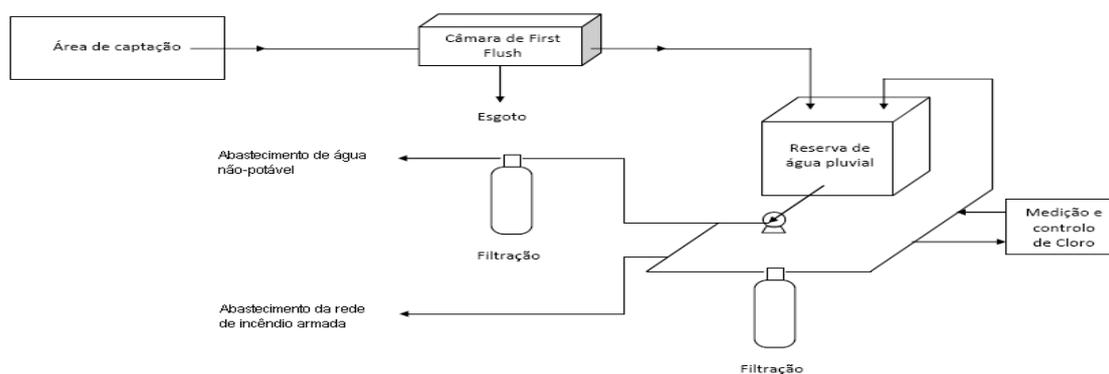


Figura 2 – Esquema de tratamento da água em reserva (autoria da Wasser / Afaconsult)

A metodologia aplicada neste tipo de tratamento de água baseia-se na execução de uma recirculação da água nas cisternas, de forma a evitar a estagnação e a evitar a existência de um volume inercial que dificulte a dosagem rigorosa de hipoclorito.

É efetuada, na água re-circulante, uma leitura em contínuo dos valores de concentração de cloro residual livre, por intermédio de uma sonda específica. Com base nestes valores, uma bomba doseadora adiciona hipoclorito à água da cisterna, em caso de ser necessário. Desta forma mantém-se um residual de cloro livre disponível dentro de valores aceitáveis e definidos por um set-point programável.

A filtração será levada a cabo através de um filtro à pressão. O filtro é constituído por uma coluna que contém um leito filtrante multimédia de tipo permanente. A operação de contra lavagem do filtro é iniciada automaticamente com o objetivo de lavar o filtro e restituir a eficiência do equipamento.

Nos casos apresentados, para o dimensionamento do reservatório não se considera a prática comum de rejeição de água recolhida há mais de 30 dias. Ao optar por querer aproveitar o maior volume de água possível e ao não prever um tempo de reserva máximo a necessidade de tratamento da água do reservatório sai reforçada e torna-se por esse motivo um sistema usado em todos os projetos.

## **4. DESCRIÇÃO DOS EDIFÍCIOS TIPO SELECIONADOS**

### **4.1. INTRODUÇÃO**

Foram selecionados nove projetos distintos, correspondendo a nove edifícios de utilização tipo diferentes entre si, de forma a potencializar uma visão abrangente, mas também comparativa dos pontos em comum e principais diferenças dos sistemas SAAP projetados. De lembrar que o documento baseia-se em casos reais de projetos procurando demonstrar uma abordagem mais prática seguida no dia-a-dia da atividade de projetista, sem contudo desviar das normas e regulamentações em vigor. No subcapítulo 4.2 serão apresentados os critérios para a definição dos nove projetos escolhidos, sendo no subcapítulo 4.3 apresentados os referidos projetos e suas características.

Recordando que um SAAP se baseia na recolha, transporte e armazenamento de águas pluviais para posterior utilização doméstica é importante detalhar cada etapa, descrevendo que soluções serão adotadas para cada caso e porquê.

O capítulo 4 procura descrever os edifícios estudados, focando-se com particular detalhe nas suas soluções construtivas e nos aspetos relacionados com o aproveitamento de águas pluviais. Posteriormente os capítulos 5 e 6 abordam os restantes pontos mencionados, ou seja, consumos previstos e séries pluviométricas.

Focando nas características dos edifícios, estes deverão ser sempre olhados como veículo de recolha de água da chuva, permitir a sua adequada condução até aos órgãos de armazenamento, que deverão reter a água para futuro abastecimento aos pontos de utilização.

Para cada edifício em estudo descrevem-se sucintamente as suas características fundamentais, de forma a criar um enquadramento geral do porquê das soluções apresentadas para os SAAP.

### **4.2. SELEÇÃO DAS TIPOLOGIAS DOS EDIFÍCIOS E CARACTERIZAÇÃO DOS PROJETOS SELECIONADOS**

#### **4.2.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO UNIFAMILIAR**

A tipologia para uma habitação unifamiliar é sempre importante de ser analisada, pois representa a unidade base para um SAAP.

Os edifícios de habitação são alvo de estudo aprofundado porque representam a larga maioria do tipo de edifícios existentes possuírem um perfil de consumo único.

Este tipo de utilização, focada num único agregado familiar, acarreta dificuldades acrescidas para a definição de um SAAP. Por um lado, com uma escala reduzida, o perfil de consumo

torna-se constante e facilmente padronizado o que poderá permitir uma fácil afinação da solicitação á rede. Por outro lado a reduzida escala torna o sistema pouco flexível às alterações climatéricas, isto é, independentemente da quantidade de água disponível para ser captada, o consumo será sempre o mesmo ao longo do ano, registando-se longos períodos em que há um desfasamento entre a solicitação ao sistema e a sua capacidade de resposta.

#### **4.2.1.1. DESCRIÇÃO GERAL**

A moradia de habitação aqui descrita localiza-se no concelho de Porto e desenvolve-se numa área total de lote de 330 m<sup>2</sup>, compreendendo uma área de implantação de 179 m<sup>2</sup> e uma zona ajardinada de 75 m<sup>2</sup>.

#### **4.2.1.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Foi previsto e instalado um sistema de aproveitamento de águas pluviais resultantes das coberturas para efeitos de rega das áreas verdes mas também para consumo doméstico, com rede autónoma de abastecimento a aparelhos com consumo de água não potável, isto é, bacias de retrete e lavagens de pavimentos exteriores.

#### **4.2.1.3. SISTEMA DE DRENAGEM DAS COBERTURAS**

Toda a cobertura da moradia contribui para o aproveitamento das águas pluviais. O sistema de aproveitamento contempla a utilização de sistemas gravíticos, baseados no sistema, caleira – tubo-de-queda – rede enterrada. Após a água ser recolhida pela rede enterrada, esta encaminha a água até á entrada do reservatório de aproveitamento. Este, apesar de enterrado, possui um sistema que permitirá devolver á rede de drenagem de água pluvial enterrada, o caudal excedente, quando se encontrar cheio.

#### **4.2.1.4. CONSUMO DA ÁGUA APROVEITADA**

A reserva de aproveitamento foi calculada tendo não só em consideração o consumo doméstico do agregado familiar mas também o consumo de rega que foi baseado numa necessidade de 4,0 l/m<sup>2</sup>/dia e uma área de rega de 75 m<sup>2</sup>.

#### **4.2.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR**

Um edifício multifamiliar é uma evolução natural da tipologia atrás referida, podendo ser encarado como um conjunto de unidades base (unifamiliar). Com esta tipologia, que poderá variar em número de frações, a flexibilidade mencionada no ponto anterior aumenta permitindo um melhor aproveitamento do SAAP.

Também normalmente associado a este tipo de tipologia encontra-se a escala dos sistemas, possuindo estes edifícios de uma forma geral, áreas de captação superiores (coberturas) e espaços técnicos disponíveis para implementar reservas maiores.

Apesar de o perfil de utilização seguir a mesma regra padrão do perfil de uma moradia unifamiliar, uma vez que um edifício multifamiliar é composto por várias famílias independentes, o aumento de escala permite haver um aumento do desvio padrão do comportamento de consumo de água. Com base nisso é passível de ser admitido que o espectro do perfil de consumo é mais alargado que o de uma moradia unifamiliar. Dessa forma a eficácia de um SAAP tenderá a ser superior num edifício desta tipologia.

#### 4.2.2.1. DESCRIÇÃO GERAL

O complexo habitacional aqui descrito localiza-se no concelho de Lisboa e desenvolve-se numa área de intervenção de lote de 10.475 m<sup>2</sup>, compreendendo uma área edificada acima do solo de 35.328 m<sup>2</sup> e uma área de cave de 13.948 m<sup>2</sup>, incluindo estacionamento, enterrado e à superfície, sendo o lote constituído por 7 blocos destinados maioritariamente a habitação, mas onde também se verifica a presença de espaços comerciais, serviços e estacionamento público e privado. No estudo aqui apresentado os dados apresentados reportam-se a apenas 1 bloco habitacional.

A intervenção contempla a construção de raiz de blocos A e G de habitação e comércio, blocos D e E afetos a habitação, comércio e serviços, e os blocos B, C e F apenas a habitação, com a implantação definida na figura seguinte, incluindo a construção de duas caves para estacionamento privado e de 9 pisos acima do solo. As áreas existentes ao nível do r/chão destinam-se à instalação de espaços comerciais, áreas técnicas ou para serem cedidas para usufruto público, quer em passeios de acesso quer em vias de circulação automóvel.

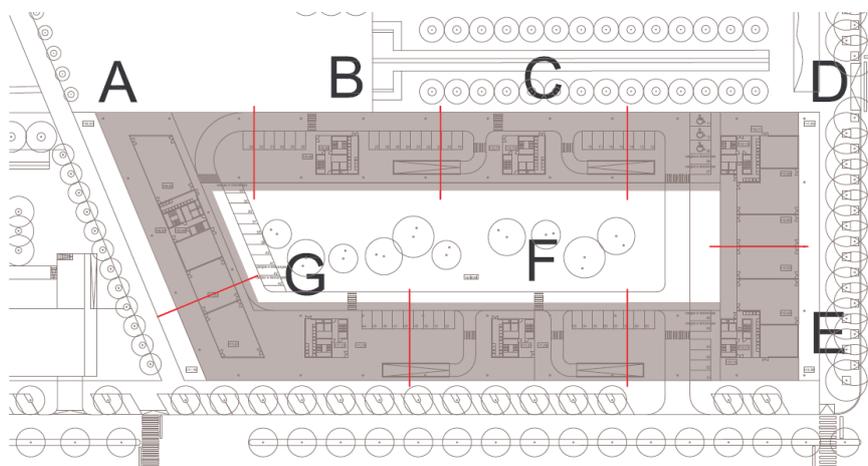


Figura 3 - Planta de Implantação

#### 4.2.2.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Tendo em consideração o programa deste complexo habitacional, houve a preocupação de desenvolver e implementar uma solução de aproveitamento das águas pluviais resultantes das coberturas para efeitos de rega das grandes áreas verdes assinaladas na arquitetura.

Optou-se pelo não reaproveitamento das águas precipitadas nos pátios por razões de cariz sanitário. Efetivamente, as águas provenientes dos pátios são susceptíveis de conter todo o tipo de agentes prejudiciais à qualidade da água usada para rega, que podem ser introduzidos pelo ocupante da fração em causa, nomeadamente durante as operações de limpeza do espaço em questão.

#### 4.2.2.3. SISTEMA DE DRENAGEM DAS COBERTURAS

As águas provenientes da cobertura são encaminhadas em redes suspensas no teto dos pisos 2, 0 e -1 para o reservatório de reaproveitamento de águas pluviais (RRAP), a localizar em área técnica nos pisos -1 e -2.

Assim, a rede de aproveitamento será constituída por um conjunto de ralos de cobertura e respectivas redes de drenagem, associados ao sistema sifónico com funcionamento por depressão. Esta rede reunirá ao nível do teto do piso-1 todas as prumadas provenientes da cobertura, encaminhado o caudal daí resultante à área técnica proposta, onde será executada a entrega da rede no reservatório de reaproveitamento de águas pluviais.

Generalizou-se, tanto quanto possível, o uso desta solução, por razões económicas e que se prendem com a minimização das implicações com a estrutura, arquitetura e restantes especialidades.

Propôs-se localizar o reservatório de reaproveitamento de águas pluviais (RAAP) ao nível do piso -2, com pé-direito duplo, em área técnica conjunta com o reservatório de incêndio e respectivos equipamentos. Este local permite reunir num único local, as descargas de fundo de ambos os reservatórios, tendo sido por isso igualmente proposta a localização neste local do poço de bombagem de águas pluviais.

O RAAP terá uma ligação gravítica a uma câmara de visita localizada no exterior do lote, funcionando como descarga de superfície. Este sistema permitirá que em caso de entrada em funcionamento do sistema de drenagem, este comece por encher o reservatório referido e, de forma gravítica, quando a sua capacidade for atingida, comece a descarregar na rede geral do condomínio esse mesmo caudal, acabando por entrega-lo no coletor público.

#### **4.2.2.4. CONSUMO DA ÁGUA APROVEITADA**

O RAAP é dimensionado para apresentar uma capacidade de armazenamento para que a zona ajardinada seja capaz de passar períodos de seca utilizando apenas as águas armazenadas. Este período varia em função do tipo de espécies que serão plantadas nos espaços verdes, contudo no estudo realizado, com o RAAP totalmente cheio o consumo de água da rede pública para rega é substancialmente diminuído.

#### **4.2.3. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PRIVADO**

Foi selecionado um edifício de prestação de serviços privado pretendendo-se apresentar um exemplo que tenha uma presença de utilizadores constante ao longo do dia de trabalho. O facto de ser do sector privado permite garantir que há pouca afluência de utilizadores vindos de fora do edifício, podendo restringir assim o consumo apenas aos utilizadores internos.

O edifício estudado apresenta assim um horário de funcionamento composto por dois turnos de trabalho, estando os consumos fortemente relacionados com a utilização das instalações sanitárias, uma vez que não dispõe de cantina e portanto não há consumos relacionados com a preparação e consumo de refeições.

##### **4.2.3.1. DESCRIÇÃO GERAL**

O edifício descrito tem a funcionalidade de call center de uma grande empresa privada nacional e encontra-se localizado no distrito do Porto.

O edifício conta com um volume único, sob o qual se desenvolvem todas as áreas necessárias ao seu correto funcionamento, nomeadamente a área central em “open-space” para colocação dos postos de trabalho mas também as salas de reunião e de “coaching” ou as áreas de apoio como casa de banho, vestiários ou espaços tecnológicos de apoio. Estes espaços dispõem-se em torno do grande espaço central. O piso superior é ocupado por salas de formação e engloba, para além de uma série de espaços de arrumo e apoio, a área de descanso e um espaço de “showroom”/área expositiva e desportiva e de apoio.

O piso técnico ao nível da cobertura alberga uma série de equipamento, dissimulado por baixo de uma grelha contínua de favos de aço que garante uma leitura homogénea e “arrumada” da cobertura.

##### **4.2.3.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Tendo em consideração a intenção do Cliente em dotar o edifício de soluções sustentáveis, houve a preocupação de desenvolver e implementar uma solução de aproveitamento das

águas pluviais resultantes da cobertura para efeitos de abastecimento a bacias de retrete e urinóis existentes nas instalações sanitárias e rede de rega.

Com este objetivo, as águas provenientes da cobertura são encaminhadas em redes suspensas no teto do piso 1 até às câmaras de descompressão, a partir das quais seguiram em rede enterrada até ao RRAP.

Optou-se pelo não reaproveitamento das águas precipitadas dos pátios ao nível do piso térreo e piso 1 por razões de cariz sanitário. Efetivamente, as águas provenientes destes espaços são susceptíveis de conter todo o tipo de agentes prejudiciais à qualidade da água usada para instalações interiores, especificamente agentes capazes de criar odores desagradáveis, que podem ser introduzidos pelos utilizadores do edifício, nomeadamente durante as operações de limpeza dos espaços em questão.

#### **4.2.3.3. SISTEMA DE DRENAGEM DAS COBERTURAS**

A opção de reaproveitamento das águas pluviais condiciona significativamente a rede de drenagem de águas pluviais, pois obriga à confluência dos efluentes das coberturas num único ponto antes da ligação ao reservatório de reaproveitamento de águas. As repercussões manifestam-se ao nível dos atravancamentos no teto do piso 1, que condicionam os desvios da rede suspensa. Desta forma, o sistema proposto para a drenagem das coberturas é do tipo sifónico. Generalizou-se, tanto quanto possível, o uso desta solução, por razões económicas e que se prendem com a minimização das implicações com a estrutura, arquitetura e restantes especialidades. As águas precipitadas são encaminhadas em tubos de queda pelo sistema sifónico com funcionamento por depressão a redes suspensas no teto do piso 1 que as conduzem às câmaras de descompressão, enterradas no exterior do edifício.

A rede pluvial proposta para os pátios suspensos será do tipo gravítico tendo-se previsto uma solução de drenagem, compreendendo a existência de ralos de drenagem pontual no pavimento que recebam as águas desses pátios, através de grelha assumida.

#### **4.2.3.4. CONSUMO DA ÁGUA APROVEITADA**

A rede de abastecimento no interior do edifício será instalada sempre que possível em teto falso, alimentando as divisões com necessidades de água, nomeadamente:

- Piso 0 – Instalações Sanitárias Masculinas e Femininas, Zona de limpeza, Casa dos Lixos, Instalação Sanitária de apoio ao Segurança e Área técnica das Instalações Hidráulicas;
- Pisos 1 – Instalações Sanitárias Masculinas e Femininas, Zona da Copa de limpeza.
- Cobertura – Área técnica das Instalações Mecânicas.

Dado que o edifício não apresenta grandes exigências em termos de desnível geométrico, foi garantido o abastecimento aos lavatórios de forma direta da rede pública, assegurando no aparelho hidráulicamente mais desfavorável localizado no primeiro piso, uma pressão mínima de 15 m.c.a.

As bacias de retrete e urinóis estarão abastecidos por uma rede paralela à rede de distribuição interior de água potável e terá início no RAAP, localizado em área técnica criada no exterior do edifício. A reserva de água será pressurizada através de grupo de bombagem instalado na referida área, dimensionado de forma a garantir o abastecimento ao aparelho mais desfavorável da rede.

Tomando em consideração um número médio de 500 trabalhadores presentes no edifício, e que este terá uma utilização intensiva, foi assumido como pressuposto de cálculo que haverá num dia 750 descargas de bacias de retrete e 250 de urinóis. Dependendo desta utilização, o volume diário correspondente à utilização das bacias de retrete e dos urinóis será de 5 m<sup>3</sup>/dia.

#### **4.2.4. EDIFÍCIO ESCOLAR**

O edifício escolar foi selecionado porque possui um forte consumo associado ao uso das instalações sanitárias e balneários. Outra razão de destaque é facto de que os utilizadores tipo deste edifício serem jovens, com comportamentos distintos dos apresentados pelos utilizadores dos edifícios de serviços, com idades significativamente superiores.

##### **4.2.4.1. DESCRIÇÃO GERAL**

O recinto escolar compreende uma área total de 28.550 m<sup>2</sup>, com uma área de espaços exteriores de aproximadamente 22.071.20 m<sup>2</sup>. O complexo escolar pré-existente, localizado no concelho de Lisboa, era constituído por sete pavilhões dando origem a um novo e renovado projeto que pretendeu reabilitar o património edificado existente (melhorando significativamente as suas condições infraestruturais) introduzindo novas áreas programáticas capazes de conferir uma efetiva modernização no ambiente escolar ao nível da organização espaço-funcional. Tratou-se ainda de requalificar todos os espaços exteriores, que assumem particular importância uma vez que são eles mesmo os espaços de encontro e recreio da Escola.

Apresenta-se, em seguida, a implantação do complexo escolar, onde é possível observar a disposição dos sete pavilhões mencionados no espaço do recinto.



Figura 4 - Implantação do recinto escolar

A solução preconizada consiste na execução de infraestruturas nos percursos envolventes aos edifícios capazes de responder às necessidades em termos de consumo, mantendo a localização do ramal existente.

Dada a dimensão da escola e os consumos associados propôs-se, numa perspetiva de desenvolvimento sustentável, a adoção de dois tipos distintos de redes de abastecimento de água:

- Para fins não potáveis, proveniente do reservatório de águas pluviais resultante do aproveitamento de águas pluviais, para alimentação de autoclismos, pias de despejo e urinóis;
- Para fins potáveis nos restantes dispositivos de utilização.

A rede geral de distribuição de água potável desenvolve-se ao longo das zonas exteriores para alimentação de cada um dos edifícios integrando ainda uma rede de alimentação para rega pontual manual e bebedouros localizados no exterior.

#### 4.2.4.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A solução prevista passa por recolher todo o caudal proveniente de parte da cobertura do pavilhão gimnodesportivo, através de uma rede de drenagem, com recurso ao sistema gravítico, encaminhando-o para a área técnica onde se localizará o reservatório de águas aproveitadas. Esta rede estará sempre ligada de forma gravítica ao coletor público de forma a permitir o escoamento do caudal total para esse coletor nas situações em que a capacidade de reserva seja atingida.

#### 4.2.4.3. SISTEMA DE DRENAGEM DAS COBERTURAS

O sistema de drenagem previsto para as coberturas é do tipo gravítico, consistindo na instalação de caldeiras de recolha das águas dos panos de água formados pela cobertura, com a instalação de ralos de cobertura, estando estes ligados a tubos de queda dimensionados para o efeito. Estes encaminham a água recolhida entregando-a na rede enterrada que se encarregará de conduzir a água recolhida ao reservatório de aproveitamento.

#### 4.2.4.4. CONSUMO DE ÁGUA APROVEITADA

Com a necessidade de introduzir no complexo uma reserva para incêndio, foi aproveitado esse local técnico para introduzir os restantes componentes necessários ao sistema de aproveitamento. De facto, não poderá ser considerado que os sistemas terão funcionamento independente pois foi criada uma área técnica única, onde os diversos equipamentos estarão instalados e onde a reserva de água tratada servirá em simultâneo, a rede de incêndio, a rede de abastecimento de água tratada e a rede de rega.

A partir da rede de abastecimento de água potável foi prevista a alimentação a um conjunto de bocas para rega manual e bebedouros exteriores. Para a alimentação da rede de rega automática após especificação das áreas verdes ajardinadas, entendeu-se vantajosa a instalação de uma reserva de água para o sistema, proveniente do sistema SAAP.

Esta última foi considerada após confirmados os valores das necessidades de rega das áreas verdes do complexo por parte da arquitetura paisagista. A reserva de rega foi estabelecida então tendo por base uma necessidade de 6,0 l/m<sup>2</sup>/dia e uma área de rega de 2.000 m<sup>2</sup>, resultando uma reserva total de 12 m<sup>3</sup>/dia de água.

Para além da rega, o sistema foi preparado tendo em consideração o reaproveitamento da água tratada para alimentar os aparelhos com necessidades de alimentação de águas não potável, ou seja, bacias de retrete, urinóis e pias de despejo do edifício desportivo. O quadro seguinte reporta-se a estes dados.

Necessidade de Fornecimento de Água Não Potável			
Consumo considerando Perdas	Produção total Águas Cinzentas/ Consumo Médio dia	Consumo: BR, Ur e PD (42% Consumo total) (l/dia)	Volume Total Adoptado na Rede de Água Não Potável (m <sup>3</sup> /dia)
29,0	58%	12173	18

Tabela 4 - Necessidade de fornecimento de água não potável

O consumo previsto para a rede de água tratada, correspondendo à alimentação das bacias de retrete, urinóis e pias de despejo foi então de 12.173 litros/dia, ou seja, aproximadamente de 18 m<sup>3</sup> por dia considerando fator de ponta.

#### 4.2.5. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PÚBLICO (MUSEU)

Havendo já um edifício de serviços alvo de estudo a seleção de um outro poderá criar alguma dúvida, contudo o estudo de um edifício de utilização pública como o caso de um museu difere em termos de perfil de utilização completamente do caso anteriormente descrito.

Este edifício apresenta um corpo reduzido de funcionário permanente quando comparado com o edifício de serviços privado contudo enquanto este segundo se encontra praticamente fechado a utilizadores externos o primeiro recebe principalmente utilizadores externos, visitantes, que utilizarão fundamentalmente as instalações sanitárias e portanto com impacto claro no perfil tipo de utilização do edifício.

O edifício aqui retratado é um museu público localizado no centro de Lisboa cuja implantação se apresenta na figura seguinte, estando assinalados os principais edifícios com as letras A (Edifício Anexo) e P (Pavilhão de Exposições).

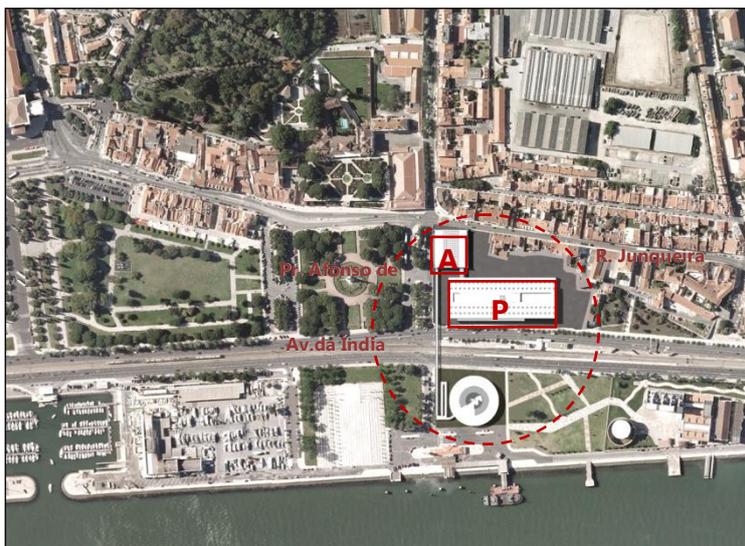


Figura 5 – Localização do Museu (Lisboa)

Ambos os edifícios são constituídos por 3 pisos acima da cota de referência e 1 piso enterrado. No piso enterrado será instalada a Área Técnica principal das instalações hidráulicas, comum quer ao edifício do pavilhão, quer ao do anexo, nomeadamente o reservatório de água não potável e os respetivos equipamentos de bombagem.

##### 4.2.5.1. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A localização do edifício em relação às cotas de nível da envolvente, tendo especialmente em consideração o local previsto para a instalação do reservatório de rega, permite que o escoamento seja do tipo gravítico (tradicional e/ou sifónico) em todo o complexo.

#### **4.2.5.2. SISTEMA DE DRENAGEM DAS COBERTURAS**

Uma vez que se trata de um edifício com reconhecido cuidado do ponto de vista da sua arquitetura, a instalação de tubagens terá de ser cuidada e o seu impacto minimizado. Neste caso, o sistema sifónico apresenta vantagens significativas quando comparado com o sistema gravítico, nomeadamente ao nível da flexibilidade dos traçados e ao nível dos atravancamentos.

Assim foi prevista a instalação de sistema de drenagem sifónico onde todas as redes provenientes da cobertura serão aproveitadas e encaminhadas para uma rede dedicada que garantirá o abastecimento do reservatório de aproveitamento de águas pluviais. Quando se verificar o enchimento total da reserva, o caudal recolhido será encaminhado graviticamente para a rede geral exterior de drenagem de águas pluviais.

É de salientar que a área técnica foi pensada de forma a permitir que as descargas de superfície de todos os tanques sejam efetuadas de uma forma gravítica, evitando desta forma o recurso a bombagens quando as intensidades de precipitação forem superiores às necessidades de água não potável dos edifícios, diminuindo os custos inerentes.

#### **4.2.5.3. CONSUMO DA ÁGUA APROVEITADA**

À semelhança de outros edifícios já descritos, a água pluvial recolhida na cobertura do museu após ser encaminhada por um tratamento primário e armazenada no órgão de reserva localizado na área técnica do piso enterrado, será utilizada pela rede de abastecimento de água não potável para reutilização na rede de incêndio, abastecimento a cisternas de sanitas e urinóis e para lavagem de pavimentos exteriores.

#### **4.2.6. EDIFÍCIO HOSPITALAR**

A seleção de um edifício hospitalar prende-se fundamentalmente com a sua dimensão e elevada utilização diária. Sendo um edifício com um perfil de utilização alargado em tempo, funcionando 24 horas por dia, a apresentação dos resultados obtidos para o SAAP são de relevante interesse. Contudo por imposições do dono de obra, foi rejeitada a utilização de água aproveitada da chuva para consumo não potável no interior do edifício, sendo assim apenas utilizada para efeitos de rega. O interesse contudo mantém-se tanto pela dimensão da área de cobertura disponível para recolha que o edifício apresenta bem como pela dimensão de área verde existente para rega.

#### 4.2.6.1. DESCRIÇÃO GERAL

O terreno de implantação do edifício localiza-se na cidade de Évora ocupando uma área de aproximadamente 25 hectares, sendo a área de implantação do Hospital, serviços e equipamentos adjacentes, de aproximadamente 8 hectares.

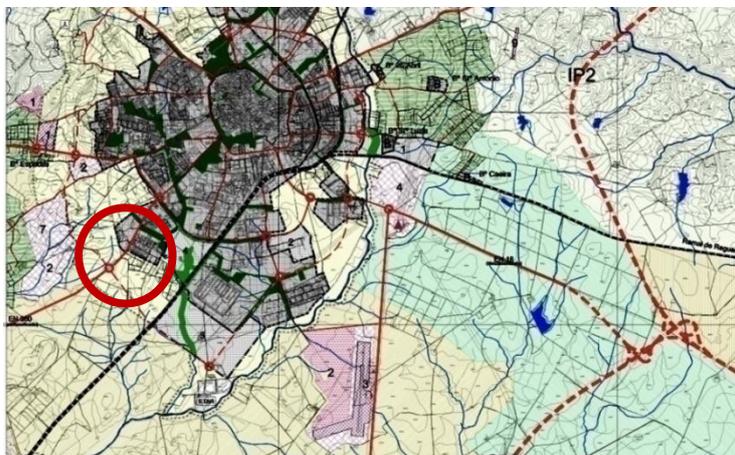


Figura 6 – Localização da área de intervenção.

O edifício é composto por um conjunto de volumes com características e tipologias distintas, recebendo de acordo com o programa as distintas unidades de serviço e especialidades.

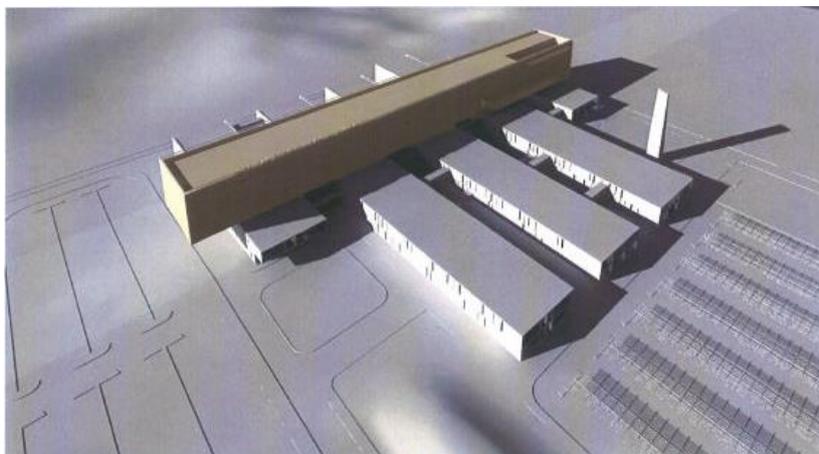


Figura 7 - Morfologia dos edifícios

O edifício principal é composto por 10 pisos sendo os restantes compostos por 5 pisos. Para além dos edifícios mencionados, há um edifício enterrado que se desenvolve paralelamente à rampa de acesso à área de cargas e descargas ao nível do piso -1 e onde estão incluídos um conjunto de áreas técnicas que compreendem os espaços para instalação das cisternas de água e incêndio, centrais de bombagem, quadros gerais de baixa tensão, grupos de emergência e centrais de produção de energia.

#### **4.2.6.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

As características da urbanização e a localização do edifício em relação às cotas de nível de todo o conjunto envolvente, tendo especialmente em consideração o local previsto para a instalação do reservatório de rega, permite que o escoamento seja do tipo gravítico (tradicional e/ou sifónico) em todo o complexo, à exceção da drenagem do piso -2, onde terá de ser considerada uma drenagem com recurso a sistema pressurizados.

Todas as redes provenientes da cobertura serão aproveitadas e encaminhadas para uma rede enterrada exterior que garantirá o abastecimento do reservatório para rega, previsto no exterior. Quando se verificar o enchimento total da reserva, o caudal recolhido será encaminhado graviticamente para a rede geral exterior de drenagem de águas pluviais.

#### **4.2.6.3. SISTEMA DE DRENAGEM DAS COBERTURAS**

O sistema sifónico apresenta vantagens significativas quando comparado com o sistema gravítico, nomeadamente ao nível da flexibilidade dos traçados e ao nível dos seus atravancamentos, assim sendo, a rede pluvial proposta para a recolha das coberturas será através de um sistema sifónico. Com este sistema é possível resolver de uma forma eficaz a drenagem de grandes áreas recorrendo a tubagens de calibre reduzido e sem pendente, possibilitando um melhor enquadramento com a arquitetura.

Foram previstas várias linhas de escoamento. Nestas linhas serão ligados os ralos localizados em cada uma das coberturas existentes nos diferentes níveis do edifício, através de canalizações horizontais no teto do piso imediatamente inferior. As linhas de drenagem sifónica deste sistema serão conduzidas verticalmente pelas courettes das instalações. A maior parte destas redes serão encaminhadas para a reserva de rega, podendo haver pequenas exceções. A maior parte do percurso das linhas será feito por zonas acessíveis (corredores de circulação em tetos), para facilitar a montagem, acesso e manutenção da instalação.

#### **4.2.6.4. CONSUMO DA ÁGUA APROVEITADA**

Apesar do elevado potencial em utilizar as águas da cobertura para utilização em aparelhos de consumo doméstico, nomeadamente bacias de retrete e pias de despejo, por razões relacionadas com a qualidade da água, o aproveitamento das águas pluviais será para utilização exclusiva da rede de rega. Esta encontra-se apoiada numa reserva criada para o efeito, enterrada, localizada no jardim junto à entrada principal do edifício.

A reserva permite o aproveitamento das águas pluviais recolhidas nas coberturas do edifício, estando apoiado ainda na alimentação através de furo de captação local, que se prevê executar na proximidade do reservatório.

Deste modo, o enchimento do reservatório será feito por intermédio de:

- Rede de aproveitamento de águas pluviais;
- Rede de abastecimento proveniente de captação local a executar,
- Rede de abastecimento pública.

O jogo de níveis de entrada em funcionamento de cada uma destas redes foi pensado de forma a dar prioridade de encaixe ao aproveitamento de águas pluviais. Assim, sempre que haja precipitação nas coberturas, o efluente será encaminhado para o reservatório. Se este estiver cheio, através da descarga de superfície, o caudal será encaminhado para a rede de drenagem exterior. Quando o aproveitamento de águas pluviais se mostrar insuficiente para abastecer o reservatório, é acionada a rede da captação local. A rede de abastecimento pública só entrará em funcionamento quando nem o aproveitamento de águas pluviais nem a captação local forem suficientes para garantir o consumo da rede de rega.

#### **4.2.7. EDIFÍCIO INDUSTRIAL M**

Com uma seleção abrangente de edifícios representando diferentes tipos de utilização, importava também selecionar um caso que evidenciasse a importância da área de captação. Para tal nada melhor que uma nave industrial contando com pés direito altos e aptos a poderem ser instaladas sistemas de drenagem de dimensão suficiente grandes para recolher a maioria das águas pluviais de uma cobertura de grandes dimensões.

##### **4.2.7.1. DESCRIÇÃO GERAL**

A unidade fabril M que possui aproximadamente 89.600 m<sup>2</sup> está inserida num lote do parque industrial localizado em Évora.

As instalações industriais dividem-se em três edifícios, designadamente:

- O Edifício Fabril de M – M1;
- O Edifício de Apoio Industrial – M2;
- O Edifício de Apoio Administrativo – M3.

O espaço envolvente aos edifícios é constituído por passeios, espaços ajardinados e arborizados, arruamentos, área de estacionamento de ligeiros e pesados e por áreas de expansão, destinados à futura ampliação da Unidade Fabril e futura área de estacionamento.

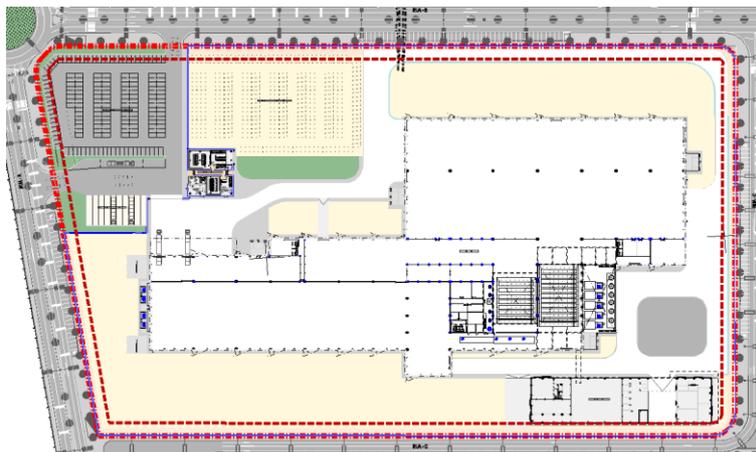


Figura 8 - Planta do lote M

### Edifício Fabril – M1

A zona fabril, propriamente dita, é constituída por uma nave ampla com cerca de 29.000 m<sup>2</sup> de área de pavimento e integra 7 zonas contíguas com funcionalidades distintas.

Destinada essencialmente à função fabril, incorpora também, diversas zonas de instalações sanitárias e zonas de ligação ao exterior para cargas e descargas de camiões junto à área da logística.

### Edifício Apoio Industrial – M2

O Edifício de Apoio Industrial desenvolve-se em apenas um piso. Funcionalmente este edifício é constituído por espaços técnicos de apoio industrial.

### Edifício de Apoio Administrativo – M3

O Edifício Administrativo localiza-se a norte do Edifício Fabril e será constituído por zonas sociais como área de receção, portaria, balneários e espaços de apoio.

#### **4.2.7.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

A área que contribui para a captação das águas pluviais corresponde à área das coberturas do edifício fabril num total de 20.000 m<sup>2</sup> (Área de cobertura referente à quase totalidade da Unidade Industrial). As águas recolhidas são encaminhadas até à reserva de aproveitamento enterrada localizada junto ao limite sul do lote e próximo de uma ligação com o coletor público de águas pluviais. Dado tratarem-se de grandes volumes recolhidos em chuvadas de pico era fundamental garantir a ligação gravítica da rede de aproveitamento ao coletor público de forma a evitar gastos inoportáveis com sistemas de bombagem.

#### 4.2.7.3. SISTEMA DE DRENAGEM DAS COBERTURAS

A semelhança de outros projetos já apresentados, o sistema sifónico apresenta vantagens significativas quando comparado com o sistema gravítico, nomeadamente ao nível da flexibilidade dos traçados e ao nível dos seus atravancamentos, assim sendo, a rede pluvial proposta para a recolha das coberturas será através de um sistema sifónico. A principal vantagem determinante para a instalação desta solução de drenagem passa sobretudo pela necessidade de vencer as grandes distâncias existentes desde o local do primeiro ralo de cobertura até à entrada na rede enterrada no exterior.

Foram previstas várias linhas de escoamento. Nestas linhas serão ligados os ralos localizados no final de cada uma das águas da cobertura e instalados nas caleiras horizontais aí existentes. As linhas de drenagem sifónica deste sistema serão conduzidas horizontalmente e verticalmente até ao limite exterior da unidade fabril onde é executada a entrega à rede enterrada que encaminhará a água recolhida até à reserva definida.

#### 4.2.7.4. CONSUMO DA ÁGUA APROVEITADA

As redes de abastecimento de água tratada e de água potável distribuem-se à vista no interior da nave até cada uma das instalações sanitárias e seguem enterradas até ao edifício administrativo para alimentação a este. O edifício de apoio industrial encontra-se alimentado apenas por rede de água potável.

Os consumos de água não potável foram calculados de acordo com os seguintes pressupostos:

- Capitação de 80 litros/colaborador/dia, 30% corresponde a necessidades de água não potável (24 litros/colaborador/dia);
- Consumo diário de rega de 2 litros/m<sup>2</sup> para zonas verdes e 1litros/m<sup>2</sup> para zonas arborizadas.

#### 4.2.8. EDIFÍCIO INDUSTRIAL C

A utilização deste edifício como exemplo surge pelas mesmas razões atrás apresentadas completadas ainda pela existência de uma cantina que influencia os consumos do edifício, potencializando a eficácia do SAAP.

##### 4.2.8.1. DESCRIÇÃO GERAL

A unidade fabril C está inserida no lote do parque industrial do concelho de Évora, onde se encontra também instalada a unidade fabril M, apresentada anteriormente, e ocupa aproximadamente 141.200 m<sup>2</sup>.

As novas instalações dividem-se em três edifícios, designadamente:

- O Edifício Fabril de C – C1;
- O Edifício de Apoio Industrial – C2;
- O Edifício Administrativo – C3;

O espaço envolvente aos edifícios é constituído por passeios, espaços ajardinados e arborizados, arruamentos, área de estacionamento de ligeiros e pesados e por áreas de expansão, destinados à futura ampliação da Unidade Fabril e futura área de estacionamento e ainda por duas bacias de retenção de águas pluviais à superfície como barreira natural entre as zonas de acesso restrito e as restantes zonas, privadas de acesso público e públicas.

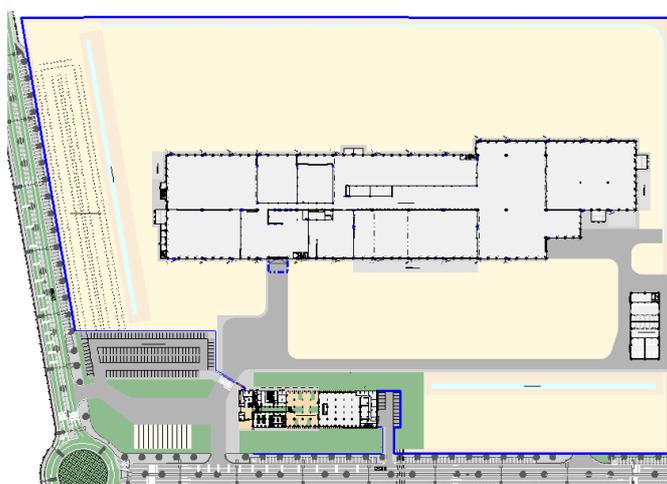


Figura 9 - Planta do lote do C

### Edifício Fabril – C1

A implantação da unidade fabril é feita na área central do lote, permitindo a possibilidade de criação de áreas de crescimento (designadas por zonas de expansão). A zona fabril propriamente dita é constituída por uma nave ampla com cerca de 23.000 m<sup>2</sup> de área de pavimento, com um pé-direito médio de 11 metros, e integra 8 zonas contíguas com funcionalidades distintas.

Para além das áreas produtivas incorpora também diversas zonas de instalações sanitárias e zonas de ligação ao exterior para cargas e descargas de camiões, uma junto à área da logística e outra junto à área de cura.

### Edifício Apoio Industrial – C2

O Edifício de Apoio Industrial localiza-se a sul do Edifício Fabril e desenvolver-se-á em apenas um piso. Funcionalmente este edifício é constituído por espaços técnicos de apoio como oficinas de Manutenção, Depósito de Triagem de Resíduos Industriais e armazéns de materiais.

### Edifício Administrativo – C3

O edifício Administrativo localiza-se a poente do edifício fabril e desenvolve-se em duas zonas distintas. Uma zona sul destinada a refeitório/cantina constituída por apenas num piso, e engloba um área de refeições, self-service, instalações sanitárias, cozinha e outros espaços de apoio. A zona norte do edifício administrativo desenvolve-se em dois pisos. O piso 0 engloba áreas de balneários, vestiários, instalações sanitárias, alguns gabinetes e outros espaços de apoio. O piso 1 integra áreas estritamente administrativas, tais como, sala de trabalho em open-space, salas de reuniões, gabinetes e áreas de apoio.

#### **4.2.8.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAIS**

A área que contribui para a captação das águas pluviais corresponde à área das coberturas do edifício fabril num total de 9.800 m<sup>2</sup>. As águas recolhidas são encaminhadas até a reserva de aproveitamento localizada enterrada junto ao edifício administrativo e próximo de uma ligação com o coletor público de águas pluviais. Dado tratarem-se de grandes volumes recolhidos em chuvadas de pico era fundamental garantir a ligação gravítica da rede de aproveitamento ao coletor público de forma a evitar gastos inoportáveis com sistemas de bombagem.

#### **4.2.8.3. SISTEMA DE DRENAGEM DAS COBERTURAS**

Foi implementado o sistema sifónico, pelas razões já apresentadas anteriormente.

#### **4.2.8.4. CONSUMO DA ÁGUA APROVEITADA**

O edifício fabril possui uma rede geral em anel de distribuição de água por cada tipo de utilização, ou seja, água potável, água tratada e água industrial. As instalações sanitárias são alimentadas por duas redes distintas, água potável para alimentação a lavatórios e água tratada para bacias de retrete e urinóis.

O Edifício de Apoio rege-se pelo mesmo critério, não havendo contudo neste caso rede de distribuição industrial. O Edifício Administrativo será dotado de rede interior de alimentação de água potável, fria e quente, e por água tratada, para alimentação a bacias de retrete e urinóis.

Para além da utilização em rede de água tratada para consumo doméstico, as águas pluviais recolhidas na cobertura serão igualmente utilizadas para alimentação da rede de rega, tendo sido considerado um consumo diário de rega de 5 L/m<sup>2</sup> para zonas verdes (relva) num total de 6.000 m<sup>2</sup> de área.

Todas as redes terão origem na área técnica, implantada num piso enterrado junto ao edifício administrativo. A existência de uma cantina interfere no perfil de consumo de pico provocada

pela afluência de todos os funcionários a esse local, com utilização natural das instalações sanitárias.

#### 4.2.9. EDIFÍCIO PRISIONAL

Um estabelecimento prisional é um edifício que do ponto de vista do perfil de consumo é único. Embora não sejam agregados familiares, possuem um regime de utilização semelhante a uma habitação. Há um pico de utilização de manhã e outro ao final do dia. Contudo, enquanto os utilizadores de um edifício de habitação tendem a sair para se deslocarem ao seu local de trabalho, nestes edifícios os utilizadores permanecerão durante todo o dia no seu interior aumentando o consumo total e dispersando os efeitos dos picos de consumo.

Comparando com áreas de captação, normalmente estes edifícios desenvolvem-se em grandes complexos edificados, havendo assim grandes áreas disponíveis para serem implementados sistemas de recolha de água da chuva.

##### 4.2.9.1. DESCRIÇÃO GERAL

O edifício aqui retratado refere-se a um Estabelecimento Prisional a construir no concelho de Évora, com uma área total de implantação de 13.500 m<sup>2</sup>, área de cobertura de 19.390 m<sup>2</sup> da qual são utilizados 6.100 m<sup>2</sup> para aproveitamento de água pluviais.

Como princípios base definiram-se soluções simples e racionais que permitam um desempenho fiável e eficiente do ponto de vista da gestão do uso da água e de energia, assim como todos os aspetos relacionados com a durabilidade, facilidade de operação e a minimização dos custos de manutenção dos sistemas.

O Estabelecimento Prisional encontra-se organizado em três áreas funcionais:

- Área Intramuros, Área de Segurança e Área Extramuros.

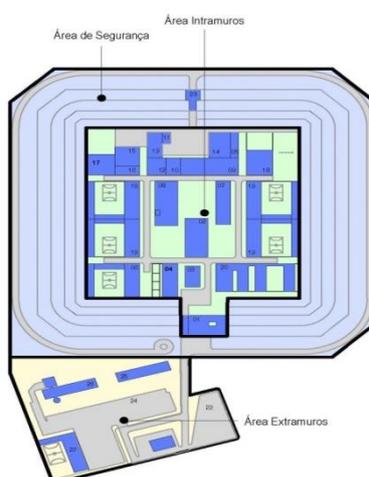


Figura 10 - Áreas Intramuros, Segurança e Extramuros

Conforme explicitado na figura anterior a área intramuros é constituída por 21 unidades e uma galeria técnica, distribuídas por duas zonas funcionais, que pelas suas funções e atividades necessitam de segurança e proteção, estando assim contidas num perímetro fechado e delimitado pela área de segurança. A área intramuros divide-se assim em zona de apoio e a zona prisional. Evitando uma descrição detalhada de todos os espaços técnicos com características diferentes, importa apenas realçar que se trata de um complexo com fortes utilizações de instalações sanitárias, balneários e cozinhas, reforçando assim o interesse pela opção de aproveitamento das águas recolhidas pela cobertura.

#### **4.2.9.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Na maioria das soluções adotadas de aproveitamento de águas pluviais o destino do caudal recuperado é para abastecer sistemas de rega/lavagem de pavimentos.

Com a necessidade de introduzir no complexo uma reserva para incêndio, foi aproveitado esse local técnico para introduzir os restantes componentes necessários ao sistema de aproveitamento de águas pluviais. De facto, não poderá ser considerado que os sistemas terão funcionamento independente pois foi criada uma área técnica única, onde os diversos equipamentos estarão instalados e onde a reserva de água tratada servirá em simultâneo, a rede de incêndio e a rede de rega.

#### **4.2.9.3. SISTEMA DE DRENAGEM DAS COBERTURAS**

A solução prevista passará por recolher o caudal proveniente de parte das coberturas das unidades 19A, 19B e 6, através de uma rede de drenagem, com recurso ao sistema gravítico, encaminhando-o para a área técnica onde se localizará o reservatório de águas aproveitadas. Esta rede estará sempre ligada de forma gravítica ao destino final (ribeira) de forma a permitir o escoamento do caudal total nas situações em que a capacidade de reserva seja atingida.

#### **4.2.9.4. CONSUMO DA ÁGUA APROVEITADA**

As áreas de cobertura foram consideradas após confirmados os valores das necessidades de rega das áreas verdes do complexo. A reserva de rega foi estabelecida então tendo por base uma necessidade de 2,0 L/m<sup>2</sup>/dia e uma área de rega de 1.068 m<sup>2</sup>.

## **5. CARACTERÍSTICAS DOS CONSUMOS**

### **5.1. INTRODUÇÃO**

A correta caracterização dos consumos de água do edifício em estudo é de extrema importância para o cálculo afinado de um SAAP. Em função desses consumos estimados são dimensionadas as capacidades dos órgãos de reserva e todos os subsistemas deles dependentes destacando-se pela sua importância os sistemas de recirculação de água, tomadas de água e bombas de pressurização da rede.

Neste capítulo são descritos os diferentes tipos de aparelhos de consumo existentes num edifício tradicional consoante o seu tipo de utilização. São igualmente identificados quais os aparelhos com potencial utilização de água da chuva (não potável) que irão contribuir para a redução do consumo de água potável do edifício e portanto também da fatura mensal.

Por fim, para cada edifício tipo e com base no perfil de utilização então definido é apresentado o consumo médio mensal calculado.

### **5.2. APARELHOS E CONSUMOS UNITÁRIOS CONSIDERADOS**

De forma a organizar as características dos consumos dos diferentes edifícios tipo selecionados, os aparelhos de consumo de água são divididos em duas categorias distintas, aqueles com um perfil que requerem a utilização de água potável e os outros com perfil de utilização de água não potável.

#### **5.2.1. APARELHOS PARA USO DE ÁGUA POTÁVEL**

Consideram-se aparelhos para uso de água potável, todos aqueles aparelhos que permitem um contacto direto do utilizador/consumidor com a água. Assim sendo inclui-se nesta categoria todas as:

- Torneiras de lavatórios e bidés;
- Chuveiros e banheiras;
- Lava-mãos e bebedouros;
- Lava-loiças, máquinas de lavar louça e roupa;
- Aduções a piscinas e a fontes ornamentais exteriores.

Entrando em edifícios de utilização mais específica, lava-olhos, chuveiros de emergência e dependendo do local, torneiras de limpeza são igualmente aparelhos para os quais se deve considerar um consumo de água potável.

#### **5.2.2. APARELHOS COM USO POTENCIAL DE ÁGUA DA CHUVA**

Consideram-se aparelhos com uso potencial de água da chuva (não-potável), todos aqueles que possuem uma utilização secundária por parte do utilizador/consumidor e em que o risco

de ingestão de água dessa fonte é reduzido. Com base nisso inclui-se nesta categoria os seguintes equipamentos e aparelhos:

- Bacias de retrete e urinóis;
- Pias de despejo;
- Sistemas de Incêndio (para utilização de bocas de limpeza);
- Torneiras para lavagem de pátios exteriores;
- Adução a sistemas de Rega.

Segundo refere e recomenda Bertolo (2006), assume-se que a água da chuva não potável captada sofre pelo menos uma filtragem e um controlo de cloro e pH antes de ser utilizada pelos órgãos referidos, nomeadamente aqueles de utilização nos espaços interiores do edifício. Caso contrário podem ocorrer fenómenos de libertação de odores e criação de espumas que se tornam desagradáveis para uma utilização diária corrente.

Apesar de serem referidos como podendo utilizar água não potável, a sua utilização deverá ser sempre previamente validada pelas entidades responsáveis. No caso de edifícios Hospitalares por exemplo, há normas específicas que impedem a utilização de água não potável em alguns dos aparelhos atrás mencionados, desde que situados no interior de determinadas unidades/especialidade hospitalares.

Relativamente à utilização de água captada da chuva para utilização em rega de espaços verdes deve ser instalada simbologia nos locais acessíveis ao público alertando para o facto de não se tratar de água potável. Caso tais espaços sejam de reconhecida utilização pública onde se verifica uma grande rotação de utilizadores, aconselha-se então que seja providenciado um controlo mais apertado à qualidade da água usada.

### **5.2.3. CONSUMO UNITÁRIO DOS APARELHOS DESCRITOS**

Os consumos unitários dos aparelhos descritos baseiam-se no geral no especificado por Neves (2003) com devidas alterações em função da utilização tipo do edifício e da eficiência de novos aparelhos introduzidos no mercado após a referida publicação e que tem vindo a contribuir para uma redução dos consumos unitários.

Segundo Neves (2003) deve-se considerar os seguintes consumos unitários:

- Sanitas – 60 L/hab/dia;
- Banhos – 40 L/hab/dia;
- Lavagem de roupa – 16 L/hab/dia;
- Lavagem de louça – 8 L/hab/dia;
- Limpezas – 12 L/hab/dia.

Com base de partida nos consumos unitários atrás referidos, os mesmos foram afinados para valores mais próximos da realidade. Esta correção é justificada pela existência no mercado de aparelhos mais eficientes e por uma consideração mais detalhada do perfil de utilização do edifício em questão.

#### - Consumos de sanitas (bacias de retrete)

Foi considerado que todas as sanitas seriam duais, permitindo uma descarga de 6 litros e uma outra de 3 litros. Mencionando novamente Neves (2003), que aponta uma utilização diária de 1,5 vezes por dia para a descarga de 6 litros e 6 vezes por dia para a descarga de 3 litros, estima-se um consumo 27 L/hab/dia, inferior aos 60 litros referidos anteriormente.

Debruçando um pouco mais sobre os perfis de utilização é admissível definir o consumo diário deste tipo de aparelho ainda mais reduzido. Tal como referido por Bertolo (2006), se for tido em consideração que os utilizadores domésticos se encontram a trabalhar fora de casa a maioria do seu dia, os consumos atrás referidos poderão ser reduzidos. Nesse sentido considerou-se uma utilização diária de 1,5 vezes por dia para a descarga de 6 litros e 3 vezes por dia para a descarga de 3 litros, tendo um consumo de 18 L/hab/dia.

Considerando que este último caso reflete 75% da utilização doméstica, foi então considerado um consumo diário para este tipo de aparelho de 20,25 L/hab/dia.

#### - Consumos de lavatórios

O consumo unitário deste tipo de equipamento foi definido tendo em consideração que as torneiras debitam um caudal médio de 6 litros/min e que o período de utilização médio por utilizador é de 30 segundos. Para uso doméstico foi ainda considerado que cada habitante utiliza quatro vezes por dia este aparelho, totalizando 12 L/hab/dia.

#### - Consumos de chuveiros

O consumo apontado inicialmente de 40 L/hab/dia revela-se manifestamente exagerado por excesso, podendo ser facilmente reduzido se for tido em consideração, por exemplo, a instalação de torneiras de baixo consumo atualmente largamente aceites no mercado nacional. Usando as especificações de uma dessas torneiras de referência poderemos considerar um caudal de 2 L/min.

Relativamente ao perfil de utilização doméstico de chuveiros considera-se que cada banho tomado terá uma duração média de 10 minutos. No mesmo sentido, considera-se ainda que 25% dos utilizadores tomam banho duas vezes por dia, perfazendo um consumo diário total médio de 25 L/hab/dia, ligeiramente superior ao valor estimado por Neves (2003) de 18 L/hab/dia.

#### - Consumos de banheiras

Para consumos decorrente de banho utilizando banheiras, considera-se que por agregado familiar apenas um habitante que utiliza este tipo de banho uma vez por semana. Em termos de caudal, considera-se um consumo de 40 litros por utilização, perfazendo um consumo diário total médio de 40 litros / 5 dias / hab = 8L/dia/agregado familiar.

#### - Consumos de bidés

Relativamente ao consumo de bidés considera-se que há uma utilização única diária com um consumo total de 6 litros por utilização. Para o efeito considerou-se um caudal médio de uma torneira semelhante às consideradas para os consumos dos lavatórios de 6 litros por minuto com duas aberturas de 30 segundos por cada utilização.

#### - Consumos de lava louça (automático)

Foi considerado que 75% das vezes é utilizado este tipo de lavagem e que no restante é feita uma lavagem manual. Considerou-se igualmente um consumo por lavagem de 15 litros, perfazendo um total de 11,25 L/dia por agregado familiar. Considerando um agregado de 4 pessoas como exemplo teremos um consumo diário médio de 2,81 L/hab/dia.

#### - Consumos de máquina lava-louça (banca para lavagem manual)

Relativamente a lavagem manual foi considerado um consumo por lavagem de 10 litros e um total de 1,5 refeições completas por dia ao qual é retirado o consumo calculado anteriormente relativo à lavagem automática, perfazendo um total de 3,75 L/dia por agregado familiar. Considerando um agregado de 4 pessoas como exemplo teremos um consumo diário médio de 2,81 L/hab/dia.

#### - Consumos de lavagem de roupa (automática)

Os modelos de máquina de lavar mais recentes presentes no mercado têm consumos de água que variam, entre 35 e 220 litros por lavagem, podendo admitir-se um valor médio de 90 litros por lavagem em geral, para uma capacidade de carga de 5 kg de roupa de algodão Barroso (2010). Contudo se considerados apenas os modelos mais eficientes, estes têm consumos inferiores a 50 litros por lavagem. De igual forma e segundo Vieira (2006) e Barroso (2010), um agregado familiar de 4 pessoas, utiliza em média 0,8 vezes ao dia a máquina de lavar roupa.

Tendo tal em consideração admitiu-se a utilização de um equipamento eficiente com consumos totais por lavagem de 60 litros e com uma frequência de utilização de 0,6 vezes por dia, perfazendo um total de 36 L/dia por agregado familiar. Considerando um agregado de 4 pessoas como exemplo teremos um consumo diário médio de 9 L/hab/dia.

- Consumos de rega de espaços verdes

Segundo o manual de instalação de rega de Cudell (2000) para Portugal, estima-se uma necessidade de 3 a 8 litros/m<sup>2</sup> dependendo da zona do País, da tipologia das plantas, da estação do ano e do clima da região. Assim e salvo situações pontuais devidamente identificadas e comentadas, foi considerado um consumo médio de 4 L/dia/m<sup>2</sup> para espaços verdes.

- Outros consumos

De forma a considerar uma abordagem mais conservadora e não tão otimista dos consumos diários médios procurou-se identificar outros consumos que de alguma forma são habitualmente verificados na maioria dos casos. Nesse sentido considera-se o consumo diário médio relativo a lavagem de automóveis no interior da habitação. Para tal considera-se que o agregado familiar possui dois carros, realiza cerca de quinze lavagens por ano por carro das quais metade serão realizadas no espaço da habitação e portanto de consumo doméstico. Considera-se ainda um consumo de 15 litros por minuto num total de 10 minutos de lavagem efetiva, perfazendo um total de 6,16 L/dia por agregado familiar. Considerando um agregado de 4 pessoas como exemplo teremos um consumo diário médio de 1,54 L/hab/dia.

#### 5.2.4. QUADRO RESUMO - EXEMPLO PARA UM AGREGADO DE 4 HABITANTES

Os pontos seguintes do presente capítulo descrevem os perfis de utilização de cada edifício tipo selecionados neste estudo bem como enunciam o número de utilizadores considerados para cada cenário. Contudo, apresenta-se aqui o caso do edifício unifamiliar selecionado como exemplo para fornecer uma visão geral dos consumos unitários atrás indicados.

A habitação unifamiliar considerada possui uma tipologia T3, ou seja, com 4 habitantes (n+1).

Em termos de consumos diários médios, e tendo por base os valores unitários apresentados atrás, este edifício apresenta um consumo de 150 L/hab.dia. Para habitações com número semelhante de habitantes é normalmente considerado o consumo de 140 L/hab.dia, Pedroso (2009) e Barroso (2010), valor próximo do assumido neste estudo. A tabela seguinte apresenta os valores resumo atrás mencionados para a habitação unifamiliar.

Moradia	T3	4,00
Sanitas	20,00	l/hab/dia
Lavatórios	12,00	l/hab/dia
Chuveiros	25,00	l/hab/dia
Banheiras	2,00	l/hab/dia
Bidés	1,50	l/hab/dia
Lava-loiças	0,94	l/hab/dia
Maq. Lavar Louça	2,81	l/hab/dia
Maq. Lavar Roupa	9,00	l/hab/dia
Jardim	18,49	l/hab/dia
Lavagem Exteriores	1,54	l/hab/dia
Total*	94,00	l/hab/dia

Tabela 5 - Consumos unitários para habitação unifamiliar

### 5.3. DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE UTILIZADORES POR CADA EDIFÍCIO TIPO

O número de utilizadores de cada edifício foi obtido em função das características e tipologias definidas em projeto, dos inputs dados pelos donos de obra e constantes do programa base e pela consulta de literatura especializada.

A tabela seguinte resume o considerado.

TABELA RESUMO DE UTILIZADORES CONSIDERADOS POR PROJECTO TIPO			
Edifício tipo	Descrição resumo	Consumo (m3/dia)	Utilizadores
Habitação – Unifamiliar	Moradia T3 com pequeno jardim	-	4,0
Habitação – Multifamiliar	Edifício de 6 pisos, 12 x T2; 24 x T3; 7 lojas com 750m2	-	190,0
Serviços – Privado	Serviço de Call Center privado, dois turnos em contínuo.	-	500,0
Escolar	Escola com Professores, Alunos, Auxiliares e serviço nocturno	-	1960,0
Serviços – Público	Museu Público com dados do Dono de Obra sobre a utilização esperada	-	1.000.000 visitas/ano
Hospitalar	500 camas, capitação imposta de 600L/cama	300,0	-
Industrial M	Edifício fabril, funcionamento por turnos	-	520,0
Industrial C	Edifício fabril, funcionamento por turnos	-	370,0
Prisional	Reclusos, funcionários e guardas	-	400,0

Tabela 6 - Determinação do número de utilizadores por cada edifício tipo

### 5.4. PERFIL DE UTILIZAÇÃO POR EDIFÍCIO TIPO

Estando nesta fase apresentadas as principais características de cada edifício em estudo e definidos quais os seus utilizadores apresenta-se de seguida o perfil de utilização desenvolvido para cada edifício de forma a ser possível definir valores relativos a consumos totais de água, potável e não potável.

#### 5.4.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – UNIFAMILIAR (MORADIA)

Embora já apresentado anteriormente como exemplo, a tabela seguinte mostra os consumos unitários considerados para este edifício.

Moradia	T3	4.00
Sanitas	20.00	l/hab/dia
Lavatórios	12.00	l/hab/dia
Chuveiros	25.00	l/hab/dia
Banheiras	2.00	l/hab/dia
Bidés	1.50	l/hab/dia
Lava-loiças	0.94	l/hab/dia
Maq. Lavar Louça	2.81	l/hab/dia
Maq. Lavar Roupa	9.00	l/hab/dia
Jardim	75.00	l/hab/dia
Lavagem Exteriores	1.54	l/hab/dia
Total*	150.00	l/hab/dia

Tabela 7- Consumos Unitários da Habitação Unifamiliar

A moradia unifamiliar selecionada apresenta o perfil de utilização representado pelo gráfico seguinte. Nele é possível observar que a principal fonte do consumo diário tem origem na utilização dos chuveiros (27%), seguido das bacias de retrete (21%) e rega e lavagem de espaços verdes (22%). Considerando as fontes potenciais para utilização de água não potável, verifica-se que 43% do consumo diário da habitação é passível de utilizar água proveniente de um SAAP.

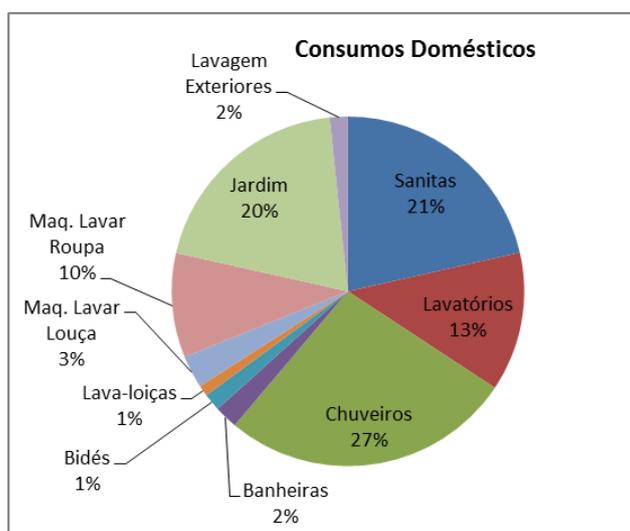


Figura 11- Consumos domésticos da habitação unifamiliar

#### 5.4.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – MULTIFAMILIAR

Relativamente ao edifício de habitação multifamiliar a tabela 8 mostra os consumos unitários considerados. De realçar o forte peso da rega nos consumos totais do edifício. Tratando-se de um condomínio em que a rega é administrada autonomamente, o consumo de rega encontra-se separado dos consumos domésticos apresentados para cada tipologia tipo. Do mesmo modo, os consumos relativos aos espaços comerciais, embora façam parte do consumo total do edifício, não se encontram contemplados nos consumos das tipologias tipo apresentados.

	T2	T3	
Sanitas	20,00	20,00	l/hab/dia
Lavatórios	12,00	12,00	l/hab/dia
Chuveiros	25,00	25,00	l/hab/dia
Banheiras	1,33	1,00	l/hab/dia
Bidés	6,00	6,00	l/hab/dia
Lava-loiças	1,25	0,94	l/hab/dia
Maq. Lavar Louça	3,75	2,81	l/hab/dia
Maq. Lavar Roupa	12,00	9,00	l/hab/dia
Diversos (limpeza)	0,68	0,48	l/hab/dia
Rega	4950,0		l/dia
Total	83,00	78,00	l/hab/dia

Tabela 8 - Consumos unitários do edifício multifamiliar

Descrição de Ocupação	Piso Número	Tipologia	Nº de fracções	Areas	Nº Ocupantes	Capitação (l/hab/dia)	Consumo diário (lts)	Volume acumulado (lts)
Habitação	1	T2	2	-	3	83,00	498	498
		T3	6	-	4	78,00	1872	2370
	2	T2	2	-	3	83,00	498	2868
		T3	8	-	4	78,00	2496	5364
	3	T2	2	-	3	83,00	498	5862
		T3	8	-	4	78,00	2496	8358
	4	T2	2	-	3	83,00	498	8856
		T3	8	-	4	78,00	2496	11352
	5	T2	2	-	3	83,00	498	11850
		T3	8	-	4	78,00	2496	14346
	6	T2	2	-	3	83,00	498	14844
		T3	8	-	4	78,00	2496	17340
Comércio	0,00	lojas	1	122,0	24,4	25,00	610	610
		lojas	1	69,0	13,8	25,00	345	955
		lojas	1	89,0	17,8	25,00	445	1400
		lojas	1	66,0	13,2	25,00	330	1730
		lojas	1	107,0	21,4	25,00	535	2265
		lojas	1	105,0	21,0	25,00	525	2790
		lojas	1	183,0	36,6	25,00	915	3705

Tabela 9- Tipologias e consumos totais do edifício multifamiliar

O edifício multifamiliar selecionado apresenta os perfis de utilização representados pelos gráficos seguintes. Neles é possível observar que a principal fonte do consumo diário tem origem na utilização dos chuveiros (30 - 32%), seguido das bacias de retrete (24 - 26%). Considerando as fontes potenciais para utilização de água não potável, verifica-se que 25% do consumo diário da habitação e passível de utilizar água proveniente de um SAAP. Contudo a dificuldade da instalação, o seu custo e alguma limitação por parte da legislação local levaram a que neste caso fosse apenas considerada como consumo potencial para água não potável, a rede de rega existente.

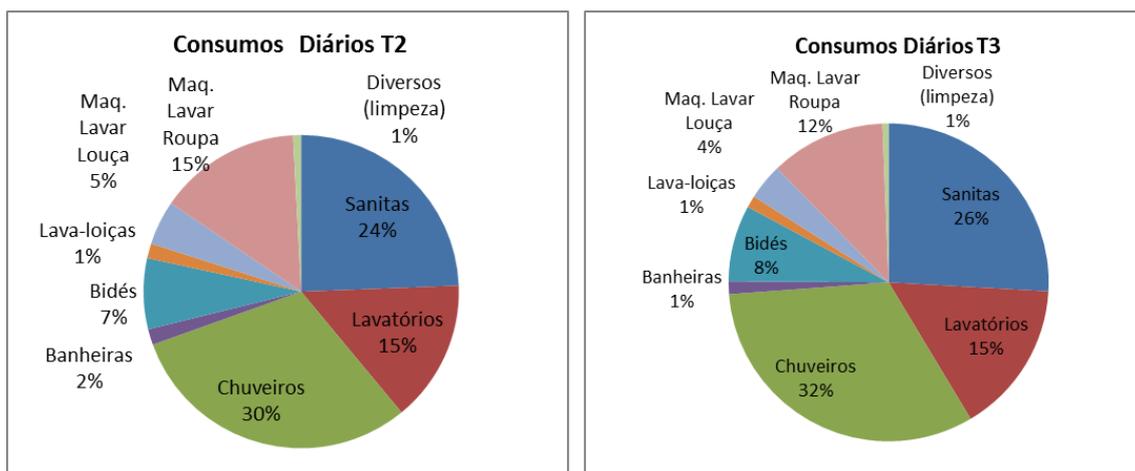


Figura 12 – Consumos domésticos do edifício multifamiliar por tipologia tipo

#### 5.4.3. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PRIVADO

Este edifício é composto por balneários femininos e masculinos, pequenas instalações sanitárias públicas e uma copa seca. Possui igualmente uma considerável área verde sujeita a rega mas que, pela existência de uma nascente natural localizada no próprio terreno com caudal suficiente para as suas necessidades diárias, não será alvo da análise levada a cabo.

A tabela 10 ilustra os caudais considerados.

Sanitas	13,50	l/hab/dia
Urinóis	2,25	l/hab/dia
Lavatórios	9,00	l/hab/dia
Diversos (limpeza)	0,62	l/hab/dia
Rega	0,00	l/dia

Tabela 10 - Consumos unitários do edifício de serviços privado

Relativamente ao consumo de bacias de retrete, considerou-se que, do lado feminino ocorrem por dia 2 descargas de 6 litros e 2 descargas de 3 litros por cada funcionária (250). Do lado masculino considerou-se que ocorrem 1,5 descargas por dia de 6 litros por cada funcionário (250).

No que aos urinóis diz respeito, considerou-se estarem instalados com torneiras de 0,25 litros por segundo (a 1 bar) para descargas de 6 segundos cada perfazendo um total de 1,5 litros por descarga. Considerou-se ainda que cada funcionário utilizará por 3 vez ao dia este equipamento.

Considerou-se ainda um acréscimo de 2,5% ao consumo diário total para representar consumos diversos relacionados com limpeza de pavimentos, instalações sanitárias, etc.

Este edifício apresenta o perfil de utilização representado pela figura 13. Nele é possível observar que a principal fonte do consumo diário tem origem na utilização das bacias de retrete (53%), seguido dos lavatórios (36%). Considerando as fontes potenciais para utilização de água não potável, verifica-se que 62% do consumo diário é passível de utilizar água proveniente de um SAAP.

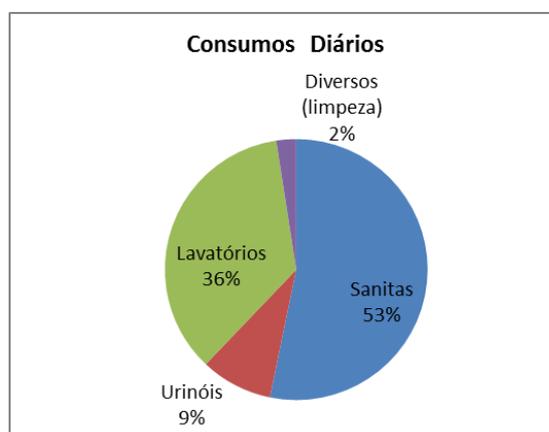


Figura 13 - Consumos domésticos do edifício de serviços

#### 5.4.4. EDIFÍCIO ESCOLAR

A definição do perfil de consumo do edifício escolar é de dificuldade superior aos restantes edifício já apresentados. Para determinar qual o peso que estes aparelhos possuem na faturação relativa ao consumo de água, foram efetuadas as seguintes considerações.

O processo de identificação dos consumos deste edifício decorreu de forma ligeiramente diferente dos demais uma vez que foi possível recolher as faturas relativas ao consumo de água dos anos 2006, 2007 e 2008, sendo possível determinar com alguma precisão quais os consumos médios diários relativos às bacias de retrete, urinóis e pias de despejo do complexo escolar. A tabela 11 reporta-se a estes dados.

Facturas Abastecimento - Reais - 2006, 2007 e 2008							
Ano	Facturas (€/ano)	Facturas (€/mês)	Consumo/mês	Tarifário 2008 (€/m3)	Consumos Reais (m3/Mês)	Consumos Reais Médios (m3/Mês)	Consumos Reais Médios (m3/dia)
2006	32.405,00 €	2.945,91 €	1.472,95 €	2,040 €	722	708	32
2007	27.064,00 €	2.460,36 €	1.230,18 €		603		
2008	32.655,00 €	3.265,50 €	1.632,75 €		800		

Tabela 11 - Consumo real médio do Edifício Escolar

Para este cálculo foi tido em conta que apenas 50% do valor da fatura mensal se refere ao consumo de água nesse período, estando os restantes 50% associados a taxas camarárias, taxas de aluguer de contador e taxa de ligação à rede de águas residuais.

O consumo real que se verifica para o complexo escolar atualmente é de 39 m<sup>3</sup> por dia.

Tendo em consideração os dados fornecidos pela direção escolar relativamente ao número de utentes, número de turmas e período de funcionamento, o estudo sobre a viabilidade de aproveitamento de água é apresentado seguidamente. A tabela 12 reporta-se a estes dados.

Consumos Actuais					
Período	Alunos	Professores	Funcionários	Consumos Reais Médios (m <sup>3</sup> /dia)	Capitação (l/ utente/ dia)
Diurno	1200	210	45	32	22

Tabela 12 – Consumos atuais por utilizador tipo e capitação total

O consumo para os 1200 utentes previstos será de 32 m<sup>3</sup> por dia, correspondendo a uma capitação de 22 litros por utente e por dia. Este valor encontra-se balizado dentro dos valores que se consideram normais para este tipo de edifício.

Dada a dimensão do recinto escolar foi igualmente decidido alocar a instalação do SAAP apenas ao edifício Gimnodesportivo do recinto escolar. Assim sendo, para a definição do perfil de utilização focou-se apenas na utilização diária deste espaço. Nesse sentido consideraram-se as 50 turmas existentes do programa base, 24 alunos por turma, aulas de desporto duas vezes por semana e uma utilização efetiva das instalações sanitárias por 70% do total dos alunos. A tabela 13 descreve os consumos calculados.

Balneários		
Gim - Sanitas	2304,00	l/dia
Gim - Urinóis	576,00	l/dia
Gim - Lavatórios	1680,00	l/dia
Gim - Chuveiros	15120,00	l/dia
Rega	5500,00	l/dia
Resto Escola	7023,55	l/dia
total escola	32203,55	l/dia

Tabela 13 - Consumos unitários do pavilhão Gimnodesportivo

Este edifício apresenta o perfil de utilização representado pela figura 14. Nela é possível observar que a maioria do consumo diário tem origem na utilização dos chuveiros do pavilhão gimnodesportivo (47%), seguido do consumo do resto da escola (22%) e da rede de rega (17%). Considerando as fontes potenciais para utilização de água não potável, verifica-se que 26% do consumo diário é passível de utilizar água proveniente de um SAAP.

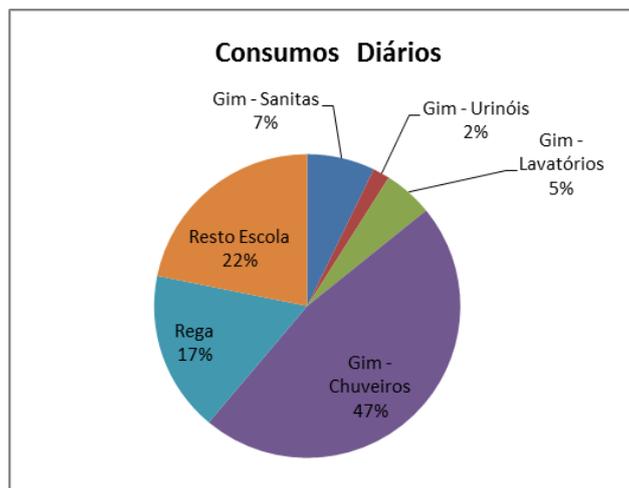


Figura 14 - Consumos domésticos do edifício escolar

#### 5.4.5. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PÚBLICO (MUSEU)

Na definição dos consumos deste edifício foi considerada uma capitação por visitante de 15 l/dia, perfazendo um total de aproximadamente 50 m<sup>3</sup> diários de consumo de água (correspondendo a um total de 307 dias por ano aberto ao público). Para além desse consumo considerou-se ainda cerca de 5m<sup>3</sup> diários para lavagem de pavimentos, decorrentes da utilização natural dos espaços do museu e ainda um consumo médio diário de 8 m<sup>3</sup> associados á lavagem de material do museu, requisito constante do programa base então definido pelo Dono de Obra.

A adicionar aos consumos descritos também se verifica uma área verde de 13.000 m<sup>2</sup> da qual apenas 25% é regada. A tabela seguinte resume os caudais especificados mediante o tipo de consumo do edifício.

Sanitas	12703,58	l/dia
Urinóis	3432,41	l/dia
Lavatórios	5378,99	l/dia
Cozinha e Div.	6185,84	l/dia
Lav. Pav.	5000,00	l/dia
Lav. Veic.	8000,00	l/dia
Rega	8125,00	l/dia
total	48825,82	l/dia

Tabela 14 - Consumos unitários do museu

Este edifício apresenta assim o perfil de utilização representado pela figura 15. Nele é possível observar que a maioria do consumo diário tem origem na utilização das bacias de retrete (26%), seguido do consumo da rede de rega (17%) e da lavagem dos veículos (16%). Considerando as fontes potenciais para utilização de água não potável, verifica-se que 60% do consumo diário é passível de utilizar água proveniente de um SAAP.

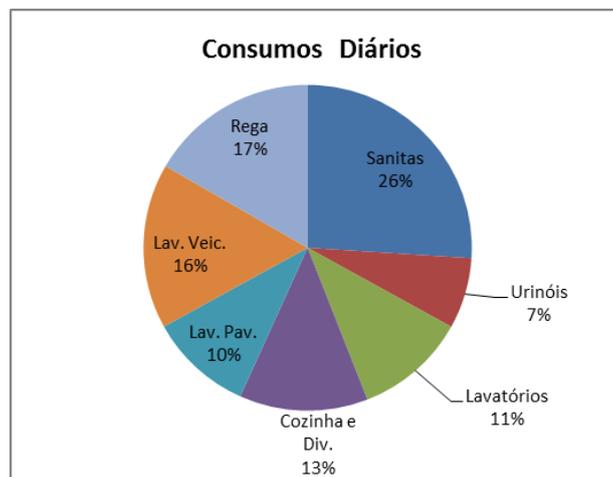


Figura 15- Consumos dom6sticos do museu

#### 5.4.6. EDIFÍCIO HOSPITALAR

A determina76o do perfil de consumo de um edifício Hospitalar 6 um exerc6cio complexo dependendo sobretudo dos requisitos espec6ficos de cada unidade de servi7o mas tamb6m da apertada regulamenta76o existente para este tipo de edifício.

Assim, de acordo com informa76o fornecida pelo programa base, o consumo total de refer6ncia para o edifício foi calculado admitindo uma capita76o por cama (500) de 600 litros, perfazendo um consumo di6rio total de 300 m<sup>3</sup>.

Este valor de refer6ncia foi ent6o decomposto por unidade de servi7o e suas necessidades di6rias e respectivas utiliza76es. Nesse sentido foram calculadas as necessidades di6rias de consumo de 6gua associado 6s refei76es confeccionadas (1500 refei76es/dia), ao n6mero de quartos de internamento com instala76o sanit6ria privada (300 quartos), ao n6mero de salas de limpos e sujos (80 salas), ao n6mero de instala76es sanit6rias de utiliza76o p6blica (50 instala76es sanit6rias), ao n6mero de instala76es sanit6rias para funcion6rios (200 instala76es sanit6rias). Adicionalmente foram ainda considerados os consumos exigidos em programa base para cada unidade de servi7o.

A acrescentar aos consumos descritos foi considerada tamb6m uma 6rea verde com cerca de 52.000 m<sup>2</sup> para a qual se considerou um consumo unit6rio de 2l/m<sup>2</sup>/dia. A tabela 15 resume os caudais especificados mediante o tipo de consumo do edifício.

Sanitas	40,80	m <sup>3</sup> /dia
Pias de despejo	17,28	m <sup>3</sup> /dia
Lavat6rios	61,70	m <sup>3</sup> /dia
Chuveiros	46,13	m <sup>3</sup> /dia
Cozinha e refei76es	30,00	m <sup>3</sup> /dia
Servi7os v6rios	104,00	m <sup>3</sup> /dia
Rega	104,45	m <sup>3</sup> /dia
total	404,36	m <sup>3</sup> /dia

Tabela 15 - Consumos unit6rios do hospital

Este edifício apresenta assim o perfil de utilização representado pela figura 16, com e sem o consumo para rega respectivamente. Sem contemplar o consumo de rega, é possível observar que a maioria do consumo diário tem origem nos requisitos exigidos pelas diferentes unidades de serviço (35%), seguido do consumo de lavatórios (20%) e do consumo para chuveiros (15%). Verifica-se igualmente que, se considerada a rede de rega, esta passa a ser a que mais peso tem no consumo total do edifício correspondendo a um total de 26% do consumo total. Considerando as fontes potenciais para utilização de água não potável, verifica-se que 40% do consumo diário é passível de utilizar água proveniente de um SAAP.

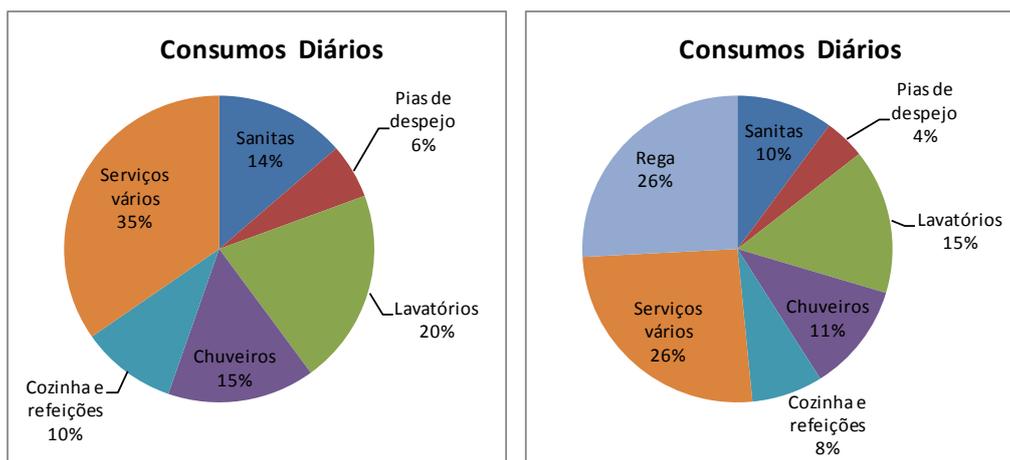


Figura 16 - Consumos domésticos do hospital

#### 5.4.7. EDIFÍCIO INDUSTRIAL M

Na definição dos consumos deste edifício foi considerada uma capitação por utilizador de 100 l/dia, perfazendo um total de aproximadamente 52 m<sup>3</sup> diários de consumo de água. Para além desse consumo considerou-se ainda cerca de 240 m<sup>3</sup> diários para o processo produtivo, valor especificado em programa base e ainda um consumo médio diário de 8 m<sup>3</sup> associados á rega dos espaços verdes existentes.

A tabela 16 resume os caudais especificados mediante o tipo de consumo do edifício.

Sanitárias	14,34	m <sup>3</sup> /dia
Lavatórios	11,95	m <sup>3</sup> /dia
Chuveiros	23,60	m <sup>3</sup> /dia
urinois	2,47	m <sup>3</sup> /dia
Rega	8,30	m <sup>3</sup> /dia
processo produtivo	240,00	m <sup>3</sup> /dia
total	301	m <sup>3</sup> /dia

Tabela 16 - Consumos unitários do edifício industrial M

O perfil de utilização é apresentado na figura 17, com e sem o consumo destinado ao processo de produção industrial que representa 80% do consumo total. Sem contemplar este consumo, é possível observar que a maioria do consumo diário tem origem nos consumos destinados a chuveiros (39%), seguido do consumo de bacias de retrete (23%) e do consumo de lavatórios

(20%). Verifica-se igualmente que a rede de rega representa neste caso apenas 14% do consumo total diário do edifício. Considerando as fontes potenciais para utilização de água não potável, verifica-se que 41% do consumo diário é passível de utilizar água proveniente de um SAAP.

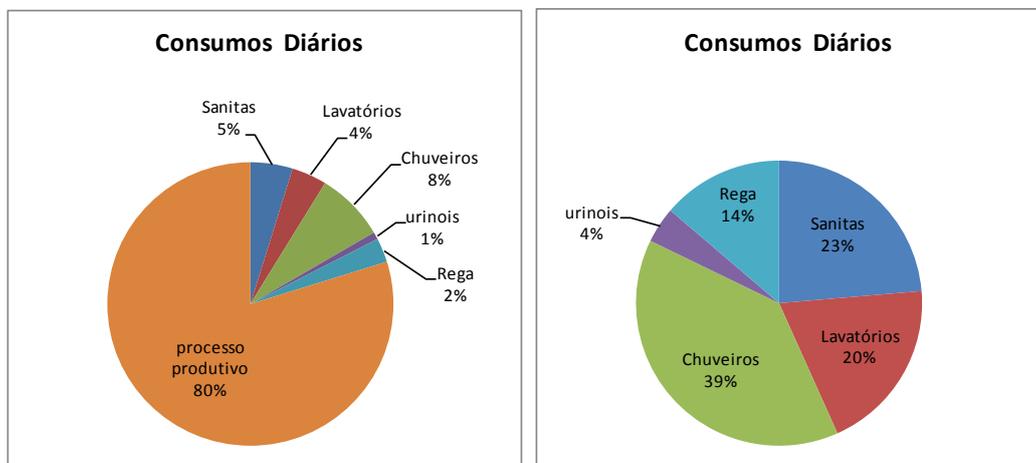


Figura 17 - Consumos domésticos do edifício industrial M

#### 5.4.8. EDIFÍCIO INDUSTRIAL C

A definição dos consumos deste edifício é em tudo semelhante ao descrito para o edifício anterior, com a particular diferença de este contemplar a instalação de uma cantina responsável pela confeção das refeições das duas unidades industriais descritas. Foi considerada uma capitação por utilizador de 115 L/dia, perfazendo um total de 42 m<sup>3</sup> diários de consumo de água. Para além desse consumo considerou-se ainda cerca de 80m<sup>3</sup> diários para o processo produtivo, valor especificado em programa base, um total de 35 m<sup>3</sup> para o consumo da cantina e ainda um consumo médio diário de 30 m<sup>3</sup> associados á rega dos espaços verdes existentes, perfazendo um consumo total diário de 187 m<sup>3</sup>.

A tabela 17 resume os caudais especificados mediante o tipo de consumo do edifício.

Sanitas	12,06	m3/dia
Lavatórios	10,05	m3/dia
Chuveiros	16,65	m3/dia
urinois	3,02	m3/dia
consumo cantina	35,60	m3/dia
Rega	30,00	m3/dia
processo produtivo	80,00	m3/dia
total	187	m3/dia

Tabela 17 - Consumos unitários do edifício industrial C

O perfil de utilização é apresentado pela figura 18, com e sem o consumo destinado ao processo de produção industrial que representa 43% do consumo total.

Sem contemplar este consumo, é possível observar que a maioria do consumo diário tem origem nos consumos destinados à cantina (33%), seguido do consumo de chuveiros (16%) e do consumo de bacias de retrete (11%). Verifica-se igualmente que a rede de rega representa

neste caso 28% do consumo total diário do edifício (16% considerando o consumo do processo produtivo). Considerando as fontes potenciais para utilização de água não potável, verifica-se que 42% do consumo diário é passível de utilizar água proveniente de um SAAP.

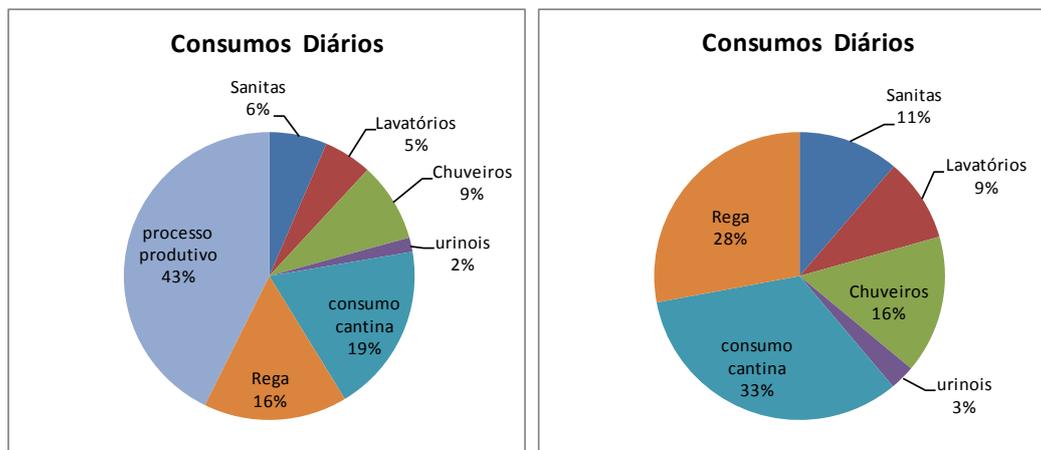


Figura 18 - Consumos domésticos do edifício industrial C

#### 5.4.9. EDIFÍCIO PRISIONAL

Os consumos deste edifício foram definidos considerando uma capitação por recluso de 250 l/dia e uma capitação por funcionário de 50 L/dia, perfazendo um total de 45 m<sup>3</sup> diários de consumo de água. Para além desse consumo considerou-se ainda cerca de 35 m<sup>3</sup> diários para os serviços de apoio ao normal funcionamento deste estabelecimento, valor especificado em programa base, um total de 18 m<sup>3</sup> para o consumo da cantina e ainda um consumo médio diário de 5 m<sup>3</sup> associado á rega dos espaços verdes existentes, perfazendo um consumo total diário de 102 m<sup>3</sup>.

A tabela seguinte resume os caudais especificados mediante o tipo de consumo do edifício.

Sanitas	8,40	m3/dia
Lavatórios	5,25	m3/dia
Chuveiros	28,80	m3/dia
urinois	0,90	m3/dia
serviços	35,00	m3/dia
consumo cantina	18,25	m3/dia
Rega	5,50	m3/dia
total	102	m3/dia

Tabela 18 - Consumos Unitários do Edifício Prisional

O perfil de utilização é apresentado pela figura 19. Nela é possível observar que a maioria do consumo diário tem origem nos consumos destinados aos serviços de apoio (34%), seguido do consumo de chuveiros (28%) e do consumo da cantina (18%). Verifica-se igualmente que a rede de rega representa neste caso apenas 6% do consumo total diário do edifício. Considerando as fontes potenciais para utilização de água não potável, verifica-se que 15% do consumo diário é passível de utilizar água proveniente de um SAAP.

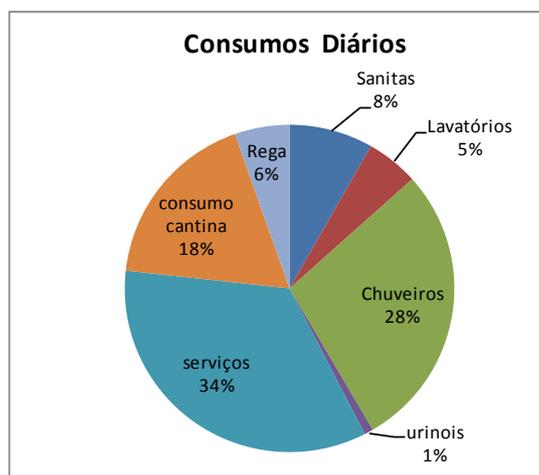


Figura 19 - Consumos domésticos do edifício prisional

#### 5.4.10. TABELA RESUMO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PROVENIENTE DE UM SAAP

Para os edifícios selecionados o consumo de água que potencialmente pode ter origem em água captada por um SAAP varia entre os 14% - 75% do consumo total do edifício, variações devido aos diferentes tipos de utilização, de dimensão e de áreas verdes existentes em cada caso. Contudo quando se compara edifícios de utilização semelhante estes valores aproximam-se. Ambos os edifícios de habitação apresentam valores próximos dos 45% e os edifícios Industriais apresentam valores idênticos, próximos dos 42%. A tabela 19 apresenta esses resultados.

Edifício tipo	Consumo total (m3/dia)	Consumo total potencial para SAAP (m3/dia)	
		Consumo total potencial	Porcentagem
Habitação – Unifamiliar	0,376	0,160	43%
Habitação – Multifamiliar	21,045	9,350	44%
Serviços – Privado	19,434	14,625	75%
Escolar	32,204	8,380	26%
Serviços – Público	48,826	29,261	60%
Hospitalar	404,355	162,530	40%
Industrial M	60,664	25,111	41%
Industrial C	107,375	45,075	42%
Prisional	102,100	14,800	14%

Tabela 19 – Potencial de utilização de água proveniente de um SAAP

Verifica-se igualmente que as redes de rega possuem um peso significativo nos consumos atrás mencionados. De facto, tendo em consideração todos os edifícios estudados, o peso médio do consumo da rede de rega é de 49% do consumo potencial total. A tabela 20 descrimina a percentagem do consumo associado ao consumo para rega no consumo total com potencial para SAAP.

Edifício tipo	Peso do consumo da Rega no SAAP (m <sup>3</sup> /dia)		Consumo doméstico potencial para SAAP sem Rega (m <sup>3</sup> /dia)	
Habitação – Unifamiliar	0,074	46%	0,086	54%
Habitação – Multifamiliar	4,950	53%	4,400	47%
Serviços – Privado	6,750	46%	7,875	54%
Escolar	5,500	66%	2,880	34%
Serviços – Público	8,125	28%	21,136	72%
Hospitalar	104,450	64%	58,080	36%
Industrial M	8,300	33%	16,811	67%
Industrial C	30,000	67%	15,075	33%
Prisional	5,500	37%	9,300	63%

Tabela 20 – Consumo doméstico e rede de rega de água da chuva

Conforme já referido neste documento, um dos principais entraves á implementação de SAAP's prende-se com as recorrentes limitações impostas ao longo do projeto relacionadas com legislação específica, arquitetura, custos, etc. Os edifícios em questão não fogem a essa regra e alguns apresentam limitações para o pleno uso do consumo potencial disponível.

No caso do edifício multifamiliar, por uma questão relacionada com a regulamentação local, não é possível considerar as bacias de retrete como órgão potenciais para receber água proveniente de um SAAP. Regra fundamentada com a dificuldade de contabilizar os consumos domésticos por fração autónoma do edifício. (nota 1 da tabela 21)

Motivo assente igualmente na regulamentação local, o edifício hospitalar não pode considerar água proveniente de um SAAP para o consumo não potável de bacias de retrete, urinóis, e pias de limpeza. A razão contudo fica-se a dever a normas e requisitos relacionadas com a qualidade da água a garantir em qualquer caso no interior da unidade hospitalar.

O edifício de serviços de utilização privada possui também uma restrição a este nível. Em fase de programa base com o levantamento das características do terreno foi assinalada a existência de uma fonte de água com caudal suficiente para as exigências definidas para a rede de rega. Por esse facto e numa óptica de poupança orçamental, considerou-se em projeto que tal rede não faria parte do fornecimento do sistema SAAP. (nota 2 da tabela 21)

A tabela seguinte apresenta os valores finais para os consumos de cada edifício que de facto poderá ser fornecido por um SAAP.

Edifício tipo	Consumo final considerado para SAAP (m3/dia)		Notas
Habitação – Unifamiliar	0,160	43%	
Habitação – Multifamiliar	4,950	24%	(1)
Serviços – Privado	7,875	41%	(2)
Escolar	8,380	26%	
Serviços – Público	29,261	60%	
Hospitalar	104,450	26%	(1)
Industrial M	25,111	41%	
Industrial C	45,075	42%	
Prisional	14,800	14%	

Tabela 21 – Valores finais da água passível de ser utilizada por um SAAP

### 5.5. CONSUMOS MÉDIOS MENSIS POR EDIFÍCIO TIPO

No sentido de preparar o cálculo dos volumes a adotar para cada SAAP, apresentam-se os valores para os consumos mensais, por edifício tipo, discriminados por volume de água potável (proveniente da rede pública), volume de “água captada” correspondente aos consumos domésticos com potencial para utilizar água do SAAP (bacias de retrete e urinóis por exemplo) e volumes de rega (também a serem alimentados pelo SAAP).

Relativamente às redes de rega, um dos pontos críticos encontra-se associado ao facto de não ser possível antecipar com rigor a necessidade ou não da rega. Quando ocorre um período de seca, a solicitação à rede será superior do que aquela verificada em período de chuva. Com efeito, durante o período de chuva será expectável não se verificar qualquer consumo da rede de rega.

Este facto contribui para que todos os sistemas SAAP desenvolvidos para alimentar redes de rega sejam sempre fundamentalmente órgãos de reserva de média a longa duração. A água da chuva recolhida em período de chuva será armazenada para os períodos do ano em que se verifica a sua ausência. Portanto quando se trata de calcular o consumo médio mensal para uma rede de rega é necessário definir um parâmetro (coeficiente) que tenha em consideração se o mês em causa será de chuva ou não.

Neste caso a tabela 22 resume o comportamento mensal considerado de forma a mitigar o problema referido. A definição de cada parâmetro mensal deveria ser afinada em função da região do País onde o edifício vier a ser instalado. Contudo, para efeitos de simplificação do processo de cálculo, foi assumido que o mesmo critério seria aplicado independentemente da localização do edifício.

Percentagem de dias de consumo de rega	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro
	0,45	0,15	0,05	0,05	0,05	0,15	0,30	0,55	0,80	1,00	1,00	0,80

Tabela 22 – Parâmetros mensais considerados para mitigar o efeito chuva

### 5.5.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – UNIFAMILIAR (MORADIA)

A tabela 23 apresenta os consumos médios mensais a utilizar no cálculo dos reservatórios do SAAP.

Periodo em estudo	Numero de dias	Consumo água potável (m <sup>3</sup> )	Consumo potencial de água captada (m <sup>3</sup> )	C percentagem de dias de consumo de rega	Consumo de rega e lavagem (m <sup>3</sup> )	Consumo total (m <sup>3</sup> )
Outubro	31	6,60	2,48	0,45	1,12	10,20
Novembro	30	6,39	2,40	0,15	0,36	9,15
Dezembro	31	6,60	2,48	0,05	0,12	9,21
Janeiro	31	6,60	2,48	0,05	0,12	9,21
Fevereiro	28	5,96	2,24	0,05	0,11	8,32
Março	31	6,60	2,48	0,15	0,37	9,46
Abril	30	6,39	2,40	0,30	0,72	9,51
Maiο	31	6,60	2,48	0,55	1,37	10,45
Junho	30	6,39	2,40	0,80	1,92	10,71
Julho	31	6,60	2,48	1,00	2,48	11,57
Agosto	31	6,60	2,48	1,00	2,48	11,57
Setembro	30	6,39	2,40	0,80	1,92	10,71

Tabela 23 – Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP

### 5.5.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – MULTIFAMILIAR

A tabela 24 apresenta os consumos médios mensais a utilizar no cálculo dos reservatórios do SAAP.

Periodo em estudo	Numero de dias	Consumo água potável (m <sup>3</sup> )	Consumo potencial de água captada (m <sup>3</sup> )	C percentagem de dias de consumo de rega	Consumo de rega e lavagem (m <sup>3</sup> )	Consumo total (m <sup>3</sup> )
Outubro	31	392,15	136,40	0,45	70,62	599,17
Novembro	30	379,50	132,00	0,15	22,78	534,28
Dezembro	31	392,15	136,40	0,05	7,85	536,40
Janeiro	31	392,15	136,40	0,05	7,85	536,40
Fevereiro	28	354,20	123,20	0,05	7,09	484,49
Março	31	392,15	136,40	0,15	23,54	552,09
Abril	30	379,50	132,00	0,30	45,56	557,06
Maiο	31	392,15	136,40	0,55	86,32	614,87
Junho	30	379,50	132,00	0,80	121,50	633,00
Julho	31	392,15	136,40	1,00	156,94	685,49
Agosto	31	392,15	136,40	1,00	156,94	685,49
Setembro	30	379,50	132,00	0,80	121,50	633,00

Tabela 24 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP

### 5.5.3. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PRIVADO

A tabela 25 apresenta os consumos médios mensais a utilizar no cálculo dos reservatórios do SAAP.

Periodo em estudo	Numero de dias	Consumo água potável (m <sup>3</sup> )	Consumo potencial de água captada (m3)	C percentagem de dias de consumo de rega	Consumo de rega e lavagem (m3)	Consumo total (m3)
Outubro	31	139,50	244,13	0,45	0,00	383,63
Novembro	30	135,00	236,25	0,15	0,00	371,25
Dezembro	31	139,50	244,13	0,05	0,00	383,63
Janeiro	31	139,50	244,13	0,05	0,00	383,63
Fevereiro	28	126,00	220,50	0,05	0,00	346,50
Março	31	139,50	244,13	0,15	0,00	383,63
Abril	30	135,00	236,25	0,30	0,00	371,25
Mai	31	139,50	244,13	0,55	0,00	383,63
Junho	30	135,00	236,25	0,80	0,00	371,25
Julho	31	139,50	244,13	1,00	0,00	383,63
Agosto	31	139,50	244,13	1,00	0,00	383,63
Setembro	30	135,00	236,25	0,80	0,00	371,25

Tabela 25 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP

### 5.5.4. EDIFÍCIO ESCOLAR

A tabela 26 apresenta os consumos médios mensais a utilizar no cálculo dos reservatórios do SAAP.

Periodo em estudo	Numero de dias	Consumo água potável (m <sup>3</sup> )	Consumo potencial de água captada (m3)	C percentagem de dias de consumo de rega	Consumo de rega e lavagem (m3)	Consumo total (m3)
Outubro	31	520,80	89,28	0,45	76,73	686,81
Novembro	30	504,00	86,40	0,15	24,75	615,15
Dezembro	31	520,80	89,28	0,05	8,53	618,61
Janeiro	31	520,80	89,28	0,05	8,53	618,61
Fevereiro	28	470,40	80,64	0,05	7,70	558,74
Março	31	520,80	89,28	0,15	25,58	635,66
Abril	30	504,00	86,40	0,30	49,50	639,90
Mai	31	520,80	89,28	0,55	93,78	703,86
Junho	30	504,00	86,40	0,80	132,00	722,40
Julho	31	520,80	89,28	1,00	170,50	780,58
Agosto	31	520,80	89,28	1,00	170,50	780,58
Setembro	30	504,00	86,40	0,80	132,00	722,40

Tabela 26 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP

### 5.5.5. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PÚBLICO (MUSEU)

A tabela 27 apresenta os consumos médios mensais a utilizar no cálculo dos reservatórios do SAAP.

Periodo em estudo	Numero de dias	Consumo água potável (m <sup>3</sup> )	Consumo potencial de água captada (m3)	C percentagem de dias de consumo de rega	Consumo de rega e lavagem (m3)	Consumo total (m3)
Outubro	31	333,50	500,25	0,45	113,34	947,09
Novembro	30	322,74	484,11	0,15	36,56	843,41
Dezembro	31	333,50	500,25	0,05	12,59	846,34
Janeiro	31	333,50	500,25	0,05	12,59	846,34
Fevereiro	28	301,22	451,84	0,05	11,38	764,43
Março	31	333,50	500,25	0,15	37,78	871,52
Abril	30	322,74	484,11	0,30	73,13	879,97
Maiο	31	333,50	500,25	0,55	138,53	972,27
Junho	30	322,74	484,11	0,80	195,00	1001,85
Julho	31	333,50	500,25	1,00	251,88	1085,62
Agosto	31	333,50	500,25	1,00	251,88	1085,62
Setembro	30	322,74	484,11	0,80	195,00	1001,85

Tabela 27 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP

### 5.5.6. EDIFÍCIO HOSPITALAR

A tabela 28 apresenta os consumos médios mensais a utilizar no cálculo dos reservatórios do SAAP.

Periodo em estudo	Numero de dias	Consumo água potável (m <sup>3</sup> )	Consumo potencial de água captada (m3)	C percentagem de dias de consumo de rega	Consumo de rega e lavagem (m3)	Consumo total (m3)
Outubro	31	9297,06	0,00	0,45	1457,08	10754,13
Novembro	30	8997,15	0,00	0,15	470,03	9467,18
Dezembro	31	9297,06	0,00	0,05	161,90	9458,95
Janeiro	31	9297,06	0,00	0,05	161,90	9458,95
Fevereiro	28	8397,34	0,00	0,05	146,23	8543,57
Março	31	9297,06	0,00	0,15	485,69	9782,75
Abril	30	8997,15	0,00	0,30	940,05	9937,20
Maiο	31	9297,06	0,00	0,55	1780,87	11077,93
Junho	30	8997,15	0,00	0,80	2506,80	11503,95
Julho	31	9297,06	0,00	1,00	3237,95	12535,01
Agosto	31	9297,06	0,00	1,00	3237,95	12535,01
Setembro	30	8997,15	0,00	0,80	2506,80	11503,95

Tabela 28 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP

### 5.5.7. EDIFÍCIO INDUSTRIAL M

A tabela 29 apresenta os consumos médios mensais a utilizar no cálculo dos reservatórios do SAAP.

Periodo em estudo	Numero de dias	Consumo água potável (m <sup>3</sup> )	Consumo potencial de água captada (m3)	C percentagem de dias de consumo de rega	Consumo de rega e lavagem (m3)	Consumo total (m3)
Outubro	31	8374,96	677,04	0,45	115,79	9167,79
Novembro	30	8104,80	655,20	0,15	37,35	8797,35
Dezembro	31	8374,96	677,04	0,05	12,87	9064,87
Janeiro	31	8374,96	677,04	0,05	12,87	9064,87
Fevereiro	28	7564,48	611,52	0,05	11,62	8187,62
Março	31	8374,96	677,04	0,15	38,60	9090,60
Abril	30	8104,80	655,20	0,30	74,70	8834,70
Maiο	31	8374,96	677,04	0,55	141,52	9193,52
Junho	30	8104,80	655,20	0,80	199,20	8959,20
Julho	31	8374,96	677,04	1,00	257,30	9309,30
Agosto	31	8374,96	677,04	1,00	257,30	9309,30
Setembro	30	8104,80	655,20	0,80	199,20	8959,20

Tabela 29 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP

### 5.5.8. EDIFÍCIO INDUSTRIAL C

A tabela 30 apresenta os consumos médios mensais a utilizar no cálculo dos reservatórios do SAAP.

Periodo em estudo	Numero de dias	Consumo água potável (m <sup>3</sup> )	Consumo potencial de água captada (m3)	C percentagem de dias de consumo de rega	Consumo de rega e lavagem (m3)	Consumo total (m3)
Outubro	31	4440,98	461,67	0,45	418,50	5321,15
Novembro	30	4297,73	446,78	0,15	135,00	4879,50
Dezembro	31	4440,98	461,67	0,05	46,50	4949,15
Janeiro	31	4440,98	461,67	0,05	46,50	4949,15
Fevereiro	28	4011,21	416,99	0,05	42,00	4470,20
Março	31	4440,98	461,67	0,15	139,50	5042,15
Abril	30	4297,73	446,78	0,30	270,00	5014,50
Maiο	31	4440,98	461,67	0,55	511,50	5414,15
Junho	30	4297,73	446,78	0,80	720,00	5464,50
Julho	31	4440,98	461,67	1,00	930,00	5832,65
Agosto	31	4440,98	461,67	1,00	930,00	5832,65
Setembro	30	4297,73	446,78	0,80	720,00	5464,50

Tabela 30 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP

### 5.5.9. EDIFÍCIO PRISIONAL

A tabela 31 apresenta os consumos médios mensais a utilizar no cálculo dos reservatórios do SAAP.

Periodo em estudo	Numero de dias	Consumo água potável (m <sup>3</sup> )	Consumo potencial de água captada (m3)	C percentagem de dias de consumo de rega	Consumo de rega e lavagem (m3)	Consumo total (m3)
Outubro	31	2627,25	418,50	0,45	76,73	3122,48
Novembro	30	2542,50	405,00	0,15	24,75	2972,25
Dezembro	31	2627,25	418,50	0,05	8,53	3054,28
Janeiro	31	2627,25	418,50	0,05	8,53	3054,28
Fevereiro	28	2373,00	378,00	0,05	7,70	2758,70
Março	31	2627,25	418,50	0,15	25,58	3071,33
Abril	30	2542,50	405,00	0,30	49,50	2997,00
Maió	31	2627,25	418,50	0,55	93,78	3139,53
Junho	30	2542,50	405,00	0,80	132,00	3079,50
Julho	31	2627,25	418,50	1,00	170,50	3216,25
Agosto	31	2627,25	418,50	1,00	170,50	3216,25
Setembro	30	2542,50	405,00	0,80	132,00	3079,50

Tabela 31 - Consumos médios mensais do edifício usado para cálculo do SAAP

## **6. ESTIMATIVA DA PRECIPITAÇÃO**

### **6.1. INTRODUÇÃO**

Para o correto dimensionamento de um SAAP é fundamental reunir um conjunto de dados que permitam caracterizar com o melhor detalhe possível o comportamento futuro do sistema, tanto ao nível da capacidade de recolha e tratamento da água captada como ao nível da identificação e simulação dos consumos expectáveis do edifício.

No anterior capítulo 4 foram descritos os edifícios alvo de estudo com especial detalhe para as suas características enquanto elementos potenciadores da captação e recolha de águas pluviais. Áreas de captação, utilização tipo, áreas de implantação, existência de zonas verdes etc. foram alguns dos pontos abordados. Os resultados descritos permitem a definição dos inputs dos SAAP.

No capítulo 5 descreveram-se as características de consumo para cada edifício tipo selecionado. Determinação do número de utilizadores, definição do perfil de consumo e consumo médio mensal foram alvo de especial detalhe. Os resultados descritos permitem a definição dos outputs dos SAAP.

No presente capítulo descreve-se a metodologia desenvolvida para a definição dos dados pluviométricos dos locais onde cada edifício se encontrará instalado. Conforme referido anteriormente, o trabalho apresentado é baseado em projetos reais, com localizações definidas, contudo de forma a permitir um maior universo de dados, cada projeto ou edifício, viu a sua localização ser simulada para outros dois locais para além do original, assim cada edifício será estudado como se estivesse localizado em Lisboa, Porto e Évora.

Tendo definidas essas três zonas distintas para implantação dos edifícios, foram recolhidos os seus dados pluviométricos para os quais se procedeu posteriormente ao tratamento estatístico e afinamento.

No final do capítulo apresentam-se os dados pluviométricos para cada região pré – definida, calculados através do método descrito e com os quais é feita uma comparação direta com os dados fornecidos nas cartas pluviométricas existentes do território nacional.

### **6.2. METODOLOGIA DESENVOLVIDA**

O trabalho desenvolvido para tratamento dos dados obtidos através do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) teve como base a dupla intenção de apresentar valores pluviométricos característicos de cada região e não de um só local específico mas

também procurou-se assim apresentar valores finais que pudessem ser considerados mais fidedignos.

Um dos problemas associados à consulta da pluviometria de uma estação retiradas da base de dados do SNIRH prende-se com facto de na maioria dos casos e especialmente quando se pretende estudar o comportamento pluviométrico ao longo de vários anos, a mesma apresentar valores em falta comprometendo a análise a efetuar.

Desse modo, após seleção dos locais a estudar, o trabalho desenvolvido consistiu na recolha em bruto dos dados de todas as estações existentes e disponíveis no SNIRH para o período entre 1999 e 2009 de cada região, seguindo-se o seu tratamento estatístico de acordo com a metodologia a seguir descrita.

Para cada região:

1. Organizaram-se os dados referentes a cada mês e ano;
2. Calculou-se o número de dados omissos por estação;
3. Calculou-se o peso de dados omissos por estação, com rejeição automática da estação com valores omissos superiores a 60%;
4. Selecionou-se a estação com menor % de dados omissos como estação modelo;
5. Calcularam-se os acumulados mensais anuais de precipitação, dessa estação;
6. Identificou-se os períodos em que ocorrem as omissões da estação modelo;
7. Para os períodos identificados, calculou-se e identificou-se as estações modelo (Calculando a % de dados omissos nesse período);

Para os dados da Estação Modelo, e Estações Modelos para os Períodos identificados:

1. Calculou-se os acumulados mensais para cada estação;
2. Calculou-se os dados omissos da estação modelo com base nos dados existentes das estações modelos dos períodos identificados;
3. Desenvolveu-se a tabela da estação modelo com acumulados mensais;
4. Calculou-se a Estação modelo com precipitação mensal;
5. Calculou-se os dados omissos de cada estação pelo método das duplas acumulações, com base na estação modelo;
6. Desenvolveu-se conjunto de tabelas completas das várias estações com acumulados mensais obtidos;
7. Calculou-se a precipitação mensal por estação, com base nos acumulados mensais obtidos;
8. Calculou-se a precipitação média mensal no período 1999/2009 para o local em causa com base na média verificada entre todas as estações apresentadas;

9. Comparou-se dados com os sugeridos pelas cartas pluviométricas existentes para o território nacional;

### **6.3. SELEÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO**

Para a seleção dos locais de implantação de cada projeto cada zona selecionada deveria:

- Ser pelo menos um dos locais reais de implantação dos edifícios selecionados.
- Possuir a maior quantidade possível de dados pluviométricos disponíveis na plataforma SNIRH.
- Serem locais, no território nacional continental, representativos de regiões distintas, de forma a promoverem uma caracterização pluviométrica abrangente do País.

Com base no critério definido, foram selecionadas três locais distintos para implementação dos edifícios onde seriam instalados os SAAP:

- a) Zona Norte: Distrito Porto.
- b) Zona Centro: Distrito de Lisboa.
- c) Zona Sul: Distrito de Évora.

A zona Norte foi selecionada por ser o local de implantação de dois dos projetos selecionados. Da mesma forma, a zona Centro é o local de implantação original de três projetos selecionados sendo a zona Sul o local original de outros três dos projetos.

Todas estas zonas possuem em base de dados uma quantidade considerável de dados pluviométricos que permitem apresentar resultados com um significativo grau de confiança.

### **6.4. RECOLHA DE DADOS DO SNIRH DAS ESTAÇÕES RESPECTIVAS**

Para avaliação do grau de grandeza do caudal que seria possível retirar através do aproveitamento das águas da cobertura, foram usados os dados estatísticos retirados do SNIRH referentes aos valores pluviométricos de estações de medição existentes para a região escolhida.

Assim, foram retirados valores da pluviosidade média mensal entre o período de 1999 a 2009 de todas as estações existentes para cada uma das regiões definidas. Nas tabelas seguintes constam os nomes das estações cujos dados foram retirados do SNIRH para cada uma das regiões estudadas.

Estacoes consideradas para a regio do Porto	
AMARANTE (06I/01G)	MARCO DE CANAVEZES (06I/02UG)
ARADA (05H/03UG)	PARADA (05F/02UG)
ARRIMAL (17D/03UG)	PENAFIEL (06H/01UG)
BUSTELO (SERRA DE PIAS) (07G/01G)	PORTO DE MÓS (16E/03UG)
CANDEMIL (06J/02UG)	PÓVOA DE VARZIM (05E/03UG)
ENTRE-OS-RIOS (07H/01UG)	SANTO TIRSO (05G/02C)
ERMESINDE (06F/03UG)	VILA CHÃ (MINDELO) (06E/03UG)
LAMOSO (06G/02UG)	ÁGUA LONGA (AGRELA) (06G/03G)
LEÇA DA PALMEIRA (06E/02UG)	

Tabela 32 – Estações analisadas para a região do Porto

Estacoes consideradas para a regio de Lisboa	
ALGÉS (21B/06G)	LINHÓ (21A/09G)
AZENHAS DO MAR (20A/01U)	LISBOA (INAG) (21C/02G)
BARRAGEM RIO DA MULA (21A/10G)	LOUSA (20B/03CG)
BELAS (21B/09U)	MALVEIRA DA SERRA (21A/12G)
CACÉM (21B/10G)	QUINTA DO PISÃO (21A/08UG)
CANEÇAS (21B/11UG)	SACAVÉM DE CIMA (21C/01UG)
CASCAIS (21A/11G)	SÃO JULIÃO DO TOJAL (20C/01C)
COLARES (SARRAZOLA) (21A/01C)	

Tabela 33 - Estações analisadas para a região de Lisboa

Estacoes consideradas para a regio de Evora	
ALANDROAL (21M/02UG)	PAVIA (20I/01G)
ALBUFEIRA DO ALQUEVA (22M/05F)	PONTE MOURÃO (23M/02C)
ALCÁÇOVAS (23I/01C)	PORTEL (24K/01UG)
AMIEIRA (24L/01C)	REDONDO (22L/01UG)
ARRAIOLOS (21J/02UG)	REGUENGOS (23L/01G)
AZARUJA (21K/01UG)	REPRESA (21I/01UG)
BARRAGEM DO DIVOR (21J/03C)	ROSÁRIO (CAPELINS) (22M/03UG)
BROTAS (20I/02UG)	SANTA SUSANA (22L/02UG)
CANAL (21L/01UG)	SANTIAGO DO ESCOURAL (22H/02UG)
ESTREMOZ (20L/01G)	SANTIAGO MAIOR (22M/01UG)
FERREIRA CAPELINS (22M/04UG)	SÃO BENTO DE ANA LOURA (20M/03U)
FORO ESPANHOL (22M/02C)	SÃO GERALDO (21H/01UG)
FOROS DE VALE DA FIGUEIRA (21H/02C)	SÃO MANÇOS (23K/01UG)
JUROMENHA (21N/01UG)	VALE PEREIRO (21K/03UG)
LAVRE (21G/02UG)	VENDAS NOVAS (21G/01UG)
MOINHOLA (22F/03C)	VIANA DO ALENTEJO (24I/01C)
MONSARAZ (23M/01U)	VILA VIÇOSA (21M/01UG)
MONTE DO OUTEIRO (24J/01G)	VIMIEIRO (21J/01UG)
MONTEMOR-O-NOVO (22H/01UG)	ÉVORA-MONTE (21K/02UG)
MONTOITO (22L/03UG)	

Tabela 34 - Estações analisadas para a região de Évora

Os dados foram obtidos através do site <http://snirh.pt> nas seguintes datas:

- Dados referentes ao Distrito do Porto: em 17/11/2011, 16:39
- Dados referentes ao Distrito do Lisboa: em 17/11/2011 17:23
- Dados referentes ao Distrito do Évora: em 17/11/2011 18:14

## 6.5. SELEÇÃO DA ESTAÇÃO MODELO

Para cada região estudada foi necessário determinar qual a estação pluviométrica que melhor a representaria em termos de confiança dos dados existentes na plataforma SNIRH, para o período em causa. De facto, verificou-se que de entre todas as estações analisadas, todas sem exceção possuíam dados omissos em determinados períodos.

Dessa forma e porque o objetivo pretendido foi o de obter dados o mais completos e representativos para cada região, foi necessário colmatar as falhas apresentadas pela plataforma do SNIRH.

Apresenta-se a seguir a sequência de tarefas que permitiram identificar para cada região estudada a sua estação modelo. Os exemplos apresentados, através de tabelas ou figuras, referem-se ao trabalho desenvolvido para a região do Porto e para uma estação. Os mesmos dados mas relativos às restantes estações e regiões de Lisboa e Évora são apresentados em anexo.

- Dados organizados por mês e ano

Procedeu-se à organização em tabelas dos dados de cada estação, organizados por mês e ano. Os dados são apresentados em bruto tal como retirados da plataforma do SNIRH em anexo.

- Cálculo de número de dados omissos por estação

Na tabela exemplo 35 que se apresenta as células marcadas a cor assinalam as omissões de dados fornecidos pela plataforma, para o período pretendido.

9 - ESTAÇÃO - PARADA											
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
JANEIRO		17,80	425,80	150,40	0,00	114,80	20,00	52,90	1,90	121,70	0,00
FEVEREIRO	31,00	61,60	177,60	68,70	0,00	25,70	20,10	74,90	90,00	35,00	79,60
MARÇO	89,40	0,00	734,10	150,00	0,00	84,30	53,40	75,50	65,00	37,50	31,60
ABRIL	162,90	0,00	95,20	47,20	0,00	65,90	48,90	57,50	35,50	108,90	55,20
MAIO	117,20	113,80	105,10	55,70	0,00	88,90	48,40	2,00	65,80	67,40	15,70
JUNHO	17,00	17,10	0,00	65,30	0,00	30,30	37,30	9,00	111,10	3,10	21,50
JULHO	15,50	46,00	53,80	49,60	41,50	5,40	15,70	4,30	26,70	0,00	34,50
AGOSTO	98,60	27,00	15,50	16,50	4,80	136,20	1,10	35,00	23,00	0,00	2,40
SETEMBRO	271,80	73,00	89,70	154,30	13,90	10,70	40,40	90,50	11,60	0,00	0,90
OUTUBRO	288,10	122,10	211,70	0,00	71,90	9,60	151,00	235,90	0,00	0,00	15,30
NOVEMBRO	190,50	321,90	1,70	0,00	108,90	11,50	104,40	177,30	0,00	0,00	184,90
DEZEMBRO	222,60	530,30	12,50	0,00	0,00	89,20	107,20	3,70	45,60	0,00	260,00

Tabela 35 – identificação dos dados omissos

- Rejeição automática de estações com valores omissos superiores a 60%

A primeira consideração tida na metodologia apresentada baseia-se em rejeitar as estações que apresentam uma omissão de dados superiores a 60%. A tabela 36 apresenta para cada região as estações rejeitadas através deste critério.

Região em estudo	Estações rejeitadas
Porto	Santo Tirso; Lamoso; Bustelo; Agrela; Marco Canavezes; Candemir
Lisboa	Algés; Belas; Azenha do Mar; Colares; Lisboa; Cheleiros; Lousa; Sacavém; Quinta do Pisão
Évora	Albufeira; Amieira; Foro; Foros de Vale de Figueira; Monsaraz; Monte de Outeiro; Ponte Mourão; Redondo; São Bento da Ana Loura

Tabela 36 – Estações rejeitadas por omissão de dados superiores a 60%

- Seleção da estação com menor percentagem de dados omissos como estação modelo para o período 1999 a 2009

A estação considerada modelo foi aquela que apresentava maior quantidade de dados apresentados pelo SNIRH.

- Identificação da estação com menor % de dados omissos no período 1999 a 2003

Mantendo o mesmo raciocínio foi igualmente identificada qual a estação com maior quantidade de dados apresentados pelo SNIRH para o período de 1999 a 2003 e aquela que apresentava maior quantidade de dados para o período 2003 a 2009. Apesar de não serem consideradas válidas para efeitos da identificação da estação modelo, as estações rejeitadas nesse caso poderiam ser estações modelo para os períodos parciais referidos.

Região em estudo	Estação modelo 1999 - 2009	Estação modelo 1993 - 2003	Estação modelo 2003 - 2009
Porto	Parada	Amarante	Candemir
Lisboa	S. Julião do Tujal	S. Julião do Tujal	S. Julião do Tujal
Évora	Reguengos	Reguengos	Reguengos

Tabela 37 – Estações com maior quantidade de dados obtidos pelo SNIRH

- Cálculo dos acumulados mensais anuais

Por fim, foi ainda calculado o acumulado mensal anual para cada estação em estudo. Estes dados serão utilizados mais à frente na metodologia apresentada.

## 6.6. TRATAMENTO DOS VALORES DA ESTAÇÃO MODELO

Uma vez identificadas as estações modelo, cada conjunto de valores omissos de cada estação e para o período estudado serão substituídos por valores de acordo com a série histórica verificada em anos anteriores para o mesmo período (mês).

- Cálculo dos dados omissos com base nos dados existentes e em linhas de tendência

O preenchimento dos dados omissos foi realizado com base em dois critérios:

- Sempre que a omissão ocorra do ano 2002 em diante, o valor em falta foi calculado usando a fórmula “tendência” do excel, função essa que é utilizada para descrever tendências nos dados existentes para previsão de dados futuro. A função devolve um valor tanto mais em linha com os dados passados quanto maior for a amostra desses dados. Assim o ano de 2002 foi usado como ano de partida, uma vez que permite que haja para esse ano três amostras passadas, 1999, 2000 e 2001.
- Para os casos em que os dados omissos ocorreram para os primeiros anos em estudo, ou seja, 1999, 2000 e 2001, foi considerada a média entre o ano que antecede e o ano que sucede o dado em falta. Por exemplo, faltando o dado de Março de 2000, este foi calculado assumindo a média entre o dado de Março de 1999 e o de Março de 2001.

Com este método foi possível obter uma amostra de dados completa para a estação modelo, criando assim a base para o cálculo dos restantes valores omissos das estações em estudo. A tabela 38 refere-se aos dados finais acumulados da estação modelo do Porto, após cálculo dos dados omissos iniciais. O mesmo método foi usado para o cálculo dos acumulados mensais para cada estação modelo de 1999 a 2003 e de 2003 a 2009.

9 - ESTAÇÃO - PARADA - ESTAÇÃO MODELO - CALCULADOS acumulados											
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
JANEIRO	0,00	17,80	443,60	594,00	907,11	1021,91	1041,91	1094,81	1096,71	1218,41	1289,00
FEVEREIRO	31,00	92,60	270,20	338,90	454,66	480,36	500,46	575,36	665,36	700,36	779,96
MARÇO	89,40	411,75	1145,85	1295,85	1450,58	1534,88	1588,28	1663,78	1728,78	1766,28	1797,88
ABRIL	162,90	291,95	387,15	434,35	454,37	520,27	569,17	626,67	662,17	771,07	826,27
MAIO	117,20	231,00	336,10	391,80	406,54	495,44	543,84	545,84	611,64	679,04	694,74
JUNHO	17,00	34,10	75,30	140,60	352,35	382,65	419,95	428,95	540,05	543,15	564,65
JULHO	15,50	61,50	115,30	164,90	206,40	211,80	227,50	231,80	258,50	266,35	300,85
AGOSTO	98,60	125,60	141,10	157,60	162,40	298,60	299,70	334,70	357,70	373,61	413,35
SETEMBRO	271,80	344,80	434,50	588,80	602,70	613,40	653,80	744,30	755,90	760,62	844,61
OUTUBRO	288,10	410,20	621,90	763,70	835,60	845,20	996,20	1232,10	1425,55	1435,22	1450,52
NOVEMBRO	190,50	512,40	514,10	569,40	678,30	689,80	794,20	971,50	1112,35	1115,53	1300,43
DEZEMBRO	222,60	752,90	765,40	1168,51	1296,36	1385,56	1492,76	1496,46	1542,06	1694,86	1954,86

Tabela 38 - Dados finais acumulados da estação modelo do Porto

## 6.7. CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL PARA A ESTAÇÃO MODELO

Uma vez criada a tabela da estação modelo com a precipitação acumulada no período em causa, é representada a tabela referente à precipitação mensal anual para o período entre 1999 e 2009, da estação modelo.

Conforme referido anteriormente, a obtenção desta tabela revela-se ponto central da análise das precipitações de cada zona estuda, uma vez que será usada como amostra para cálculo dos dados omissos das restantes estações da mesma região. A tabela 39 ilustra os dados da precipitação mensal anual da estação modelo definida para a zona do Porto. Tabela semelhante relativa a Lisboa e Évora são apresentadas em anexo.

9 - ESTAÇÃO - PARADA - ESTAÇÃO MODELO - PRECIPITAÇÃO MENSAL CALCULADA												
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
JANEIRO	0,00	17,80	425,80	150,40	313,11	114,80	20,00	52,90	1,90	121,70	70,59	
FEVEREIRO	31,00	61,60	177,60	68,70	115,76	25,70	20,10	74,90	90,00	35,00	79,60	
MARÇO	89,40	322,35	734,10	150,00	154,73	84,30	53,40	75,50	65,00	37,50	31,60	
ABRIL	162,90	129,05	95,20	47,20	20,02	65,90	48,90	57,50	35,50	108,90	55,20	
MAIO	117,20	113,80	105,10	55,70	14,74	88,90	48,40	2,00	65,80	67,40	15,70	
JUNHO	17,00	17,10	41,20	65,30	211,75	30,30	37,30	9,00	111,10	3,10	21,50	
JULHO	15,50	46,00	53,80	49,60	41,50	5,40	15,70	4,30	26,70	7,85	34,50	
AGOSTO	98,60	27,00	15,50	16,50	4,80	136,20	1,10	35,00	23,00	15,91	39,74	
SETEMBRO	271,80	73,00	89,70	154,30	13,90	10,70	40,40	90,50	11,60	4,72	83,99	
OUTUBRO	288,10	122,10	211,70	141,80	71,90	9,60	151,00	235,90	193,45	9,67	15,30	
NOVEMBRO	190,50	321,90	1,70	55,30	108,90	11,50	104,40	177,30	140,85	3,18	184,90	
DEZEMBRO	222,60	530,30	12,50	403,11	127,85	89,20	107,20	3,70	45,60	152,80	260,00	

Tabela 39 - Dados da precipitação mensal anual da estação modelo da zona do Porto

## 6.8. TRATAMENTO DOS VALORES DAS RESTANTES ESTAÇÕES

Estando a estação modelo definida com todos os seus dados preenchidos, foi repetido o mesmo método e critério para a determinação dos dados omissos, das restantes estações estudadas. Assim, por exemplo para o caso da estação de Amarante, região do Porto, estava em falta o valor referente a Janeiro de 2005. Usando a função de linha de tendência foi calculado o valor omissos usando a série de dados dos anos anteriores dessa estação e comparando com o valor desse mesmo ano obtido para a estação modelo.

As tabelas 40 e 41 apresentam o trabalho realizado e repetido para todas as estações estudadas. Neste caso, a primeira tabela é relativa aos dados em bruto retirados da plataforma do SNIRH onde se verificam os dados omissos. A tabela que lhe segue, apresenta já a mesma estação com os dados relativos à precipitação acumulada, totalmente preenchidos, tendo os dados omissos sido calculados com base na metodologia descrita. Todo o processo e dados calculados encontram-se registados em anexo.

1 - ESTAÇÃO - AMARANTE											
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
JANEIRO	0,00	22,20	429,30	169,40	318,10	130,60	0,00	0,00	0,00	141,30	204,70
FEVEREIRO	38,30	36,60	174,50	86,00	104,60	22,00	0,00	0,00	173,40	57,50	88,70
MARÇO	93,70	20,70	662,10	122,30	110,80	69,30	0,00	0,00	53,50	68,80	26,00
ABRIL	196,30	343,50	49,10	31,60	50,75	69,90	0,00	77,60	47,70	235,70	82,10
MAIO	89,50	101,20	96,20	61,10	9,30	67,30	0,00	15,90	62,30	118,00	52,10
JUNHO	11,20	13,60	2,60	21,60	63,40	4,30	0,00	43,80	88,70	32,20	60,45
JULHO	9,50	64,40	36,20	21,70	28,60	0,00	0,00	0,00	33,50	9,40	0,00
AGOSTO	84,10	8,50	34,60	22,00	43,00	0,00	0,00	41,90	15,50	20,00	0,00
SETEMBRO	176,70	40,30	22,10	99,10	62,70	80,18	83,29	86,40	8,40	55,30	0,00
OUTUBRO	272,10	92,50	180,70	232,70	208,80	197,36	193,53	189,70	28,10	46,10	0,00
NOVEMBRO	32,60	290,80	1,00	275,20	177,00	155,32	197,26	239,20	66,10	70,00	0,00
DEZEMBRO	196,60	449,20	6,50	341,90	107,80	0,00	0,00	0,00	26,50	114,70	0,00

Tabela 40 - Dados em bruto retirados da plataforma do SNIRH

1 - ESTAÇÃO - AMARANTE - ACUMULADOS MENSIS CALCULADOS											
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
JANEIRO	0,00	22,20	451,50	620,90	939,00	1069,60	1083,98	1139,04	1141,02	1282,32	1487,02
FEVEREIRO	38,30	74,90	249,40	335,40	440,00	462,00	482,83	555,60	729,00	786,50	875,20
MARÇO	93,70	114,40	776,50	898,80	1009,60	1078,90	1104,29	1159,92	1213,42	1282,22	1308,22
ABRIL	196,30	539,80	588,90	620,50	671,25	741,15	835,39	912,99	960,69	1196,39	1278,49
MAIO	89,50	190,70	286,90	348,00	357,30	424,60	476,78	492,68	554,98	672,98	725,08
JUNHO	11,20	24,80	27,40	49,00	112,40	116,70	129,26	173,06	261,76	293,96	354,41
JULHO	9,50	73,90	110,10	131,80	160,40	170,58	182,22	185,41	218,91	228,31	244,82
AGOSTO	84,10	92,60	127,20	149,20	192,20	378,39	380,08	421,98	437,48	457,48	529,70
SETEMBRO	176,70	217,00	239,10	338,20	400,90	481,08	564,37	650,77	659,17	714,47	736,95
OUTUBRO	272,10	364,60	545,30	778,00	986,80	1184,16	1377,69	1567,39	1595,49	1641,59	1755,11
NOVEMBRO	32,60	323,40	324,40	599,60	776,60	931,92	1129,18	1368,38	1434,48	1504,48	1852,08
DEZEMBRO	196,60	645,80	652,30	994,20	1102,00	1177,20	1267,59	1270,71	1297,21	1411,91	1646,29

Tabela 41 - Dados da precipitação mensal acumulada da estação de Amarante

## 6.9. CÁLCULO DAS PRECIPITAÇÕES MENSIS POR ESTAÇÃO

Tal como apresentado anteriormente, uma vez obtidos os dados relativos à precipitação acumulada no período em causa para qualquer estação, torna-se possível apresentar a precipitação mensal anual para o período entre 1999 e 2009, de cada estação. A tabela 42 ilustra os dados da precipitação mensal anual da estação de Amarante sendo que as restantes são apresentadas em anexo.

1 - ESTAÇÃO - AMARANTE - PRECIPITAÇÃO MENSAL CALCULADA											
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
JANEIRO	0,00	22,20	429,30	169,40	318,10	130,60	14,38	55,06	1,98	141,30	204,70
FEVEREIRO	38,30	36,60	174,50	86,00	104,60	22,00	20,83	72,77	173,40	57,50	88,70
MARÇO	93,70	20,70	662,10	122,30	110,80	69,30	25,39	55,64	53,50	68,80	26,00
ABRIL	196,30	343,50	49,10	31,60	50,75	69,90	94,24	77,60	47,70	235,70	82,10
MAIO	89,50	101,20	96,20	61,10	9,30	67,30	52,18	15,90	62,30	118,00	52,10
JUNHO	11,20	13,60	2,60	21,60	63,40	4,30	12,56	43,80	88,70	32,20	60,45
JULHO	9,50	64,40	36,20	21,70	28,60	10,18	11,64	3,19	33,50	9,40	16,51
AGOSTO	84,10	8,50	34,60	22,00	43,00	186,19	1,70	41,90	15,50	20,00	72,21
SETEMBRO	176,70	40,30	22,10	99,10	62,70	80,18	83,29	86,40	8,40	55,30	22,48
OUTUBRO	272,10	92,50	180,70	232,70	208,80	197,36	193,53	189,70	28,10	46,10	113,52
NOVEMBRO	32,60	290,80	1,00	275,20	177,00	155,32	197,26	239,20	66,10	70,00	347,60
DEZEMBRO	196,60	449,20	6,50	341,90	107,80	75,20	90,39	3,12	26,50	114,70	234,38

Tabela 42 - Dados da precipitação mensal anual da estação de Amarante

## 6.10. CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL NO PERÍODO EM ESTUDO

Por fim, estando calculados todos os dados omissos inicialmente apresentados por cada estação em estudo, foi possível calcular a precipitação média mensal para o período em estudo de cada zona.

Neste caso o critério utilizado passou inicialmente pelo cálculo da média de cada valor mensal anual de todas as estações estudadas. Assim, tomando o exemplo de Fevereiro de 1999, este valor foi obtido calculando a média para o mesmo período de todas as estações. Poder-se-á dizer que o valor agora calculado representa a precipitação média de Fevereiro entre o período de 1999 a 2009 para a região em causa.

Com estes dados médios calculados obtiveram-se os valores médios mensais da década estudada para cada uma das regiões estudadas, Porto, Lisboa e Évora. A tabela 43 é relativa à região do Porto, as restantes são apresentadas em anexo.

VALORES MÉDIOS MENSAIS DO PERÍODO 1999/2009 DAS ESTAÇÕES DO DISTRITO DO PORTO											
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
JANEIRO	0,00	35,70	377,27	135,37	236,32	94,20	12,16	55,17	21,91	95,23	107,59
FEVEREIRO	33,30	53,61	184,18	68,78	108,91	35,99	21,64	76,44	129,70	33,09	78,59
MARÇO	87,27	152,10	662,91	134,36	126,56	61,50	54,89	126,22	55,70	48,24	42,65
ABRIL	149,03	222,52	60,31	67,80	66,78	53,11	52,96	64,64	37,38	152,59	86,33
MAIO	87,60	95,85	77,31	45,52	13,78	48,56	41,29	6,28	45,12	83,15	36,50
JUNHO	9,88	12,31	22,36	28,77	41,56	7,15	15,09	32,92	69,54	14,33	52,98
JULHO	11,17	62,18	52,41	46,59	18,90	11,62	13,86	8,01	24,01	13,13	26,69
AGOSTO	71,49	26,76	15,65	14,04	25,48	101,12	10,70	22,39	18,85	16,48	29,00
SETEMBRO	220,87	61,65	70,69	116,17	24,08	31,31	30,41	61,09	17,01	25,54	42,58
OUTUBRO	282,34	116,97	203,77	136,95	114,53	164,83	136,14	201,83	59,99	62,81	58,78
NOVEMBRO	120,72	344,86	24,34	83,06	123,16	51,18	97,26	210,56	80,10	53,30	198,22
DEZEMBRO	175,53	446,46	43,34	306,52	92,09	76,14	81,09	101,21	39,84	107,83	254,01

Tabela 43 - Valores médios mensais da década em estudo para o distrito do Porto

### - Comparação com dados da estação modelo

Após a apresentação de todo o procedimento e respectivos dados obtidos, importa também referir de que forma é que esta análise se desvia dos valores retirados da plataforma do SNIRH.

Nesse sentido a tabela 44 apresenta os valores médios mensais para a década estudada e compara-os, lado a lado, com os mesmos valores mas referentes apenas à estação modelo então selecionada.

VALORES MÉDIOS MENSAIS DA DÉCADA		DADOS DA ESTAÇÃO MODELO para comparação - 1999-2009
	1999/2009	
JANEIRO	106,45	117,18
FEVEREIRO	74,93	70,91
MARÇO	141,13	163,44
ABRIL	92,13	75,12
MAIO	52,81	63,16
JUNHO	27,90	51,33
JULHO	26,23	27,35
AGOSTO	32,00	37,58
SETEMBRO	63,76	76,78
OUTUBRO	139,90	131,87
NOVEMBRO	126,07	118,22
DEZEMBRO	156,73	177,71

Tabela 44 –Valores médios mensais da década estudada vs. dados da estação modelo

Utilizando uma regressão linear para cada conjunto de valores é possível observar que se regista uma pequena diferença entre ambas. Contudo, realizando uma análise utilizando linhas de tendência pelo método de médias móveis com dois graus de liberdade, verificamos que os dados obtidos do processo realizado (Porto – Média) suaviza o comportamento ao longo do ano para a precipitação, quando comparado com o comportamento obtido pela mesma análise em relação aos dados da estação modelo. Nesse sentido podemos concluir que os dados apresentados através deste método poderão ser considerados mais conservadores e portanto irão contribuir para uma análise económica com maior segurança.

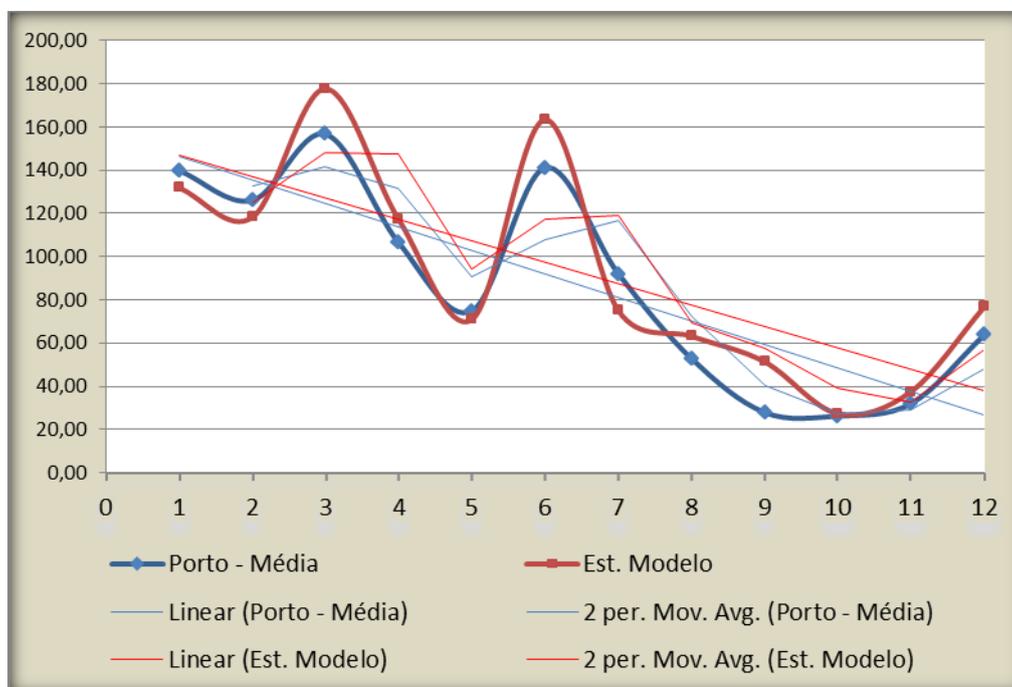


Figura 20 – Ajuste de valores entre valores calculados e estação modelo

- Comparação com os dados sugeridos pelas cartas pluviométricas existentes para o território nacional.

Da mesma forma que os dados obtidos foram comparados com os dados retirados da plataforma do SNIRH foi considerado útil proceder também à comparação desses mesmos dados com os resultantes das cartas pluviométricas publicadas pelo Instituto de Meteorologia Nacional (IM).

Este organismo publica regularmente desde 2003 Boletins Climatológicos anuais onde são apresentados os registos, para Portugal Continental e ilhas, do comportamento da temperatura e precipitação. Baseado nessa informação foram retirados os dados relativos à precipitação anual média verificada entre 1999 e 2009, para Portugal Continental e para as regiões alvo de estudo, Porto, Lisboa e Évora. (Dados apresentados em anexo)

Relativamente à recolha desses dados, duas notas devem ser introduzidas:

Para o período relativo aos anos 1999 e 2002, por não estar disponibilizada a informação relativa a cada zona estudada, a precipitação anual média foi calculada comparando o peso da precipitação anual média do período de 2003 a 2009 para cada região com a precipitação anual do mesmo período para Portugal Continental. Assim, tomando o exemplo da região do Porto para o ano de 2002, a precipitação média anual foi calculada com base na precipitação média anual continental do ano 2002, fornecida pelo Instituto de Meteorologia (IM), de 940 mm e ainda com base no cálculo do peso da precipitação média anual desta região no volume total registado para o território nacional. Para o período de 2003 a 2009, a região do Porto representou em média valores superiores à média nacional em 49%. Foi admitido assim que para o ano de 2002 a precipitação média anual da região do Porto seguiria o mesmo comportamento, representando 49% acima do valor médio da precipitação anual para Portugal Continental. A região do Porto foi registada com uma precipitação de 1427 mm, 49% acima do valor médio continental de 940 mm.

Seguindo o mesmo raciocínio, para o período de 2003 a 2009, as regiões de Lisboa e Évora representam respectivamente 97% e 72% da precipitação média anual de Portugal Continental.

A figura 21 e a tabela 45 ilustram esses cálculos.



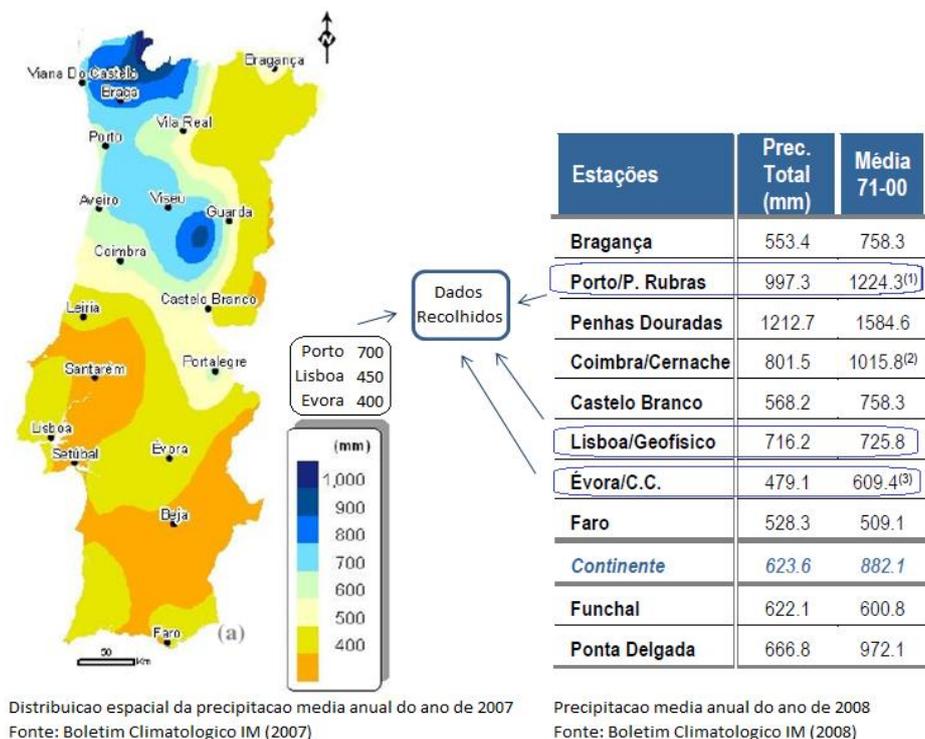


Figura 22 – Dados Recolhidos Do Boletim Climatológico

Uma vez recolhidos e compilados os dados relativos à precipitação média anual para o período de 1999 a 2009 fornecidos pelo IM e constantes dos Boletins Climatológicos publicados anualmente por esta entidade, foi calculada a precipitação média anual total do mesmo período para comparação com os valores já calculados para a estação modelo de cada região, com base nos dados recolhidos da plataforma do SNIRH e igualmente comparados com os dados de cada região calculados pelo método atrás apresentado. A tabela 46 traduz essa comparação.

PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL TOTAL 1999/2009						
	Boletins Met. (fonte: IM)		Dados da Região		Dados da Estação Modelo	
Porto	1174,70	mm	1040,05	mm	1110,65	mm
Lisboa	772,92	mm	717,07	mm	654,06	mm
Evora	564,43	mm	468,96	mm	446,39	mm

Tabela 46 – Resumo da comparação realizada para os vários dados

Usando o caso da região do Porto, os dados apresentados são coerentes com o atrás já referido. A precipitação média anual recolhida diretamente da plataforma do SNIRH para a estação modelo difere em 5% do mesmo valor fornecido pelo IM. Para a mesma comparação utilizando os dados da região compilados pelo método referido, esses valores diferem em 11%, 6% a mais que os dos dados da estação modelo. O método utilizado para cálculo da precipitação média mensal e anual de cada região selecionada apresenta, para todas as três regiões, valores inferiores entre 5 a 15% dos mesmos valores fornecidos pelos Boletins Climatológicos do Instituto Meteorológico, algo que representará uma abordagem conservadora aquando do cálculo dos volumes dos reservatórios e também dos períodos expectáveis para o retorno do investimento realizado nos SAAP.

## **7. CÁLCULO DAS CAPACIDADES DOS RESERVATÓRIOS**

### **7.1. INTRODUÇÃO**

No capítulo 3 foi apresentado e descrito qual o método de cálculo utilizado para o dimensionamento de cada SAAP.

Nos capítulos anteriores 4, 5 e 6 foram apresentadas as características dos edifícios em estudo, ao nível do seu potencial para captação de água das chuvas, do seu consumo expectável de água com origem nos sistemas de captação e ainda da caracterização climatológica da zona na qual cada edifício estará instalado.

O presente capítulo, com base nesses dados descritos, apresenta os resultados dos cálculos efetuados para o dimensionamento dos reservatórios de aproveitamento de água pluvial. No final pretende-se evidenciar a diferença de resposta ao consumo de cada edifício comparando o comportamento geral do SAAP com um reservatório cujo volume foi limitado por fatores exteriores, com o comportamento do mesmo SAAP caso não houvessem fatores externos a limitar a definição do volume do reservatório de aproveitamento de águas pluviais.

Recorda-se mais uma vez que o volume apresentado e apelidado de “real” corresponde ao volume calculado na fase de projeto (real) e que resulta da consideração de fatores limitativos externos ao dimensionamento puro do SAAP. Fatores como custo total e orçamento disponível, atrasamentos devido a equipamentos mecânicos ou a elementos estruturais fazem parte de um conjunto mais abrangente de fatores externos que pesam na definição final das dimensões do reservatório de aproveitamento.

Por outro lado, o volume apresentado como “ideal” pretende apresentar o valor de cálculo do reservatório SAAP que seria desejável instalar caso não houvessem limitações externas e o objetivo fosse sempre o de maximizar o aproveitamento de águas pluviais para consumo do edifício.

### **7.2. APRESENTAÇÃO DO PERFIL DE APROVEITAMENTO POR EDIFÍCIO TIPO**

Uma vez descrito o método de cálculo utilizado para a determinação do volume do reservatório do SAAP, apresentam-se os perfis de aproveitamento para cada tipo de edifício obtidos, comparando o caso “real” com o cenário de reservatório “ideal”, conceitos já explicados anteriormente.

Em cada gráfico de perfil de aproveitamento é possível observar a variação ao longo do ano do volume acumulado no reservatório, comparando-a com a variação do volume de água desprezada pelo sistema (não aproveitada). Por fim em cada gráfico é possível também

observar qual os períodos onde se verifica a necessidade de recorrer ao abastecimento pela rede pública. O texto e resultados apresentados apenas se referem à região do Porto, estando as restantes regiões estudadas, Lisboa e Évora, descritas em anexo, capítulo 6.1. Contudo para uma melhor visualização dos dados finais obtidos, são apresentados juntamente com os perfis da região do Porto, os relativos à região de Lisboa e Évora.

### 7.2.1. COM VOLUME REAL IMPOSTO

O volume real foi aquele utilizado em projeto, ou seja, que não resultou de um cálculo iterativo pela busca do melhor volume que maximizaria o aproveitamento. Foi definido em função das limitações reais do projeto.

#### 7.2.1.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – UNIFAMILIAR (MORADIA)

O volume total considerado para o reservatório de aproveitamento de águas pluviais foi limitado a um total de 5 m<sup>3</sup>. Este prendeu-se maioritariamente com a restrição de espaço para a instalação de órgão deste tipo numa habitação com a área representada.

Uma vez imposto o volume total, o que o perfil de funcionamento do SAAP mostra é um registo de desaproveitamento entre os meses mais chuvosos, Outubro a Abril, verificando-se que o mês de Maio e Dezembro são aqueles em que se verifica uma maior aproximação entre o caudal acumulado e a quantidade de água recolhida na cobertura da habitação. Nos meses de Junho e Julho não é necessário recorrer ao abastecimento de água da rede pública, existindo apenas tal necessidade no mês de Agosto. A análise efetuada com a definição ideal do volume do reservatório dir-nos-á qual a margem existente para obter uma eficácia otimizada do SAAP.

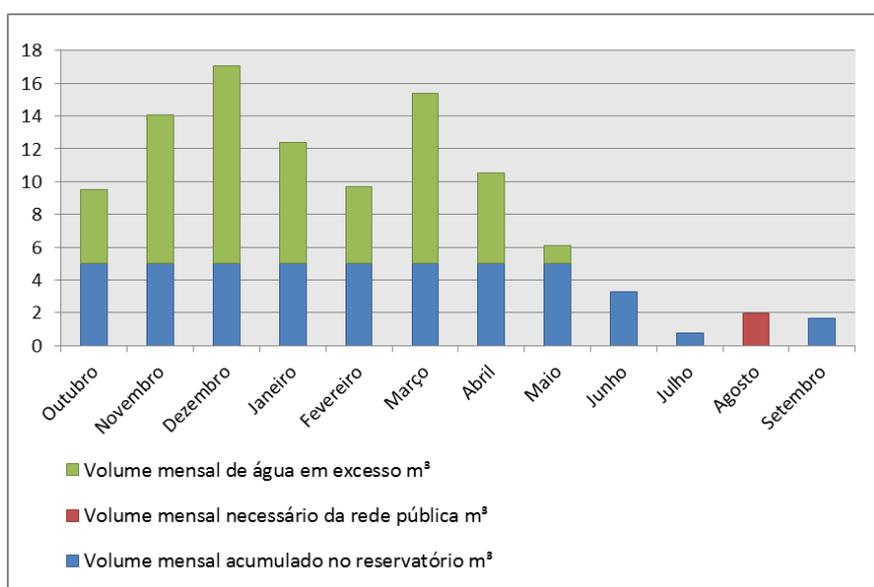


Figura 23 – Perfil do SAAP para o Edifício Unifamiliar, Região do Porto, (vol. em m<sup>3</sup>)

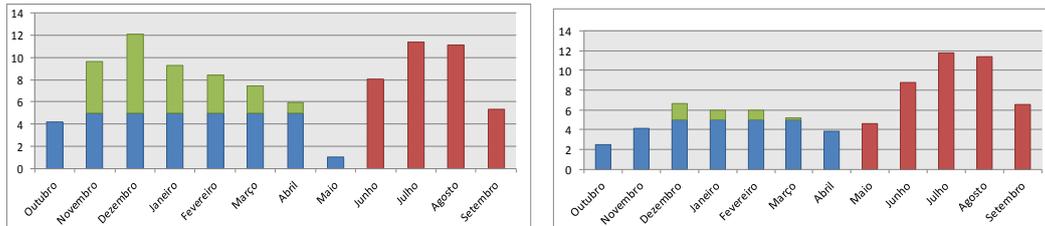


Figura 24 - Perfil do SAAP para o Edifício Unifamiliar, Região de Lisboa e Évora, (vol. em m³)

### 7.2.1.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – MULTIFAMILIAR

O volume total considerado para o reservatório de aproveitamento de águas pluviais foi limitado a um total de 150 m<sup>3</sup>. Apesar de se situar instalado no exterior do edifício, enterrado e portanto com espaço disponível para ser adotado um volume superior, a imposição do volume definido ficou a dever-se aos custos associados à sua construção e posterior manutenção.

Neste caso, o perfil de funcionamento do SAAP mostra um registo bipartido entre uma fase de clara eficácia do sistema, entre Outubro e Abril e uma fase em que o sistema não consegue dar resposta à solicitação de consumo do edifício, entre Maio e Setembro. A análise efetuada com a definição ideal do volume do reservatório dir-nos-á qual a margem existente para obter uma eficácia otimizada do SAAP.

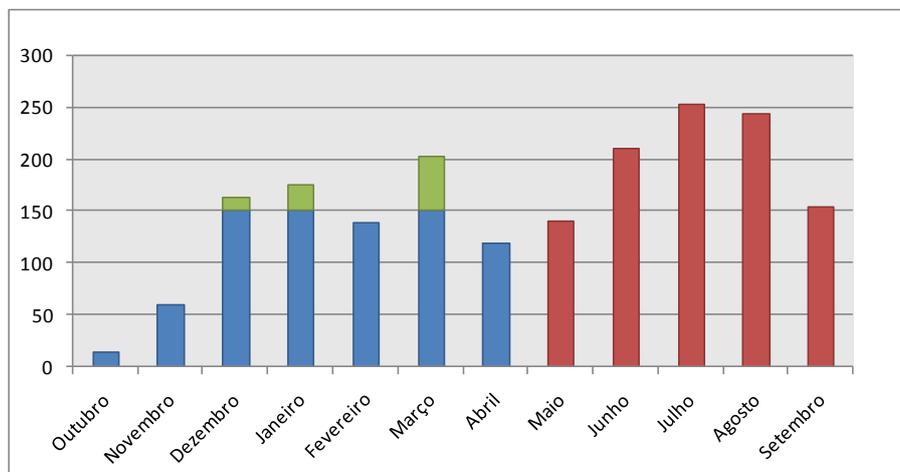


Figura 25 - Perfil do SAAP para o Edifício Multifamiliar, (vol. em m³)

### 7.2.1.3. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PRIVADO

O volume total considerado para o reservatório de aproveitamento de águas pluviais foi limitado a um total de 20 m<sup>3</sup>. Este prendeu-se maioritariamente com a localização disponibilizada para a instalação da área técnica. Situando-se num local com forte condicionantes de atravancamento com paredes estruturais, a expansão do volume de reserva para valores superiores ao mencionado não seria possível sem afetar profundamente a macroestrutura de todo o edifício, algo que foi evitado desde início.

Neste caso, o perfil de funcionamento do SAAP mostra um registo que evidencia um comportamento não uniforme ao longo do ano. Enquanto no período mais chuvoso, entre Outubro e Abril, o volume de reserva não é suficiente para captar de forma eficaz o volume da precipitação verificada, no período entre Maio e Setembro o sistema deixa de ter capacidade para dar resposta ao consumo solicitado pela rede do edifício, obrigando a recorrer a rede pública. A análise efetuada com a definição ideal do volume do reservatório dir-nos-á qual a margem existente para obter uma eficácia otimizada do SAAP.

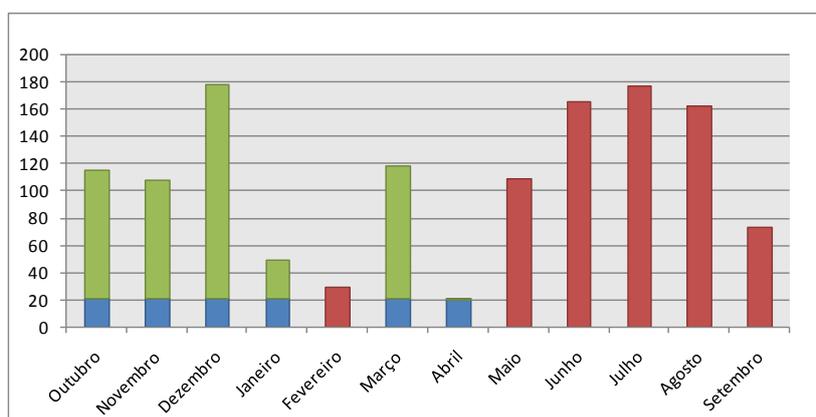


Figura 26 - Perfil do SAAP para o Edifício de Serviços, (vol. em m<sup>3</sup>)

#### 7.2.1.4. EDIFÍCIO ESCOLAR

O volume total considerado para o reservatório de aproveitamento de águas pluviais foi limitado a um total de 20 m<sup>3</sup>. Este prendeu-se maioritariamente com a localização disponibilizada para a instalação da área técnica, mas também pelo facto de partilhar o espaço da área técnica com outros órgãos de armazenagem de água, nomeadamente reservatório de rede de extinção de incêndio e reservatório para aproveitamento e tratamento de água residuais cinzentas.

De facto é necessário esclarecer que cálculo apresentado apenas contempla o estudo para o aproveitamento de águas pluviais quando na realidade o projeto em causa contemplava a recolha, o tratamento e o armazenamento de águas cinzentas, que funcionariam em paralelo com o SAAP, tornavam perfil do sistema mais equilibrado.

Por essa razão o perfil apresenta um comportamento distorcido da realidade. A análise efetuada com a definição ideal do volume do reservatório dir-nos-á qual a margem existente para obter uma eficácia otimizada do SAAP.

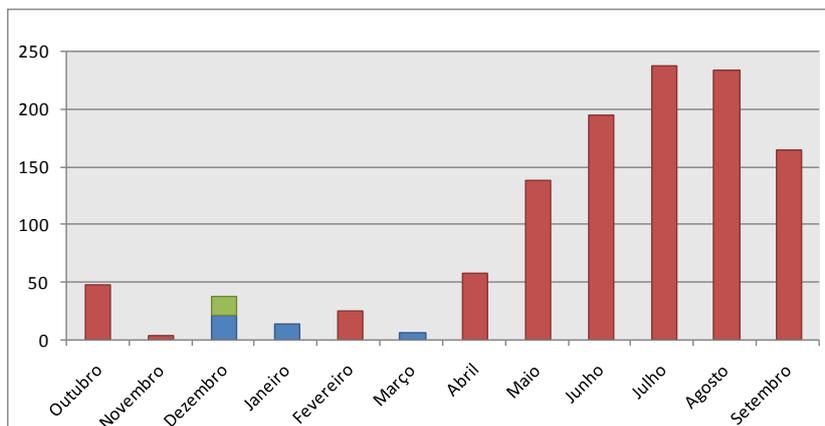


Figura 27 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Escolar, (vol. em m<sup>3</sup>)

#### 7.2.1.5. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PÚBLICO (MUSEU)

O volume total considerado para o reservatório de aproveitamento de águas pluviais foi limitado a um total de 346 m<sup>3</sup>. Este prendeu-se maioritariamente com a localização disponibilizada para a instalação da área técnica. Situando-se num local com forte condicionantes de atravancamento com paredes estruturais e com outros equipamentos mecânicos, a expansão do volume de reserva para valores superiores ao mencionado não seria possível sem afetar os restantes equipamentos e poriam também em causa as condições de ligação gravítica ao coletor de drenagem de água pluviais.

Neste caso, o perfil de funcionamento do SAAP mostra um registo bipartido entre uma fase de clara eficácia do sistema, entre Outubro e Maio e uma fase em que o sistema não consegue dar resposta à solicitação de consumo do edifício, entre Junho e Setembro. A análise efetuada com a definição ideal do volume do reservatório dir-nos-á qual a margem existente para obter uma eficácia otimizada do SAAP.

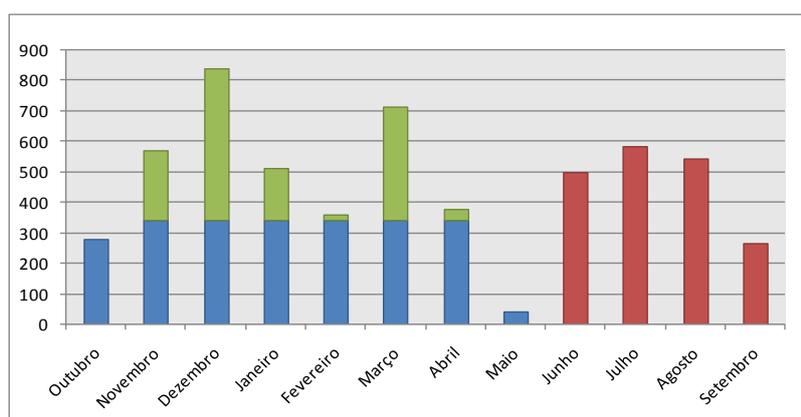


Figura 28 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Público, (vol. em m<sup>3</sup>)

#### 7.2.1.6. EDIFÍCIO HOSPITALAR

O volume total considerado para o reservatório de aproveitamento de águas pluviais foi limitado a um total de 500 m<sup>3</sup>. Embora não houvesse uma limitação física à construção do reservatório, a existência de um orçamento com algumas restrições levou à limitação do seu

volume. Também fator de restrição à determinação do volume foram as condições de ligação gravítica ao coletor de drenagem de água pluviais, que pela sua localização e cotas de ligação não permitiram a construção de uma reserva superior.

Neste caso, o perfil de funcionamento do SAAP mostra um registo bipartido entre uma fase de clara eficácia do sistema, entre Outubro e Abril e uma fase em que o sistema não consegue dar resposta à solicitação de consumo do edifício, entre Maio e Setembro, fruto de uma utilização exclusiva da água aproveitada para o sistema de rega. A análise efetuada com a definição ideal do volume do reservatório dir-nos-á qual a margem existente para obter uma eficácia otimizada do SAAP.

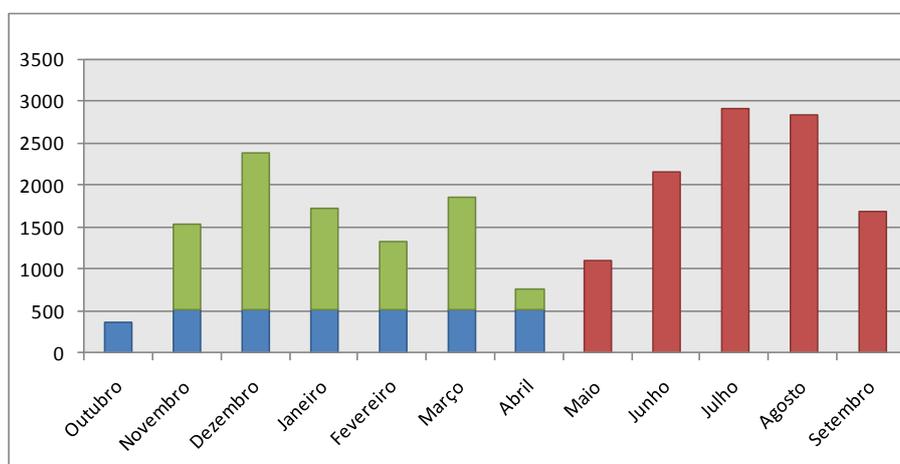


Figura 29 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Hospitalar, (vol. em m<sup>3</sup>)

#### 7.2.1.7. EDIFÍCIO INDUSTRIAL M

O volume total considerado para o reservatório de aproveitamento de águas pluviais foi limitado a um total de 485 m<sup>3</sup>. Embora se tenha registado algumas restrições à determinação do volume ideal do reservatório, nomeadamente pelas condições de ligação gravítica ao coletor de drenagem de água pluviais, que pela sua localização e cotas de ligação obrigaram à construção da reserva num local afastado relativamente ao ponto de origem de recolha de água, o volume definido encontra-se definido próximo do ideal.

Neste caso, o perfil de funcionamento do SAAP mostra um comportamento do sistema bastante equilibrado ao longo do ano, registando apenas nos meses de Julho e Agosto falha na capacidade de resposta. A análise efetuada com a definição ideal do volume do reservatório dir-nos-á qual a margem existente para obter uma eficácia otimizada do SAAP.

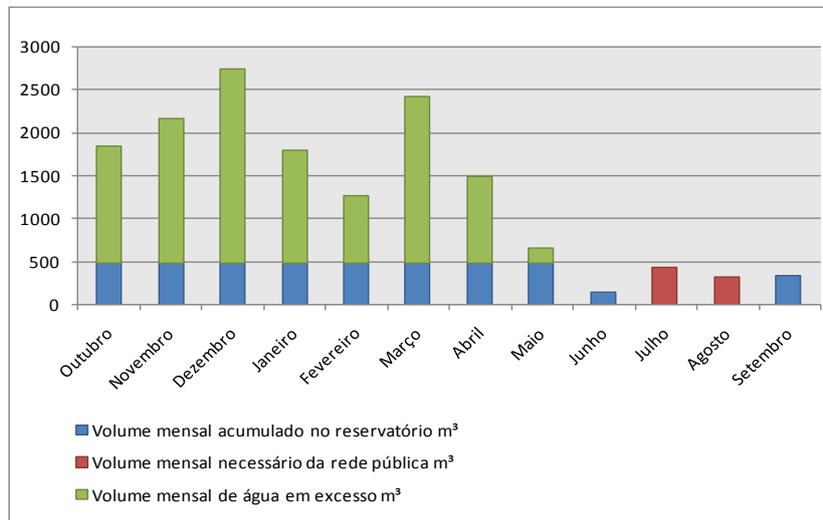


Figura 30 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Industrial M, (vol. em m<sup>3</sup>)

#### 7.2.1.8. EDIFÍCIO INDUSTRIAL C

O volume total considerado para o reservatório de aproveitamento de águas pluviais foi limitado a um total de 400 m<sup>3</sup>. Neste caso, embora de características semelhantes ao caso anterior, registaram-se algumas restrições à determinação do volume ideal do reservatório, nomeadamente pelas condições de ligação gravítica ao coletor de drenagem de água pluviais, que pela sua localização e cotas de ligação obrigaram à construção da reserva num local afastado relativamente ao ponto de origem de recolha de água.

Neste caso, o perfil de funcionamento do SAAP mostra um registo bipartido entre uma fase de clara eficácia do sistema, entre Outubro e Abril e uma fase em que o sistema não consegue dar resposta à solicitação de consumo do edifício, entre Maio e Setembro, fruto de uma utilização maioritariamente dependente do sistema de rega. A análise efetuada com a definição ideal do volume do reservatório dir-nos-á qual a margem existente para obter uma eficácia otimizada do SAAP.

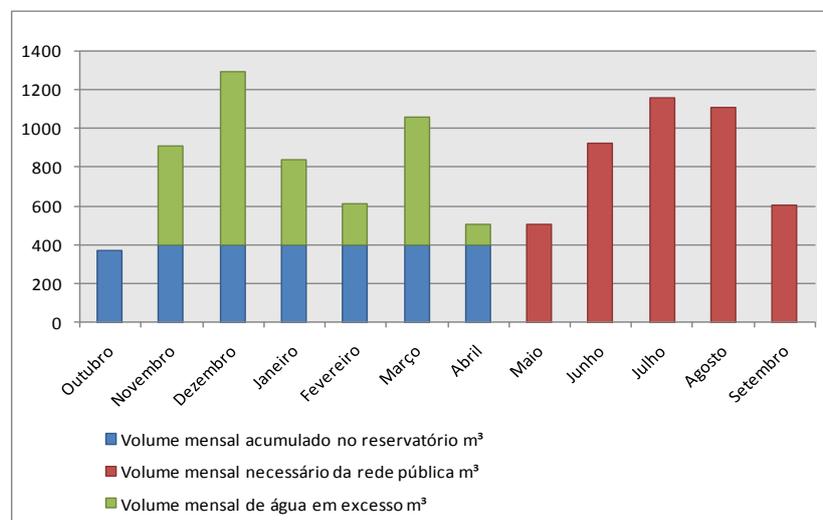


Figura 31 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Industrial C, (vol. em m<sup>3</sup>)

### 7.2.1.9. EDIFÍCIO PRISIONAL

O volume total considerado para o reservatório de aproveitamento de águas pluviais foi limitado a um total de 50 m<sup>3</sup>. Com uma forte limitação orçamental, este projeto necessitou de uma abordagem cuidada, levando a que o volume de reserva do sistema SAAP fosse limitado ao valor referido.

Neste caso, o perfil de funcionamento do SAAP mostra um registo bipartido entre uma fase de clara eficácia do sistema, entre Outubro e Abril e uma fase em que o sistema não consegue dar resposta à solicitação de consumo do edifício, entre Maio e Setembro, fruto de uma utilização maioritariamente dependente do sistema de rega. Constata-se igualmente que pelo volume rejeitado entre os meses de Outubro a Abril, haveria potencial para equilibrar o comportamento global do sistema, melhorando-o, caso tivesse sido previsto um volume de reserva superior. A análise efetuada com a definição ideal do volume do reservatório dir-nos-á qual a margem existente para obter uma eficácia otimizada do SAAP.

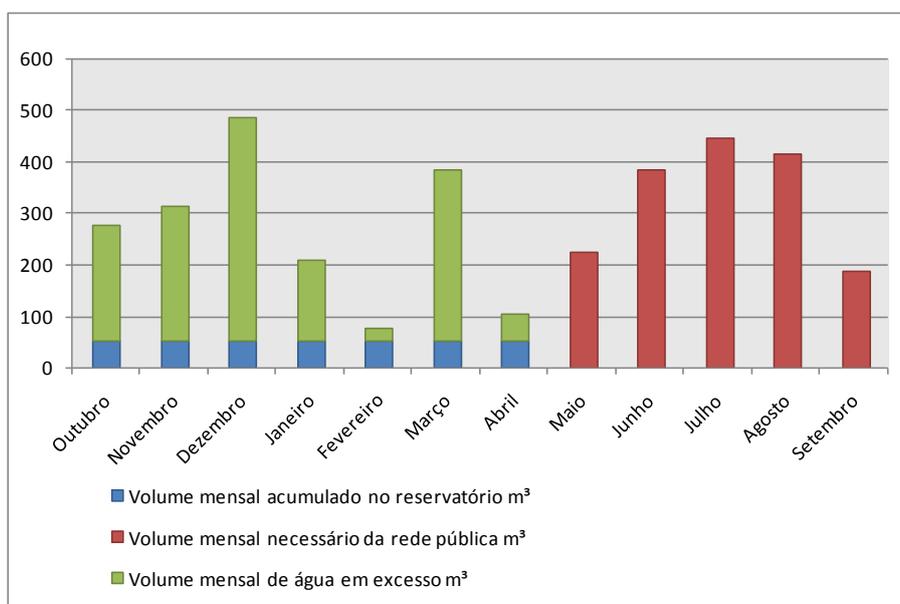


Figura 32 - Perfil de funcionamento do SAAP para o Edifício Prisional, (vol. em m<sup>3</sup>)

### 7.2.2. COM VOLUME IDEAL CALCULADO

Para determinação do volume ideal usaram-se os dados utilizados para determinação do volume real, considerando-se que quaisquer limitações ocorridas em fase de projeto não seriam agora consideradas e portanto o volume da reserva não teria qualquer limitação para a sua determinação. A metodologia de cálculo utilizada foi a mesma usada para o cálculo do volume real. Neste caso a diferença surge na procura por um valor de reserva que acolha o máximo possível de cada SAAP. Conforme referido, para o cálculo do volume “real” a reserva foi imposta por fatores externos.

Por exemplo, o cálculo ideal da moradia indica-nos que um volume de 35 m<sup>3</sup> permitiria o aproveitamento máximo do SAAP, contudo no cálculo real, por imposição de limitação de espaço para instalação da reserva, apenas foi considerado um reservatório com 5 m<sup>3</sup> de capacidade.

Para tal foi utilizada uma análise paramétrica, fazendo variar os volumes de reserva de 5 m<sup>3</sup> a um valor máximo equivalente entre 10 e 15 vezes superior ao valor real já definido. Fazendo correr a simulação foi possível compreender de que forma evolui a eficácia do sistema SAAP para cada caso, até atingir um valor máximo a partir do qual, um incremento na capacidade de volume de reserva não obtinha benefício no aumento da eficácia do sistema, isto é, na diminuição da quantidade de água proveniente da rede pública.

Pretende-se identificar para cada caso (edifício de utilização tipo) um valor base de volume de reserva e o volume máximo com aumento de aproveitamento. Seleccionando valores intermédios, pretende-se analisar estes dados com os custos associados, apresentando no final tabela resumo.

Dos dados recolhidos conclui-se que, apesar do aumento significativo do volume de reserva a partir do valor base, a poupança efetiva de água (traduzida na tabela pela quantidade de água poupada proveniente da rede pública) será cada vez menor até um ponto em que apesar do volume aumentar, o aumento de poupança será zero. Este ponto ocorre quando o volume de água da chuva recolhido pela superfície disponível nesse edifício atinge o seu máximo, a partir do qual não haverá água suficiente a chegar à reserva para que se possa constituir aproveitamento.

Nota, por valor base entende-se o valor utilizado em projeto, real, podendo não ser o valor teoricamente correto ou aquele que maximizaria a relação aproveitamento/custo, mas antes o valor apresentado como solução final a executar, depois de ponderadas todas as limitações e restrições existentes em projeto.

Para cada edifício tipo são apresentados os valores obtidos decorrentes das simulações realizadas. Os dados apresentados dizem respeito apenas à zona do Porto, as restantes zonas encontram-se descritas em anexo.

#### **7.2.2.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – UNIFAMILIAR (MORADIA)**

No presente caso, o valor da reserva determinada em projeto foi de 5 m<sup>3</sup>.

Realizando uma análise paramétrica, obteve-se os vários níveis de aproveitamento para cada volume teórico do reservatório de aproveitamento. Verifica-se que atingindo o volume

máximo de 35 m<sup>3</sup>, não se obterá mais aumento dos níveis de aproveitamento de água. Este volume será pois o valor máximo a considerar na análise económica a realizar. A figura 33 apresenta o perfil equivalente, considerando o volume máximo de 35 m<sup>3</sup>, servindo de comparação com a figura correspondente ao volume real, apresentada no ponto anterior.

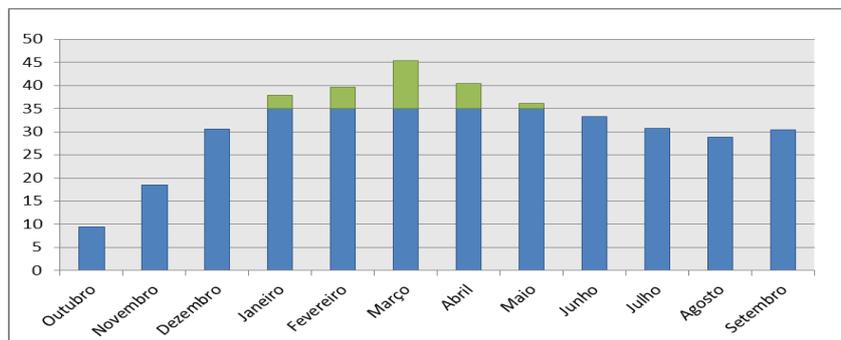


Figura 33 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Unifamiliar, (vol. em m<sup>3</sup>)

Em anexo encontram-se as tabelas onde se regista o comportamento do sistema para cada aumento incremental do volume da reserva. Nelas é possível observar que, começando com 5 m<sup>3</sup> (volume real), um aumento de 100% na capacidade de reserva para os 10 m<sup>3</sup> significa um aumento de 7% na poupança de água proveniente da rede pública. Um novo aumento para uma capacidade de 20 m<sup>3</sup> significa um aumento de 10% nessa poupança. O volume de 35 m<sup>3</sup> é o volume a partir do qual um aumento não traduz uma melhoria desse parâmetro e portanto é considerado o volume máximo a determinar para o reservatório.

É possível observar igualmente que a cada aumento há uma diminuição da poupança de água por metro cúbico de aumento da capacidade de reserva. Para uma reserva de 10 m<sup>3</sup> há uma poupança de 1,43 m<sup>3</sup> de água enquanto para uma reserva de 20 m<sup>3</sup> essa poupança decresce para 1,11 m<sup>3</sup>.

#### 7.2.2.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – MULTIFAMILIAR

No presente caso, o valor da reserva determinada em projeto foi de 150 m<sup>3</sup>.

Da análise obtém-se os níveis de aproveitamento para cada volume teórico do reservatório de aproveitamento. Verifica-se que atingindo o volume máximo de 180 m<sup>3</sup>, não se obterá mais aumento dos níveis de aproveitamento de água. Este volume será pois o valor máximo a considerar na análise económica a realizar de seguida. A figura seguinte apresenta o perfil equivalente, considerando o volume máximo de 175 m<sup>3</sup> servindo de comparação com a figura correspondente ao volume real, apresentada no ponto anterior.

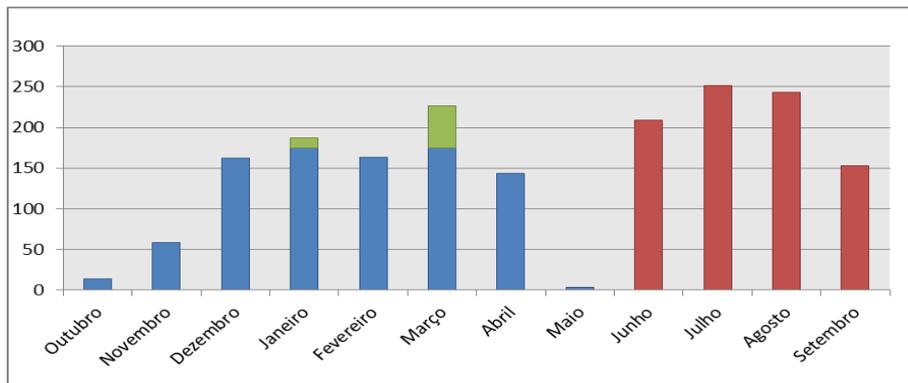


Figura 34 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Multifamiliar, (vol. em m<sup>3</sup>)

Da tabela em anexo é possível observar que, começando com 150 m<sup>3</sup> (volume real), um aumento de 20% na capacidade de reserva para os 180 m<sup>3</sup> significa um aumento de 2% na poupança de água proveniente da rede pública. Contudo um novo aumento para uma capacidade de 200 m<sup>3</sup> não significa novo aumento dessa poupança. O volume de 180 m<sup>3</sup> é o volume a partir do qual qualquer aumento não traduz uma melhoria desse parâmetro e portanto é considerado o volume máximo a determinar para o reservatório.

É possível observar igualmente que a cada aumento há um aumento da poupança de água por metro cúbico de aumento da capacidade de reserva. Para uma reserva de 150 m<sup>3</sup> há uma poupança de 1,96 m<sup>3</sup> de água, enquanto para uma reserva de 180 m<sup>3</sup> essa poupança cresce para 2,40 m<sup>3</sup>.

### 7.2.2.3. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PRIVADO

No presente caso, o valor da reserva determinada em projeto foi de 20 m<sup>3</sup>.

Realizando a referida análise, obtém-se os vários níveis de aproveitamento para cada volume teórico do reservatório de aproveitamento. Verifica-se que atingindo o volume máximo de 460 m<sup>3</sup>, não se obterá mais aumento dos níveis de aproveitamento de água. Este volume será pois o valor máximo a considerar na análise económica a realizar de seguida. A figura seguinte apresenta o perfil equivalente, considerando o volume máximo de 460 m<sup>3</sup> servindo de comparação com a figura correspondente ao volume real, apresentada no ponto anterior.

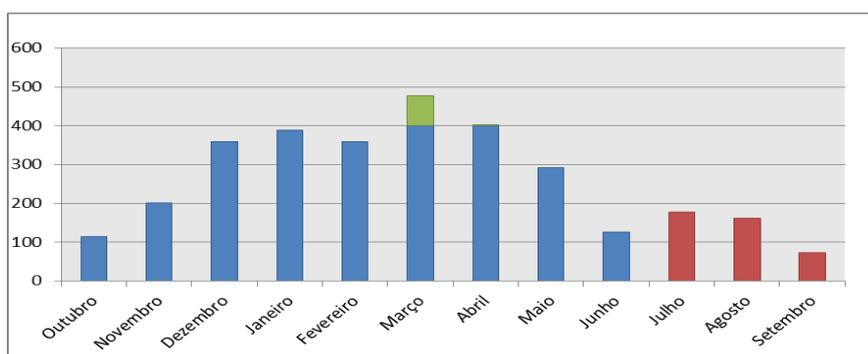


Figura 35 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício de Serviços, (vol. em m<sup>3</sup>)

Da tabela em anexo é possível observar que, começando com 20 m<sup>3</sup> (volume real), um aumento na capacidade de reserva para os 460 m<sup>3</sup> significa um aumento de 20% na poupança de água proveniente da rede pública. O volume de 460 m<sup>3</sup> é o volume a partir do qual qualquer aumento não traduz uma melhoria desse parâmetro e portanto é considerado o volume máximo a determinar para o reservatório.

#### 7.2.2.4. EDIFÍCIO ESCOLAR

No presente caso, o valor da reserva determinada em projeto foi de 10 m<sup>3</sup>.

Realizando a análise, obtém-se os vários níveis de aproveitamento para cada volume teórico do reservatório de aproveitamento. Verifica-se que atingindo o volume máximo de 40 m<sup>3</sup>, não se obterá mais aumento dos níveis de aproveitamento de água. Este volume será pois o valor máximo a considerar na análise económica a realizar de seguida. A figura seguinte apresenta o perfil equivalente, considerando o volume máximo de 35 m<sup>3</sup> servindo de comparação com a figura correspondente ao volume real, apresentada no ponto anterior.

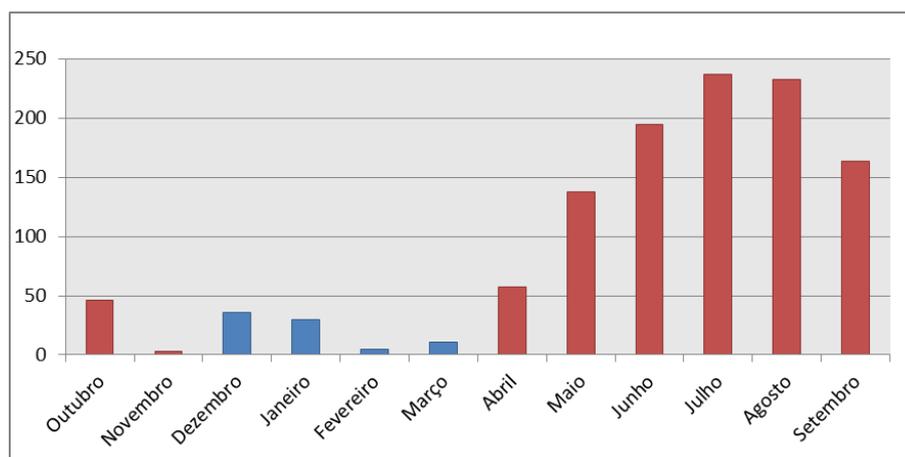


Figura 36 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Escolar, (vol. em m<sup>3</sup>)

Da tabela em anexo é possível observar que, começando com 10 m<sup>3</sup> (volume real), um aumento de 250% na capacidade de reserva para os 35 m<sup>3</sup> significa um aumento de 0,3% na poupança de água proveniente da rede pública. O volume de 35 m<sup>3</sup> é o volume a partir do qual qualquer aumento não traduz uma melhoria desse parâmetro e portanto é considerado o volume máximo a determinar para o reservatório.

#### 7.2.2.5. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PÚBLICO (MUSEU)

No presente caso, o valor da reserva determinada em projeto foi de 340 m<sup>3</sup>.

Da análise realizada, obtém-se os vários níveis de aproveitamento para cada volume teórico do reservatório de aproveitamento. Verifica-se que atingindo o volume máximo de 1400 m<sup>3</sup>, não se obterá mais aumento dos níveis de aproveitamento de água. Este volume será pois o valor máximo a considerar na análise económica a realizar de seguida. A figura seguinte apresenta o

perfil equivalente, considerando o volume máximo de 1390 m<sup>3</sup> servindo de comparação com a figura correspondente ao volume real, apresentada no ponto anterior.

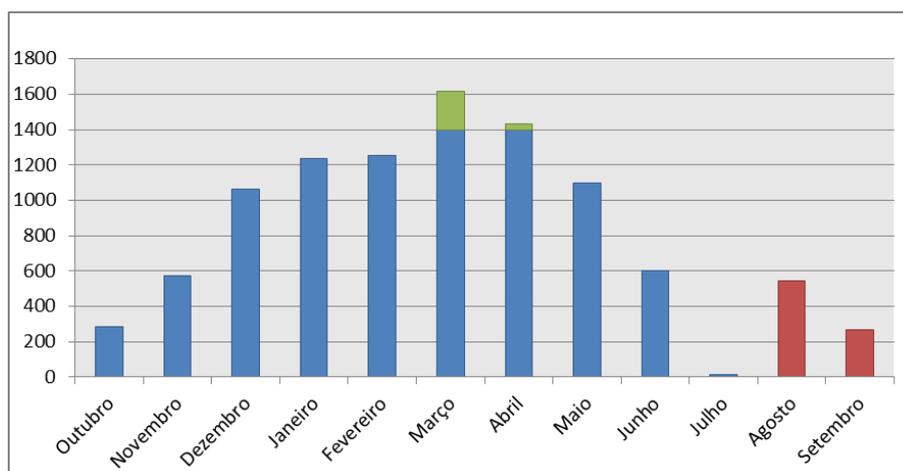


Figura 37 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício de Serviços Público, (vol. em m<sup>3</sup>)

Da tabela em anexo é possível observar que, começando com 340 m<sup>3</sup> (volume real), um aumento de 309% na capacidade de reserva para os 1390 m<sup>3</sup> significa um aumento de 11% na poupança de água proveniente da rede pública. O volume de 1390 m<sup>3</sup> é o volume a partir do qual qualquer aumento não traduz uma melhoria desse parâmetro e portanto é considerado o volume máximo a determinar para o reservatório.

#### 7.2.2.6. EDIFÍCIO HOSPITALAR

No presente caso, o valor da reserva determinada em projeto foi de 500 m<sup>3</sup>.

Da análise realizada, obtém-se os vários níveis de aproveitamento para cada volume teórico do reservatório de aproveitamento. Verifica-se que atingindo o volume máximo de 6140 m<sup>3</sup>, não se obterá mais aumento dos níveis de aproveitamento de água. Este volume será pois o valor máximo a considerar na análise económica a realizar de seguida. A figura seguinte apresenta o perfil equivalente, considerando o volume máximo de 6140 m<sup>3</sup> servindo de comparação com a figura correspondente ao volume real, apresentada no ponto anterior.

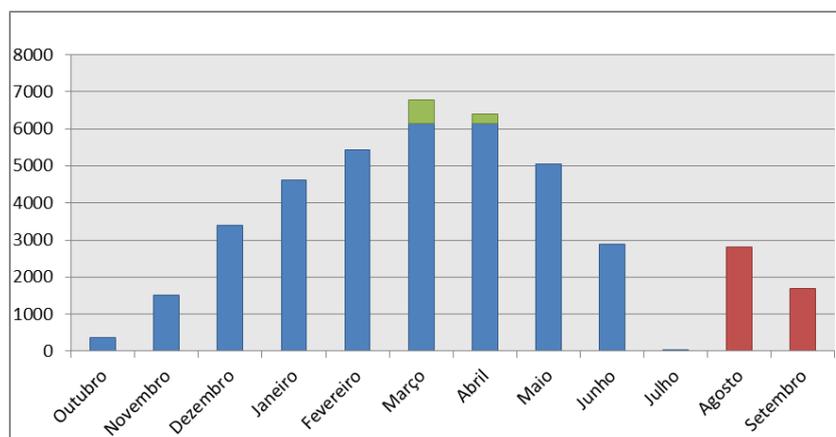


Figura 38 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Hospitalar, (vol. em m<sup>3</sup>)

Da tabela em anexo é possível observar que, começando com 500 m<sup>3</sup> (volume real), um aumento de 1128% na capacidade de reserva para os 6140 m<sup>3</sup> significa um aumento de 39,2% na poupança de água proveniente da rede pública. O volume de 6140 m<sup>3</sup> é o volume a partir do qual qualquer aumento não traduz uma melhoria desse parâmetro e portanto é considerado o volume máximo a determinar para o reservatório.

#### 7.2.2.7. EDIFÍCIO INDUSTRIAL M

No presente caso, o valor da reserva determinada em projeto foi de 480 m<sup>3</sup>.

Da análise realizada, obtém-se os vários níveis de aproveitamento para cada volume teórico do reservatório de aproveitamento. Verifica-se que atingindo o volume máximo de 1420 m<sup>3</sup>, não se obterá mais aumento dos níveis de aproveitamento de água. Este volume será pois o valor máximo a considerar na análise económica a realizar de seguida. A figura seguinte apresenta o perfil equivalente, considerando o volume máximo de 1420 m<sup>3</sup> servindo de comparação com a figura correspondente ao volume real, apresentada no ponto anterior.

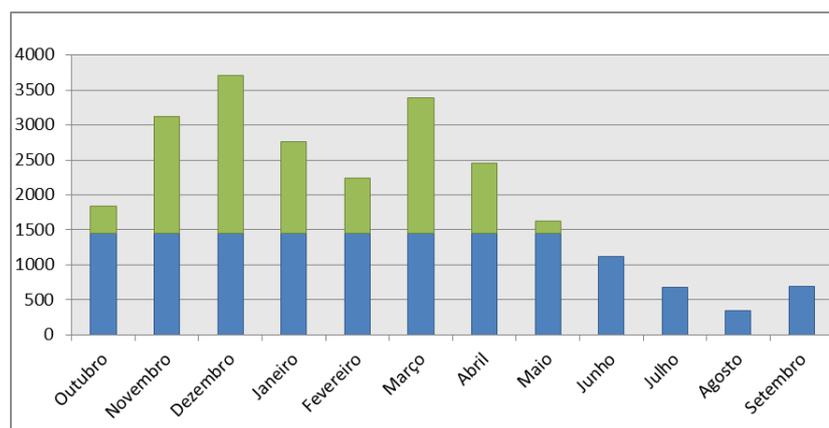


Figura 39 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Industrial M, (vol. em m<sup>3</sup>)

Da tabela em anexo é possível observar que, começando com 500 m<sup>3</sup> (volume real), um aumento de 196% na capacidade de reserva para os 1420 m<sup>3</sup> significa um aumento de 0,4% na poupança de água proveniente da rede pública. O volume de 1420 m<sup>3</sup> é o volume a partir do qual qualquer aumento não traduz uma melhoria desse parâmetro e portanto é considerado o volume máximo a determinar para o reservatório.

#### 7.2.2.8. EDIFÍCIO INDUSTRIAL C

No presente caso, o valor da reserva determinada em projeto foi de 400 m<sup>3</sup>.

Da análise realizada, obtém-se os vários níveis de aproveitamento para cada volume teórico do reservatório de aproveitamento. Verifica-se que atingindo o volume máximo de 2580 m<sup>3</sup>, não se obterá mais aumento dos níveis de aproveitamento de água. Este volume será pois o valor máximo a considerar na análise económica a realizar de seguida. A figura seguinte apresenta o

perfil equivalente, considerando o volume máximo de 2580 m<sup>3</sup> servindo de comparação com a figura correspondente ao volume real, apresentada no ponto anterior.

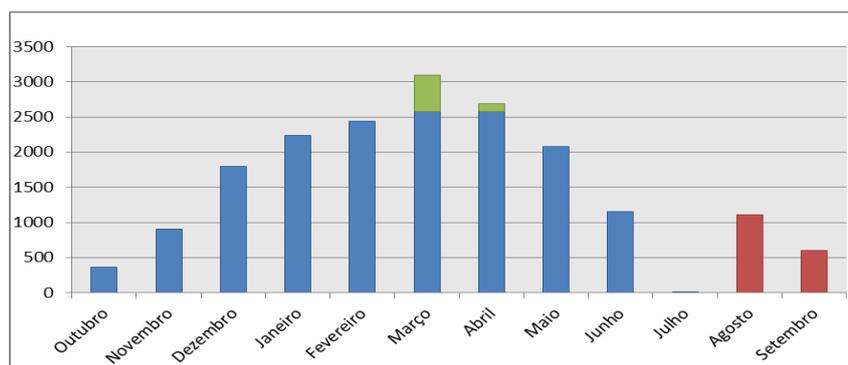


Figura 40 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Industrial C, (vol. em m<sup>3</sup>)

Da tabela em anexo é possível observar que, começando com 400 m<sup>3</sup> (volume real), um aumento de 545% na capacidade de reserva para os 2580 m<sup>3</sup> significa um aumento de 2,1% na poupança de água proveniente da rede pública. O volume de 2580 m<sup>3</sup> é o volume a partir do qual qualquer aumento não traduz uma melhoria desse parâmetro e portanto é considerado o volume máximo a determinar para o reservatório.

#### 7.2.2.9. EDIFÍCIO PRISIONAL

No presente caso, o valor da reserva determinada em projeto foi de 50 m<sup>3</sup>.

Da análise realizada, obtém-se os vários níveis de aproveitamento para cada volume teórico do reservatório de aproveitamento. Verifica-se que atingindo o volume máximo de 225 m<sup>3</sup>, não se obterá mais aumento dos níveis de aproveitamento de água. Este volume será pois o valor máximo a considerar na análise económica a realizar de seguida.

A figura seguinte apresenta o perfil equivalente, considerando o volume máximo de 225 m<sup>3</sup> servindo de comparação com a figura correspondente ao volume real, apresentada no ponto anterior.

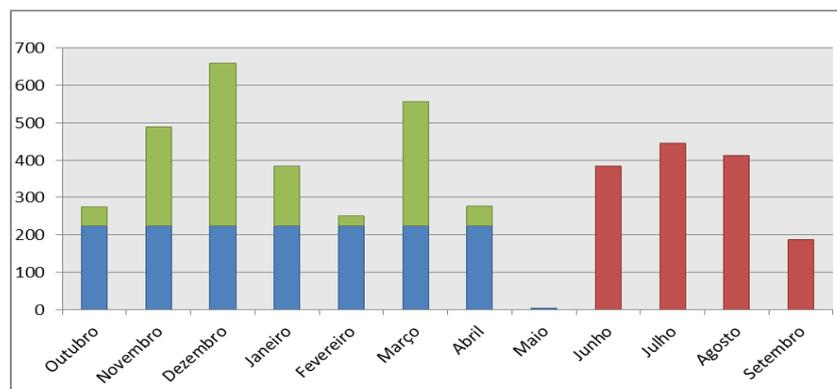


Figura 41 - Perfil de funcionamento ideal do SAAP para o Edifício Prisional, (vol. em m<sup>3</sup>)

Da tabela em anexo é possível observar que, começando com 50 m<sup>3</sup> (volume real), um aumento de 350% na capacidade de reserva para os 225 m<sup>3</sup> significa um aumento de 0,7% na poupança de água proveniente da rede pública. O volume de 225 m<sup>3</sup> é o volume a partir do qual qualquer aumento não traduz uma melhoria desse parâmetro e portanto é considerado o volume máximo a determinar para o reservatório.

### 7.3. CONCLUSÃO

A análise apresentada permite concluir que, não havendo limitações à determinação do volume da reserva do SAAP, os volumes captados aumentam para valores que permitem apresentar perfis de funcionamento dos sistemas próximos do ponto de equilíbrio, isto é, volume captado igual ao volume fornecido, com os volumes provenientes da rede pública a tender para zero.

Verifica-se contudo que considerar apenas a maximização dos volumes captados leva a equacionar valores de volumes dos reservatórios elevadíssimos e algo distorcidos da realidade dos edifícios. É portanto necessário saber balizar tais dados entre máximos e mínimos para que os volumes de reserva finais sejam equilibrados, não só do ponto de vista do funcionamento do sistema mas também do ponto de vista da interligação com a realidade do edifício, sua dimensão e custos.

Outra questão que reforça este último ponto prende-se igualmente com o já mencionado no capítulo 1 e relaciona-se com a qualidade da água. Conforme é então mencionado, com o aumento dos volumes de reserva, a preocupação com a qualidade da água deverá aumentar, elevando-se a dificuldade de manter a boa qualidade da água em grandes volumes nos casos de se verificar estagnação da mesma. Mais uma vez fica reforçada a necessidade de saber determinar os volumes dos SAAP. A tabela seguinte resume a análise efetuada.

Edifício Tipo	Porto		Lisboa		Évora	
	Volume do Reservatorio		Volume do Reservatorio		Volume do Reservatorio	
	Real (m3)	Ideal (m3)	Real (m3)	Ideal (m3)	Real (m3)	Ideal (m3)
Habitação – Unifamiliar	5,00	35,00	5,00	35,00	5,00	10,00
Habitação – Multifamiliar	150,00	180,00	150,00	185,00	150,00	160,00
Serviços – Privado	20,00	460,00	20,00	110,00	20,00	20,00
Escolar	20,00	35,00	20,00	35,00	20,00	20,00
Serviços – Publico	346,00	1390,00	346,00	350,00	346,00	346,00
Hospitalar	500,00	6140,00	500,00	3640,00	500,00	1285,00
Industrial M - (sem cantina)	485,00	1420,00	485,00	2700,00	485,00	1100,00
Industrial C - (com cantina)	400,00	880,00	400,00	760,00	400,00	400,00
Prisional	50,00	225,00	50,00	205,00	50,00	50,00

Tabela 47 - Volumes considerados para os SAAP por região e tipo de edifício

## **8. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA**

### **8.1. INTRODUÇÃO**

No presente capítulo apresentam-se as considerações e método seguido para o desenvolvimento da análise tecno-económica de cada SAAP por edifício tipo e zona do País.

Em projeto a instalação de um SAAP pressupõe a existência de uma análise económica prévia, de modo a permitir uma tomada de decisão mais fundamentada por parte do investidor/dono de obra.

Embora frequentemente a melhor alternativa não seja a mais económica, mas sim aquela que, do ponto de vista técnico, melhor se adapta ao fim em causa, a análise económica deve ser efetuada para que não ocorram nem sobre-estimativa dos benefícios, nem de sub-estimativa dos custos. O objetivo é maximizar a relação benefício/custo.

São apresentadas as condições assumidas relativas às tarifas de água e energia para cada região estudada bem como os preços de referência utilizados para definir o custo da implementação de cada SAAP em cada edifício com base no custo real obtido em fase de projeto.

Apresentados os valores de base, é seguidamente explicada a metodologia adotada na análise tecno-económica realizada. Seguindo uma metodologia amplamente divulgada em várias publicações, após determinado o custo de primeiro investimento da solução apresentada, custos de exploração e manutenção anuais, evolução prevista do tarifário praticado pela Concessionária e evolução prevista dos preços de eletricidade, é feito o balanço entre o custo total para um cenário sem aproveitamento e o custo total num cenário em que há aproveitamento, calculando o natural período de retorno necessário para amortizar o investimento feito no SAAP.

Os dados apresentados reportam uma vez mais à região do Porto estando os dados relativos às restantes regiões estudadas, Lisboa e Évora, apresentados em anexo. Contudo apresenta-se no corpo deste capítulo tabela resumo com comparação dos dados mais relevantes de cada região estudada.

### **8.2. TARIFAS ENERGÉTICAS UTILIZADAS POR UTILIZAÇÃO TIPO**

Os dados base utilizados para cálculo da factura energética em cada edifício tipo são os divulgados pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) e reportam a valores de 2011.

A Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos é a entidade responsável pela regulação dos sectores do gás natural e da eletricidade em Portugal e tem por missão proteger adequadamente os interesses dos consumidores, em particular em relação a preços, qualidade de serviço, acesso à informação e segurança de abastecimento bem como em promover a concorrência entre os agentes intervenientes nos mercados.

No âmbito da sua missão pública as tarifas energéticas de venda a clientes finais a aplicar pelos comercializadores existente no mercado aberto energético nacional. Em anexo são apresentadas as tabelas que apresentam as tarifas a aplicar por tipo de sector e cliente final. Para cada edifício tipo foi utilizada o valor da tarifa correspondente para cálculo dos gastos energéticos associados aos sistemas de bombagem, tratamento e abastecimento necessários para instalação de um SAAP, com a seguinte nota:

- O cálculo dos custos de energia teve como base o tarifário da ERSE (Entidade Reguladora dos Sistemas Energéticos), divulgado em 2011);
- Não se considerou o termo relativo ao tarifário fixo;
- Foram utilizados valores médios para o cálculo do custo do kWh em MT;
- Foram utilizados valores médios para o cálculo do custo do kWh de acordo com a potência contratada em BTN e BTE.

### **8.3. TARIFÁRIO DE CONSUMO DE ÁGUA, POR REGIÃO E UTILIZAÇÃO TIPO**

Os dados base utilizados para cálculo da factura de água em cada edifício tipo são os divulgados pelas empresas responsáveis pela distribuição de água dos respectivos concelhos estudados. No Porto, pela SMAS (Serviços Municipalizados de Água e Saneamento), em Lisboa, pela EPAL (Empresa Portuguesa das Águas Livres) e em Évora, pelo Município de Évora. Em anexo apresentam-se as tabelas com as tarifas aplicadas para os diversos escalões de consumo em função da utilização tipo verificada sendo que, de uma forma geral, quanto maior for o consumo maior será o custo por metro cúbico de água. Os valores apresentados reportam-se a dados de 2011.

Assim, tendo por base as tarifas por metro cúbico de água praticadas em cada região e para cada tipo de utilização tipo e com base no perfil de consumo já apresentado para cada edifício foi especificada o valor da tarifa a adotar no cálculo correspondente ao custo da água consumida pela rede pública.

#### **8.4. PREÇOS UNITÁRIOS DE REFERÊNCIA CONSIDERADOS**

Na definição dos custos do SAAP, especificados mais a frente neste capítulo, foram considerados valores unitários de referência para os artigos mais comuns na implementação destes sistemas.

Maioritariamente relacionados com a instalação do próprio reservatório, os artigos considerados dizem respeito ao preço unitário de betão, cofragens e aço. Escavação, aterro e transporte; pinturas exteriores e interiores; tubagem e acessórios; degraus de acesso, órgãos de descarga de fundo e de superfície, portas de acesso, válvulas, electroválvulas e sondas de nível.

Os valores apresentados são valores médios de referência, utilizados normalmente em fase de estudo prévio para efeitos de orçamentação preliminar. Não sendo preços finais fornecidos por fornecedores, são contudo aproximações que permitem uma estimativa muito próxima dos valores finais dos custos de um órgão de reserva de um SAAP e são fruto da experiência profissional acumulada de vários projetos que resultaram de consultas de mercado realizadas ao longo dos últimos anos.

Em anexo são apresentados os preços de referência considerados.

#### **8.5. ORÇAMENTO DO SAAP**

Para além dos custos dos órgãos de reserva, equipamentos e acessórios apresentados para estimar os acréscimos do custo de investimento de um SAAP contabilizaram-se também as seguintes parcelas: custo acrescido das tubagens e respectivos acessórios do sistema de abastecimento de água, custo das modificações no sistema de drenagem de águas pluviais do telhado e custo da construção civil e equipamentos do reservatório para armazenamento de água da chuva.

Foram estimadas as dimensões da rede de tubagem em planta bem como os diâmetros da rede de água. Assumiu-se que a tubagem a instalar é de polietileno de alta densidade (PEAD) e obedece a todas as especificações regulamentares em vigor.

Com base nos custos e características dos órgãos e equipamentos apresentados, a metodologia adotada para a análise económica da instalação de um SAAP foi a que se explica:

### 8.5.1. DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS

Os custos podem ser de:

- Primeiro Investimento;
- Custos de Exploração (de operação e de manutenção).

Os custos de primeiro investimento correspondem aos custos de implantação da solução, incluem as despesas necessárias para os estudos, projetos, levantamentos e construção do empreendimento. Os custos de exploração (de operação e de manutenção) referem-se às despesas de energia, mão-de-obra, equipamentos e outras, relativas à execução de reparações ou substituições, limpezas, inspeções e revisões necessárias durante toda a vida útil do empreendimento. (Bertolo, 2006)

### 8.5.2. DETERMINAÇÃO DA POUPANÇA DA ÁGUA

Os benefícios podem ser

- Primários;
- Secundários.

Os benefícios primários são definidos como os valores dos produtos e serviços que afetam diretamente o projeto. Os benefícios secundários são definidos como os benefícios ambientais e macroeconómicos regionais que podem ser atribuídos ao projeto (por exemplo, empregos ou poupança na despesa pública). (Bertolo, 2006)

### 8.5.3. ANÁLISE ECONÓMICA

As folhas de cálculo desenvolvidas são representadas pelo conjunto de tabelas seguintes, sendo os valores exemplo apresentados relativos ao SAAP para a moradia unifamiliar tipo, no Porto.

#### 8.5.3.1. CUSTOS DE PRIMEIRO INVESTIMENTO

Nos custos de primeiro investimento estão considerados todos os custos relacionados com a construção da obra em cada caso e aquisição de equipamentos. Os custos de construção englobam apenas a parcela relacionada com os sistemas de tratamento e com a construção civil do mesmo.

Assim, como custos de primeiro investimento considerou-se a construção dos reservatórios, a instalação e execução da tubagem da rede de abastecimento de água tratada e seus acessórios, instalação de equipamento de bombagem e sistema de tratamento e a rede enterrada de água pluviais para aproveitamento.

Para Volume de Reserva Real (m3) 5,00

1 - Custos de 1º Investimento

5 939,1 €

Reservatórios em Betão Armado

Reservatório Águas Pluviais					PREÇO TOTAL
H reservatório (m)	Espessura parede reservatório (m)	Lados livres do reservatório	Espessura laje do reservatório (m)	Vreservatório (m³)	
1,5	0,25	4	0,3	5,00	1 217,2 €
Reservatório Águas Tratadas					PREÇO TOTAL
H reservatório (m)	Espessura parede reservatório (m)	Lados livres do reservatório	Espessura laje do reservatório (m)	Vreservatório (m³)	
-	-	-	-	0	0,0 €

Custo estimado do Reservatório - Neves [2004]  
 $C = 428 \times V^{(2/3)}$   
 1 251,48 €

- €

Preço total de reservatório com respectivos acessórios 3 634,09 €

Sistemas de Tratamento e Circuitos Hidraulicos

Em Sistema de Águas Pluviais		PREÇO TOTAL
Sistema de Tratamento		-
Sistema de Recirculação		250,00 €
Equipamento elevatório		345,00 €
Ligação reservatório de águas pluviais ao reservatório de água tratada		-

Em Sistema de Água Tratada		PREÇO TOTAL
Sistema de Tratamento		-
Sistema de Recirculação		-
Equipamento elevatório		-
Circuito hidráulico de alimentação (tubagem + acessórios)		1 710,00 €

Tabela 48 - Tabelas exemplo da análise realizada (Região Porto, Moradia Unifamiliar)

### 8.5.3.2. CUSTOS DE ENERGIA

Os custos com energia estão relacionados com os equipamentos de bombagem instalados nos sistemas de tratamento. De acordo com o sistema tarifário em vigor, os encargos com energia elétrica dependem da potência e da energia. Os custos resultantes das duas parcelas em causa podem traduzir-se na prática através do custo médio do kWh aplicado à energia consumida e seguem a seguinte expressão:

$$E_{\text{anual}}^i = \frac{\gamma \times H_{\text{man}} \times Q_{\text{med}}^i}{1000 \times 3600 \times \eta} \times 365 \quad (7)$$

em que:

- $E_{\text{anual}}^i$  – Energia total consumida durante o ano i [kWh];
- $\gamma$  – peso volúmico do fluído (9810) [N/m³];
- $H_{\text{man}}$  – Altura manométrica dos grupos de bombagem [m.c.a.];
- $Q_{\text{med}}^i$  – Caudal médio diário anual do ano i [m³/dia];
- $\eta$  – Rendimento dos grupos de bombagem [considerado igual a 0,75].

Os custos com energia elétrica foram estimados com base nas tarifas previstas pela ERSE, estando incluído neste valor os encargos com a potência e energia.

2 - Custos energéticos sistemas de aproveitamento - 20 anos

26,1 €

PT próprio	Área bruta de construção (m <sup>2</sup> )	Estimativa da Potência contratada (kVA)	Tarifa de venda a clientes do tipo	Tarifa a aplicar (€/kW.h)
Não	340	10,2	BTN (1)	0,111

Caudal médio diário elevado (pluviais)	Caudal médio diário elevado (Rede de água não potável)	Altura manométrica a elevar à saída da reserva de água tratada	Altura manométrica entre reservatório de pluviais e reserva de água tratada	Taxa de juro composto (%)	Ano inicial:
0,09	0,08	40	0	2,5	2011

CUSTOS DE ENERGIA				
Ano	Custo médio kWh actualizado (5%/ano)	Energia - Elevação de águas pluviais		Total anual
		Consumo de energia	Custo energia	
	[ € ]	[kWh]	[ € ]	[ € ]
1	0,111	4,48	0,51	0,51
2	0,117	4,48	0,55	0,55
3	0,123	4,48	0,59	0,59
4	0,129	4,48	0,64	0,64
5	0,135	4,48	0,69	0,69
6	0,142	4,48	0,74	0,74
7	0,149	4,48	0,79	0,79
8	0,157	4,48	0,86	0,86
9	0,164	4,48	0,92	0,92
10	0,173	4,48	0,99	0,99
11	0,181	4,48	1,07	1,07
12	0,190	4,48	1,15	1,15
13	0,200	4,48	1,23	1,23
14	0,210	4,48	1,33	1,33
15	0,220	4,48	1,43	1,43
16	0,231	4,48	1,54	1,54
17	0,243	4,48	1,66	1,66
18	0,255	4,48	1,78	1,78
19	0,268	4,48	1,92	1,92
20	0,281	4,48	2,07	2,07
21	0,295	4,48	2,22	2,22

Tabela 49 - Tabelas exemplo da análise realizada (Região Porto, Moradia Unifamiliar)

### 8.5.3.3. POUPANÇA DE ÁGUA

A poupança de água que virá a ser verificada é obtida através dos volumes aproveitados pelos sistemas SAAP capazes de satisfazer as necessidades de consumo definidas para cada edifício tipo. Este valor será relacionado com os custos anuais de exploração e manutenção, devolvendo o período de amortização de todo o sistema a instalar.

Volume de chuva anual	Consumo total anual	Volume de água da chuva aproveitada	Volume total necessário proveniente da rede pública	Volume total de água da chuva não aproveitado
m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
97,35	120,06	42,77	79,71	54,58

Local	Consumidor	Consumo/mês	Patamar Consumo	Tarifa (€/m <sup>3</sup> )
Porto	Doméstico	10	11 - 15	1,504

CUSTOS DE ÁGUA					
Ano	Custo médio m <sup>3</sup> actualizado (7%/ano)	Custo com aproveitamento de águas	Custo sem aproveitamento	Custo actualizado com aproveitamento	Custo actualizado sem aproveitamento
1	1,504	119,9	232,8	-	-
2	1,609	128,2	249,1	131,45	255,37
3	1,721	137,2	266,6	140,66	273,25
4	1,842	146,8	285,2	150,50	292,38
5	1,971	157,1	305,2	161,04	312,84
6	2,109	168,1	326,6	172,31	334,74
7	2,256	179,9	349,4	184,37	358,17
8	2,414	192,5	373,9	197,28	383,25
9	2,583	205,9	400,1	211,09	410,07
10	2,764	220,4	428,1	225,86	438,78
11	2,958	235,8	458,0	241,67	469,49
12	3,165	252,3	490,1	258,59	502,36
13	3,386	269,9	524,4	276,69	537,52
14	3,623	288,8	561,1	296,06	575,15
15	3,877	309,1	600,4	316,79	615,41
16	4,148	330,7	642,4	338,96	658,49
17	4,439	353,8	687,4	362,69	704,58
18	4,750	378,6	735,5	388,08	753,90
19	5,082	405,1	787,0	415,24	806,68
20	5,438	433,5	842,1	444,31	863,15
21	5,818	463,8	901,0	475,41	923,57

Tabela 50 - Tabela exemplo da análise realizada (Região Porto, Moradia Unifamiliar)

#### 8.5.3.4. CUSTOS DE EXPLORAÇÃO E MANUTENÇÃO

Os custos de exploração incluem os custos com manutenção regular dos órgãos, inspeções e ainda custos de reagentes ou reabastecimento.

Considera-se que os custos com manutenção representam 35% do valor total dos custos de exploração (os restantes 65% são custos relativos à energia). A estes é adicionada uma taxa equivalente a 2% do custo inicial de primeiro investimento para corrigir situações pontuais de manutenção dos equipamentos.

### 8.5.3.5. VALOR ATUAL

Tal como descrito até este ponto, existem custos iniciais e custos que serão despendidos ao longo da vida útil dos órgãos. É então necessário converter esta segunda parcela em valor atual. O procedimento habitual baseia-se na fórmula dos juros compostos, admitindo uma evolução de preços constantes, e realizando uma retro atualização dos mesmos até à data inicial. Assim, vem:

$$V_F = V_P \times (1+i)^n \quad (8)$$

em que:

- VF – Valor futuro (no ano n);
- VP – Valor presente (ano zero);
- i – Taxa de juro composto (considerada igual a 4%);
- n – número de períodos.

### 8.5.3.6. ENCARGOS GLOBAIS

Os encargos globais para cada uma das soluções correspondem ao somatório de todos os custos atualizados ao ano em questão. A folha de cálculo desenvolvida é representada pela tabela 51, sendo os valores apresentados relativos ao SAAP para a moradia unifamiliar tipo.

No exemplo dado podemos constatar que ao longo de 20 anos não é atingido o retorno do investimento realizado.

Ano	Custos					Poupança			Amortização [ € ]
	Investimento inicial	Exploração e manutenção	Energia	Total	Totais Acumulados	Tarifário Água	Poupança /ano	Poupança/ano Acumulados	
	[ € ]	[ €/ano ]	[ € ]	[ € ]	[ € ]	[ € ]	[ € ]	[ € ]	
1	5.939,1	59,7	0,51	5.999,27	5.999,27	1,50	112,99	112,99	-5.886,28
2	-	59,7	0,55	60,24	6.059,51	1,61	120,90	233,88	-5.825,63
3	-	59,7	0,59	60,30	6.119,81	1,72	129,36	363,24	-5.756,57
4	-	59,7	0,64	60,37	6.180,18	1,84	138,41	501,66	-5.678,53
5	-	59,8	0,69	60,45	6.240,63	1,97	148,10	649,76	-5.590,87
6	-	59,8	0,74	60,53	6.301,16	2,11	158,47	808,23	-5.492,93
7	-	59,8	0,79	60,61	6.361,77	2,26	169,56	977,79	-5.383,98
8	-	59,9	0,86	60,71	6.422,47	2,41	181,43	1.159,23	-5.263,25
9	-	59,9	0,92	60,81	6.483,28	2,58	194,13	1.353,36	-5.129,92
10	-	59,9	0,99	60,91	6.544,20	2,76	207,72	1.561,08	-4.983,12
11	-	405,0	1,07	406,03	6.950,23	2,96	222,26	1.783,34	-5.166,88
12	-	60,0	1,15	61,16	7.011,38	3,16	237,82	2.021,16	-4.990,22
13	-	60,1	1,23	61,29	7.072,67	3,39	254,47	2.275,63	-4.797,04
14	-	60,1	1,33	61,44	7.134,11	3,62	272,28	2.547,91	-4.586,19
15	-	60,2	1,43	61,59	7.195,70	3,88	291,34	2.839,25	-4.356,44
16	-	60,2	1,54	61,76	7.257,46	4,15	311,73	3.150,99	-4.106,47
17	-	60,3	1,66	61,94	7.319,40	4,44	333,56	3.484,55	-3.834,85
18	-	60,4	1,78	62,13	7.381,53	4,75	356,91	3.841,45	-3.540,08
19	-	60,4	1,92	62,34	7.443,87	5,08	381,89	4.223,34	-3.220,53
20	-	60,5	2,07	62,57	7.506,44	5,44	408,62	4.631,96	-2.874,48
21	-	60,6	2,22	62,81	7.569,25	5,82	437,22	5.069,19	-2.500,07

Tabela 51 – Tabela Exemplo Da Análise Realizada (Região Porto, Moradia Unifamiliar)

## 8.6. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÓMICA

Exposta a metodologia seguida para a determinação da análise tecno económica, apresentam-se os valores finais com respetivo período de amortização, obtidos para cada edifício tipo estudado, correspondentes à região do Porto. No seguimento do já referido anteriormente, os valores relativos às regiões de Lisboa e Évora são apresentados em anexo.

### 8.6.1. PARA SAAP COM VOLUMES “REAIS”

Para as análises efetuadas e que se apresentam de seguida, considerou-se em todas que haverá uma atualização de 7% ao ano do preço da água. Os períodos de retorno obtidos devem poder ser considerados conservadores face ao real potencial de crescimento das tarifas da água, bem como pela posição conservadora dos volumes de precipitação considerados e já mencionado no capítulo 6.10.

A tabela seguinte resume a análise produzida para cada tipo de edifício e região.

Edifício Tipo	Porto		Lisboa		Évora	
	Ano de Retorno do Investimento (anos)		Ano de Retorno do Investimento (anos)		Ano de Retorno do Investimento (anos)	
	Real	Ideal	Real	Ideal	Real	Ideal
Habitação – Unifamiliar	> 20	>20	> 20	>20	> 20	>20
Habitação – Multifamiliar	3º	3º	> 20	6º	5º	5º
Serviços – Privado	2º	6º	4º	13º	7º	20º
Escolar	11º	10º	20º	19º	> 20	>20
Serviços – Público	4º	6º	7º	12º	> 20	>20
Hospitalar	3º	9º	6º	6º	16º	16º
Industrial M - (sem cantina)	4º	7º	7º	8º	11º	11º
Industrial C - (com cantina)	6º	8º	11º	11º	16º	16º
Prisional	3º	4º	6º	6º	> 20	> 20

Tabela 52 - Período de retorno do investimento por região e tipo de edifício

### 8.6.2. PARA SAAP COM VOLUMES “IDEAIS”

Comparativamente com a análise efetuada utilizando o volume real, nas análises seguintes verifica-se uma melhoria generalizada do comportamento do sistema, alavancado como seria de esperar pelo aumento da poupança de água proveniente da rede pública devido ao aumento da reserva disponível. De igual forma mantiveram-se as condições de crescimento usadas nas análises dos cenários reais, nomeadamente no comportamento futuro dos valores das tarifas da água proveniente da rede pública. Contudo, em termos económicos, verifica-se um agravamento generalizado dos períodos de amortização do investimento, justificados pelo aumento dos custos de 1º investimento.

#### **8.6.2.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – UNIFAMILIAR (MORADIA)**

Da análise é possível aferir que o investimento realizado no sistema de aproveitamento para a moradia unifamiliar continua a não produzir retorno ao longo do período estudado de 20 anos. Apesar de se verificar uma melhoria na poupança da fatura da água anual, esse valor não é suficiente para anular o aumento do valor do primeiro investimento derivado do aumento da dimensão da reserva.

#### **8.6.2.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – MULTIFAMILIAR**

Da análise é possível aferir que o investimento realizado no sistema de aproveitamento produz retorno ao fim do terceiro ano de exploração, à semelhança do que ocorria já para o cenário real. Contudo neste cenário o retorno é obtido alguns meses mais cedo evidenciando a otimização conseguida no sistema pelo aumento da reserva.

#### **8.6.2.3. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PRIVADO**

Da análise é possível aferir que o investimento realizado no sistema de aproveitamento produz retorno ao fim do sexto ano de exploração, contra um período de retorno de dois anos, conseguido no cenário real. Este valor agravado surge do aumento significativo da reserva e portanto do custo de primeiro investimento que não produz mais-valia correspondente.

#### **8.6.2.4. EDIFÍCIO ESCOLAR**

Da análise é possível aferir que o investimento realizado no sistema de aproveitamento produz retorno ao fim do décimo primeiro ano de exploração, à semelhança do que ocorria já para o cenário real. Contudo neste cenário o retorno é obtido alguns meses mais cedo evidenciando a otimização conseguida no sistema pelo aumento da reserva.

#### **8.6.2.5. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PÚBLICO (MUSEU)**

Da análise é possível aferir que o investimento realizado no sistema de aproveitamento produz retorno ao fim do sexto ano de exploração, contra um período de retorno de quatro anos, conseguido no cenário real. Este valor agravado surge do aumento significativo da reserva e portanto do custo de primeiro investimento que não produz mais-valia correspondente.

#### **8.6.2.6. EDIFÍCIO HOSPITALAR**

Da análise é possível aferir que o investimento realizado no sistema de aproveitamento produz retorno ao fim do nono ano de exploração, contra um período de retorno de três anos, conseguido no cenário real. Este valor agravado surge do aumento significativo da reserva e portanto do custo de primeiro investimento que não produz mais-valia correspondente.

#### **8.6.2.7. EDIFÍCIO INDUSTRIAL M**

Da análise é possível aferir que o investimento realizado no sistema de aproveitamento produz retorno ao fim do sétimo ano de exploração, contra um período de retorno de quatro anos, conseguido no cenário real. Este valor agravado surge do aumento significativo da reserva e portanto do custo de primeiro investimento que não produz mais-valia correspondente.

#### **8.6.2.8. EDIFÍCIO INDUSTRIAL C**

Da análise é possível aferir que o investimento realizado no sistema de aproveitamento produz retorno ao fim do oitavo ano de exploração, contra um período de retorno de seis anos, conseguido no cenário real. Este valor agravado surge do aumento significativo da reserva e portanto do custo de primeiro investimento que não produz mais-valia correspondente.

#### **8.6.2.9. EDIFÍCIO PRISIONAL**

Da análise é possível aferir que o investimento realizado no sistema de aproveitamento produz retorno ao fim do quarto ano de exploração, contra um período de retorno de três anos, conseguido no cenário real. Este valor agravado surge do aumento significativo da reserva e portanto do custo de primeiro investimento que não produz mais-valia correspondente.

### **8.7. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS**

Os valores apresentados permitem, por região, comparar para cada edifício tipo o impacto que a dimensão do reservatório de SAAP tem em diversas variáveis, nomeadamente, “Poupança de água da Rede”, “Custos Totais do SAAP” e “Retorno Financeiro”.

No sentido de interligar o estudo desenvolvido para cada região é apresentado uma comparação direta dos resultados obtidos para as três regiões.

Os dados apresentados reportam-se uma vez mais à região do Porto estando os dados relativos às restantes regiões estudadas, Lisboa e Évora, apresentados em anexo.

#### **8.7.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – UNIFAMILIAR (MORADIA)**

Relativamente à variável “poupança de água da rede pública”, constata-se que com o aumento do volume de reserva se obtém um aumento progressivo na poupança de água proveniente da rede pública, correspondendo a reserva ideal (35 m<sup>3</sup>) a um aumento de 28% de poupança quando comparado com a reserva originalmente definida, “real”.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (35 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa uma poupança anual 0,98 m<sup>3</sup> de água proveniente da rede pública.

Relativamente à variável custos parciais e totais, constata-se que o aumento progressivo do valor de reserva do valor base (5 m<sup>3</sup>) para o volume ideal (35 m<sup>3</sup>) representa um aumento dos custos totais, isto é, custos de 1º investimento, custos de manutenção e exploração e custos de energia, de 63%.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (35m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa um aumento dos custos totais de 7,89€. Correlacionando o valor obtido anteriormente calculado de 0,98 m<sup>3</sup> de poupança de água proveniente da rede pública por metro cúbico de aumento da reserva, com o custo por metro cúbico de aumento de reserva, é possível constatar que cada metro cúbico de água poupada a mais custa 8,05€.

Quando analisado o impacto no retorno financeiro com o aumento do volume de reserva, verifica-se um aumento da mais-valia relacionado com a diminuição da necessidade de utilização de água proveniente da rede pública, conforme referido anteriormente, passando o custo total de abastecimento de água de 362,69€ para um custo total de 261,07€

O aumento da reserva do valor ideal significa então uma mais-valia de 3,39€ por metro cúbico aumentado, equivalendo a dizer que cada metro cúbico de água poupada representa uma mais-valia de 3,46€.

Na sequência dos valores apresentados, verifica-se que para o caso da moradia unifamiliar, o sistema desenvolvido não apresenta mais-valias não sendo possível encontrar num período de 20 anos, retorno ao investimento realizado. O aumento do volume de reserva não provoca melhoria nesse campo, mantendo um balanço negativo em termos de geração de mais-valias e custos totais.

Apesar de não compensar economicamente, o aumento da reserva permitirá diminuir o consumo de água potável, algo que deve estar sempre em mente quando se instala um SAAP.

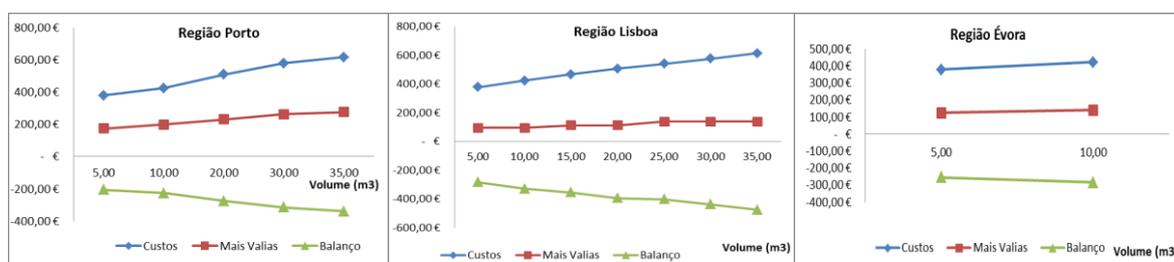


Figura 42 - Comparação das regiões de Porto vs. Lisboa vs. Évora, (vol. em m3)

Sendo a região do Porto aquela onde se verifica maior precipitação anual, o aumento do volume de reserva deveria produzir um retorno mais rápido do investimento quando comparado com as restantes regiões em estudo. De facto, apesar de não se verificar um

retorno financeiro ao investimento realizado no SAAP, mesmo aumentando o volume de reserva, verifica-se que há uma maior mais-valia na região do Porto do que aquela verificada na região de Lisboa e Évora. Tal pode ser observado pelo crescimento mais acentuado da linha vermelha representada no gráfico (Mais-Valias). A região de Évora é aquela onde se verifica um menor retorno que dificulta a decisão de se investir num sistema SAAP para um edifício unifamiliar, com as características do aqui estudado.

#### 8.7.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO – MULTIFAMILIAR

Relativamente à variável de poupança de água da rede pública, constata-se que com o aumento do volume de reserva se obtém um aumento progressivo na poupança de água proveniente da rede pública, correspondendo a reserva ideal (180 m<sup>3</sup>) a um aumento de 2% de poupança quando comparado com a reserva originalmente definida, “real”.

Verifica-se ainda que para o volume de reserva ideal definido (180 m<sup>3</sup>) cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa uma poupança anual 4,64 m<sup>3</sup> de água proveniente da rede pública.

Relativamente a variável custos parciais e totais, constata-se que o aumento progressivo do valor de reserva do valor base (150 m<sup>3</sup>) para o volume ideal (180 m<sup>3</sup>) representa um aumento dos custos totais, isto é, custos de 1º investimento, custos de manutenção e exploração e custos de energia, de 11%.

Verifica-se ainda que para o volume de reserva ideal definido (150 m<sup>3</sup>) cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa um aumento dos custos totais de 5,58€. Correlacionando o valor obtido anteriormente calculado de 4,64 m<sup>3</sup> de poupança de água proveniente da rede pública por metro cúbico de aumento da reserva, com o custo por metro cúbico de aumento de reserva, é possível constatar que cada metro cúbico de água poupada a mais custa 1,20€.

Quando analisado o impacto no retorno financeiro com o aumento do volume de reserva, verifica-se um aumento da mais-valia relacionado com a diminuição da necessidade de utilização de água proveniente da rede pública, conforme já referido anteriormente, passando o custo total de abastecimento de água de 52.969,19€ para um custo total de 51.655,78€

O aumento da reserva do valor base para o valor ideal significa então uma mais-valia de 43,78€ por metro cúbico aumentado, equivalendo a dizer que cada metro cúbico de água poupada representa uma mais-valia de 9,44€.

Na sequência dos valores apresentados, verifica-se que para o caso da moradia multifamiliar, o sistema desenvolvido apresenta-se capaz de gerar mais-valias dentro do período analisado. O aumento do volume de reserva provoca uma melhoria significativa nesse campo, apresentando um acréscimo de 38,2€ de poupança por metro cúbico de aumento de reserva.

Este resultado pretende demonstrar que apesar do sistema real definido apresentar já um bom comportamento ao nível do retorno ao investimento realizado, a procura de uma reserva ideal permite obter melhorias a esse nível, conforme evidenciado pelos resultados apresentados.

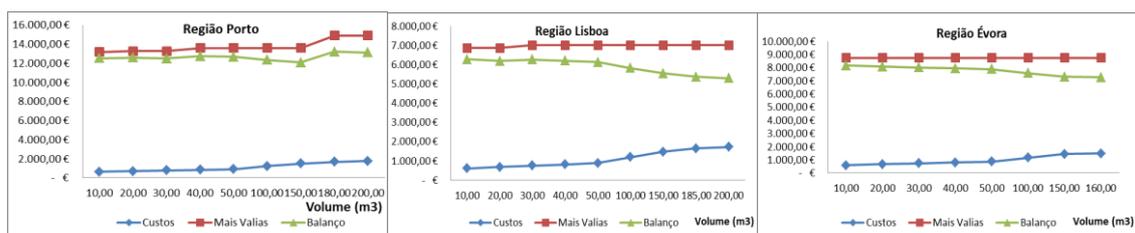


Figura 43 - Comparação das regiões de Porto vs. Lisboa vs. Évora, (vol. em m3)

Sendo a região do Porto aquela onde se verifica maior precipitação anual, o aumento do volume de reserva deveria produzir um retorno mais rápido do investimento quando comparado com as restantes regiões em estudo. Os gráficos apresentados permitem constatar isso mesmo, podendo ser possível observar o salto no comportamento de mais-valias que o aumento de reserva do volume real para ideal cria.

Verifica-se ainda que o retorno financeiro é mais lento na região de Lisboa, sendo que no caso da região de Évora, o volume da reserva ideal não foi de 180 m<sup>3</sup> mas sim de 160 m<sup>3</sup>, traduzindo por isso no gráfico um menor custo, dando a ilusão de que gera maiores mais-valias que a região de Lisboa.

### 8.7.3. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PRIVADO

Relativamente à variável de poupança de água da rede pública, constata-se que com o aumento do volume de reserva, se obtém um aumento progressivo na poupança de água proveniente da rede pública, correspondendo a reserva ideal (460 m<sup>3</sup>) a um aumento de 20% de poupança quando comparado com a reserva originalmente definida, “real”.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (460 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa uma poupança anual 1,04m<sup>3</sup> de água proveniente da rede pública.

Relativamente a variável custos parciais e totais, constata-se que o aumento progressivo do valor de reserva do valor base (20 m<sup>3</sup>) para o volume ideal (460 m<sup>3</sup>) representa um aumento

dos custos totais, isto é, custos de 1º investimento, custos de manutenção e exploração e custos de energia, de 225%.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (460 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa um aumento dos custos totais de 7,58€. Correlacionando o valor obtido anteriormente calculado de 1,09 m<sup>3</sup> de poupança de água proveniente da rede pública por metro cúbico de aumento da reserva, com o custo por metro cúbico de aumento de reserva, é possível constatar que cada metro cúbico de água poupada a mais custa 6,97€.

Quando analisado o impacto no retorno financeiro com o aumento do volume de reserva, verifica-se um aumento da mais-valia relacionado com a diminuição da necessidade de utilização de água proveniente da rede pública, conforme já referido anteriormente, passando o custo total de abastecimento de água de 19.103,54€ para um custo total de 15.223,33€

O aumento da reserva do valor base para o valor ideal significa então uma mais-valia de 8,82€ por metro cúbico aumentado, equivalendo a dizer que cada metro cúbico de água poupada representa uma mais-valia de 8,11€.

Na sequência dos valores apresentados, verifica-se que para o caso do edifício de serviços, o sistema desenvolvido apresenta-se capaz de gerar mais-valias dentro do período analisado. O aumento do volume de reserva provoca uma melhoria significativa nesse campo, apresentando um acréscimo de 1,24€ de poupança por metro cúbico de aumento de reserva.

Este resultado pretende demonstrar que, apesar do sistema real definido apresentar já um bom comportamento ao nível do retorno ao investimento realizado, a procura de uma reserva ideal permite obter melhorias significativas a esse nível, conforme evidenciado pelos resultados apresentados.

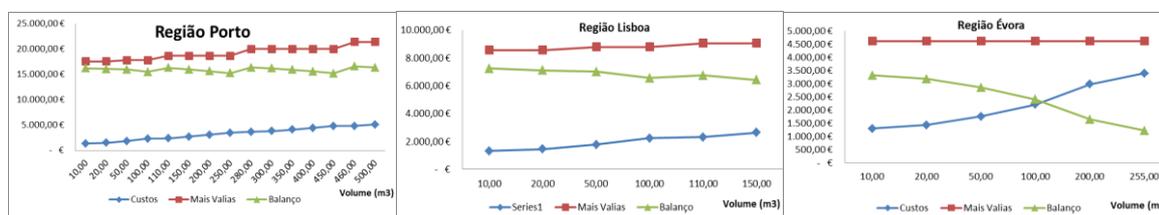


Figura 44 - Comparação das regiões de Porto vs. Lisboa vs. Évora, (vol. em m3)

Sendo a região do Porto aquela onde se verifica maior precipitação anual, o aumento do volume de reserva deveria produzir um retorno mais rápido do investimento quando comparado com as restantes regiões em estudo. Os gráficos apresentados permitem constatar isso mesmo, podendo ser possível observar o salto no comportamento de mais-valias que o aumento de reserva do volume real para ideal cria.

Verifica-se ainda que o retorno financeiro é menor e mais lento na região de Lisboa, sendo que o volume da reserva ideal definido foi apenas de 150 m<sup>3</sup>. No caso da região de Évora, o volume da reserva ideal foi de 255 m<sup>3</sup>. Em ambos os casos a melhoria pelo aumento da reserva é reduzida.

#### 8.7.4. EDIFÍCIO ESCOLAR

Relativamente à variável de poupança de água da rede pública, constata-se que com o aumento do volume de reserva se obtém um aumento progressivo embora pouco expressivo na poupança de água proveniente da rede pública, correspondendo a reserva ideal (35 m<sup>3</sup>) a um aumento reduzido de 0,34% de poupança quando comparado com a reserva originalmente definida, “real”.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (35 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa uma poupança anual 0,97 m<sup>3</sup> de água proveniente da rede pública.

Relativamente a variável custos parciais e totais, constata-se que o aumento progressivo do valor de reserva do valor base (10 m<sup>3</sup>) para o volume ideal (35 m<sup>3</sup>) representa um aumento dos custos totais, isto é, custos de 1º investimento, custos de manutenção e exploração e custos de energia, de 10%.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (35 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa um aumento dos custos totais de 11,16€. Correlacionando o valor obtido anteriormente calculado de 1,09 m<sup>3</sup> de poupança de água proveniente da rede pública por metro cúbico de aumento da reserva, com o custo por metro cúbico de aumento de reserva, é possível constatar que cada metro cúbico de água poupada a mais custa 11,49€.

Quando analisado o impacto no retorno financeiro com o aumento do volume de reserva, verifica-se um aumento da mais-valia relacionado com a diminuição da necessidade de utilização de água proveniente da rede pública, conforme já referido anteriormente, passando o custo total de abastecimento de água de 56.807,62€ para um custo total de 56.616,87€

O aumento da reserva do valor base para o valor ideal significa então uma mais-valia de 7,63€ por metro cúbico aumentado, equivalendo a dizer que cada metro cúbico de água poupada representa uma mais-valia de 7,86€.

Na sequência dos valores apresentados, verifica-se que para o caso do edifício escolar, o sistema desenvolvido apresenta-se capaz de gerar mais-valias dentro do período analisado. O

aumento do volume de reserva provoca uma melhoria reduzida nesse campo, apresentando um acréscimo de 3,53€ de poupança por metro cúbico de aumento de reserva.

Este resultado pretende demonstrar que apesar do sistema real definido apresentar já um bom comportamento ao nível do retorno ao investimento realizado, a procura de uma reserva ideal permite obter melhorias a esse nível, conforme evidenciado pelos resultados apresentados, embora ainda que pouco expressivas.

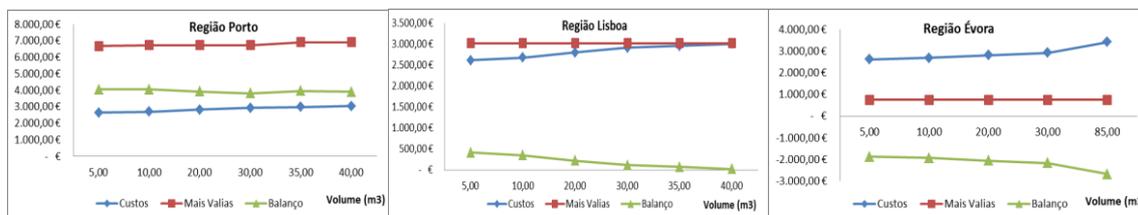


Figura 45 - Comparação das regiões de Porto vs. Lisboa vs. Évora, (vol. em m<sup>3</sup>)

Sendo a região do Porto aquela onde se verifica maior precipitação anual, o aumento do volume de reserva deveria produzir um retorno mais rápido do investimento quando comparado com as restantes regiões em estudo. Os gráficos apresentados permitem constatar mais uma vez isso mesmo, podendo ser possível observar o salto (ligeiro) no comportamento de mais-valias que o aumento de reserva do volume real para ideal cria.

Verifica-se ainda que o retorno financeiro ao investimento é menor e mais lento na região de Lisboa. No caso da região de Évora, para o mesmo volume de reserva, o sistema não gerava retorno ao investimento dentro do período estudado sendo que nesse caso o aumento de reserva apenas contribui para aumentar os custos e perdas do investimento realizado no SAAP.

#### 8.7.5. EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – PÚBLICO (MUSEU)

Relativamente à variável de poupança de água da rede pública, constata-se que com o aumento do volume de reserva se obtém um aumento progressivo na poupança de água proveniente da rede pública, correspondendo a reserva ideal (1390 m<sup>3</sup>) a um aumento de 19% de poupança quando comparado com a reserva originalmente definida, “real”.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (1390 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa uma poupança anual 1,03 m<sup>3</sup> de água proveniente da rede pública.

Relativamente a variável custos parciais e totais, constata-se que o aumento progressivo do valor de reserva do valor base (340 m<sup>3</sup>) para o volume ideal (1390 m<sup>3</sup>) representa um aumento dos custos totais, isto é, custos de 1º investimento, custos de manutenção e exploração e custos de energia, de 85%.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (1390 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa um aumento dos custos totais de 4,58€. Correlacionando o valor obtido anteriormente calculado de 1,09 m<sup>3</sup> de poupança de água proveniente da rede pública por metro cúbico de aumento da reserva, com o custo por metro cúbico de aumento de reserva, é possível constatar que cada metro cúbico de água poupada a mais custa 4,44€.

Quando analisado o impacto no retorno financeiro com o aumento do volume de reserva, verifica-se um aumento da mais-valia relacionado com a diminuição da necessidade de utilização de água proveniente da rede pública, conforme já referido anteriormente, passando o custo total de abastecimento de água de 45.796,02€ para um custo total de 37.277,11€

O aumento da reserva do valor base para o valor ideal significa então uma mais-valia de 8,11€ por metro cúbico aumentado, equivalendo a dizer que cada metro cúbico de água poupada representa uma mais-valia de 7,86€.

Na sequência dos valores apresentados, verifica-se que para o caso do edifício cultural (museu), o sistema desenvolvido apresenta-se capaz de gerar mais-valias dentro do período analisado. O aumento do volume de reserva provoca uma melhoria nesse campo, apresentando um acréscimo de 3,53€ de poupança por metro cúbico de aumento de reserva.

Este resultado pretende demonstrar que, apesar do sistema real definido apresentar já um bom comportamento ao nível do retorno ao investimento realizado, a procura de uma reserva ideal permite obter melhorias significativas a esse nível, conforme evidenciado pelos resultados apresentados.

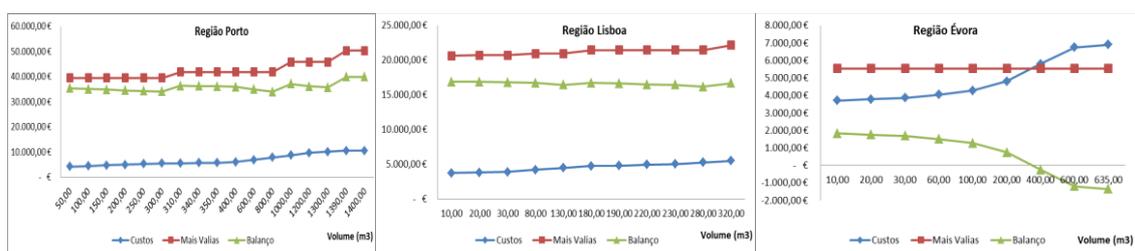


Figura 46 - Comparação das regiões de Porto vs. Lisboa vs. Évora, (vol. em m<sup>3</sup>)

Sendo a região do Porto aquela onde se verifica maior precipitação anual, o aumento do volume de reserva deveria produzir um retorno mais rápido do investimento quando comparado com as restantes regiões em estudo. Os gráficos apresentados permitem constatar isso mesmo, podendo ser possível observar o salto no comportamento de mais-valias que o aumento de reserva do volume real para ideal cria.

Verifica-se ainda que o retorno financeiro ao investimento é menor e mais lento na região de Lisboa, sendo que o volume da reserva ideal definido foi apenas de 320 m<sup>3</sup>. No caso da região de Évora, o volume da reserva ideal foi de 635m<sup>3</sup>. Em ambos os casos a melhoria pelo aumento de reserva é reduzida.

#### 8.7.6. EDIFÍCIO HOSPITALAR

Relativamente à variável de poupança de água da rede pública, constata-se que com o aumento do volume de reserva se obtém um aumento progressivo na poupança de água proveniente da rede pública, correspondendo a reserva ideal (6140 m<sup>3</sup>) a um aumento de 57,7% de poupança quando comparado com a reserva originalmente definida, “real”.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (6140 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa uma poupança anual 1,09 m<sup>3</sup> de água proveniente da rede pública.

Relativamente a variável custos parciais e totais, constata-se que o aumento progressivo do valor de reserva do valor base (500 m<sup>3</sup>) para o volume ideal (6140 m<sup>3</sup>) representa um aumento dos custos totais, isto é, custos de 1º investimento, custos de manutenção e exploração e custos de energia, de 341%.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (6140m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa um aumento dos custos totais de 3,82€. Correlacionando o valor obtido anteriormente calculado de 1,09 m<sup>3</sup> de poupança de água proveniente da rede pública por metro cúbico de aumento da reserva, com o custo por metro cúbico de aumento de reserva, é possível constatar que cada metro cúbico de água poupada a mais custa 3,51€.

Quando analisado o impacto no retorno financeiro com o aumento do volume de reserva, verifica-se um aumento da mais-valia relacionado com a diminuição da necessidade de utilização de água proveniente da rede pública, conforme já referido anteriormente, passando o custo total de abastecimento de água de 83.635,14€ para um custo total de 35.390,12€

O aumento da reserva do valor base para o valor ideal significa então uma mais-valia de 7,92€ por metro cúbico aumentado, equivalendo a dizer que cada metro cúbico de água poupada representa uma mais-valia de 7,28€.

Na sequência dos valores apresentados, verifica-se que para o caso do edifício hospitalar, o sistema desenvolvido apresenta-se capaz de gerar mais-valias dentro do período analisado. O

aumento do volume de reserva provoca uma melhoria nesse campo, apresentando um acréscimo de 4,10€ de poupança por metro cúbico de aumento de reserva.

Este resultado pretende demonstrar que apesar do sistema real definido apresentar já um bom comportamento ao nível do retorno ao investimento realizado, a procura de uma reserva ideal permite obter melhorias significativas a esse nível, conforme evidenciado pelos resultados apresentados.

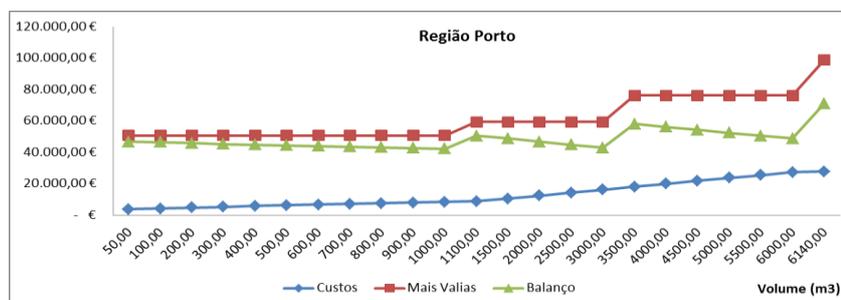


Figura 47 - Comparação das regiões de Porto, (vol. em m³)

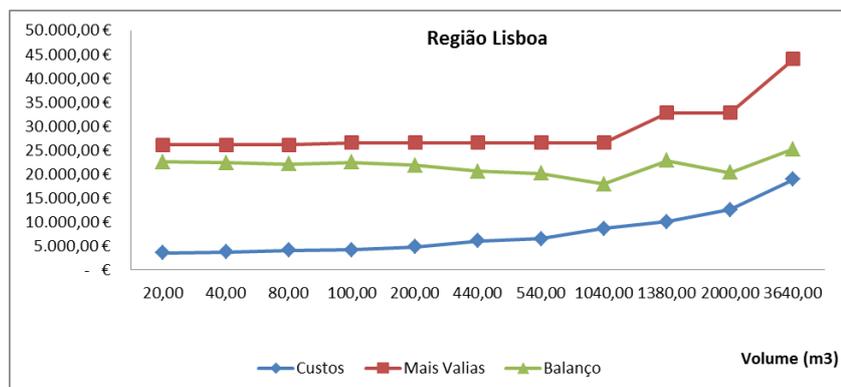


Figura 48 - Comparação das regiões de Lisboa, (vol. em m³)

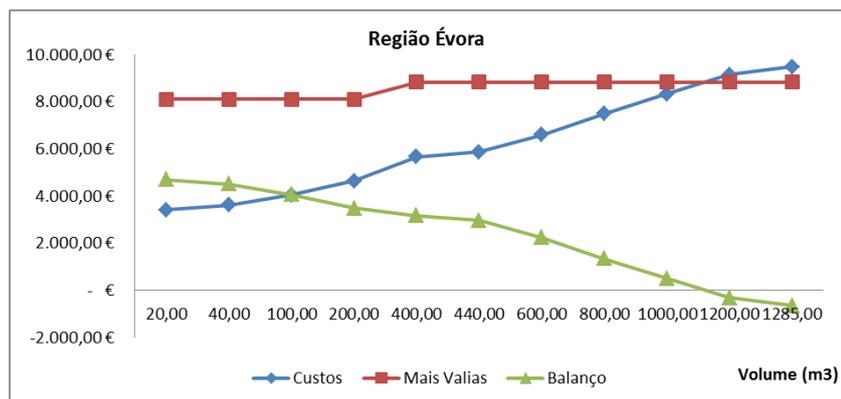


Figura 49 - Comparação das regiões de Évora, (vol. em m³)

Sendo a região do Porto aquela onde se verifica maior precipitação anual, o aumento do volume de reserva deveria produzir um retorno mais rápido do investimento quando comparado com as restantes regiões em estudo. Os gráficos apresentados permitem constatar isso mesmo, podendo ser possível observar o salto no comportamento de mais-valias que o aumento de reserva do volume real para ideal cria.

Verifica-se ainda que o retorno financeiro ao investimento é menor e mais lento na região de Lisboa, sendo que o volume da reserva ideal definido foi apenas de 3640 m<sup>3</sup>. No caso da região de Évora, o volume da reserva ideal foi de 1285 m<sup>3</sup>. Em ambos os casos a melhoria pelo aumento de reserva é reduzida, sendo que no caso de Évora o volume base definido é o ponto ótimo em termos de retorno de investimento.

#### 8.7.7. EDIFÍCIO INDUSTRIAL M

Relativamente à variável de poupança de água da rede pública, constata-se que com o aumento do volume de reserva se obtém um aumento progressivo na poupança de água proveniente da rede pública, correspondendo a reserva ideal (1420 m<sup>3</sup>) a um aumento de 1,0% de poupança quando comparado com a reserva originalmente definida, “real”.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (1420 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa uma poupança anual 1,04 m<sup>3</sup> de água proveniente da rede pública.

Relativamente a variável custos parciais e totais, constata-se que o aumento progressivo do valor de reserva do valor base (480 m<sup>3</sup>) para o volume ideal (1420 m<sup>3</sup>) representa um aumento dos custos totais, isto é, custos de 1<sup>o</sup> investimento, custos de manutenção e exploração e custos de energia, de 45%.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (1420 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa um aumento dos custos totais de 3,28€. Correlacionando o valor obtido anteriormente calculado de 1,04 m<sup>3</sup> de poupança de água proveniente da rede pública por metro cúbico de aumento da reserva, com o custo por metro cúbico de aumento de reserva, é possível constatar que cada metro cúbico de água poupada a mais custa 3,16€.

Quando analisado o impacto no retorno financeiro com o aumento do volume de reserva, verifica-se um aumento da mais-valia relacionado com a diminuição da necessidade de utilização de água proveniente da rede pública, conforme já referido anteriormente, passando o custo total de abastecimento de água de 82.0971,02€ para um custo total de 81.3043,13€

O aumento da reserva do valor base para o valor ideal significa então uma mais-valia de 8,43€ por metro cúbico aumentado, equivalendo a dizer que cada metro cúbico de água poupada representa uma mais-valia de 8,11€.

Na sequência dos valores apresentados, verifica-se que para o caso do edifício industrial, o sistema desenvolvido apresenta-se capaz de gerar mais-valias dentro do período analisado. O

aumento do volume de reserva provoca uma melhoria nesse campo, apresentando um acréscimo de 5,15€ de poupança por metro cúbico de aumento de reserva.

Este resultado pretende demonstrar que apesar do sistema real definido apresentar já um bom comportamento ao nível do retorno ao investimento realizado, a procura de uma reserva ideal permite obter melhorias significativas a esse nível, conforme evidenciado pelos resultados apresentados.

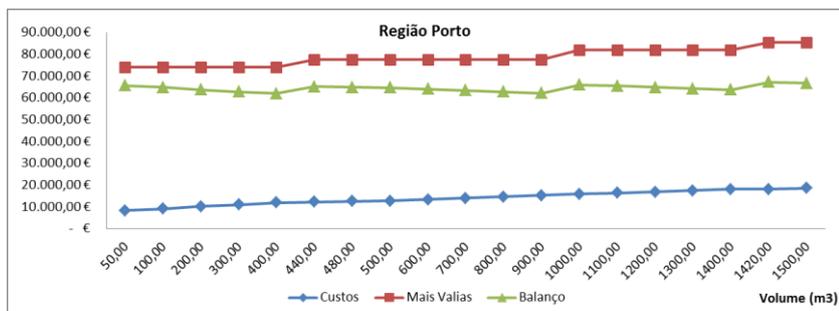


Figura 50 - Comparação das regiões de Porto, (vol. em m<sup>3</sup>)

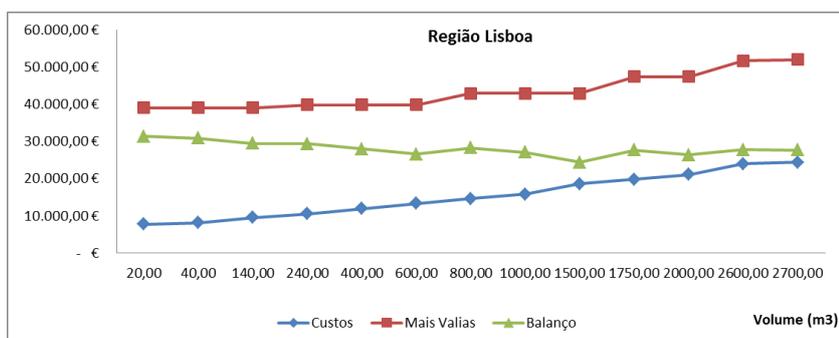


Figura 51 - Comparação das regiões de Lisboa, (vol. em m<sup>3</sup>)

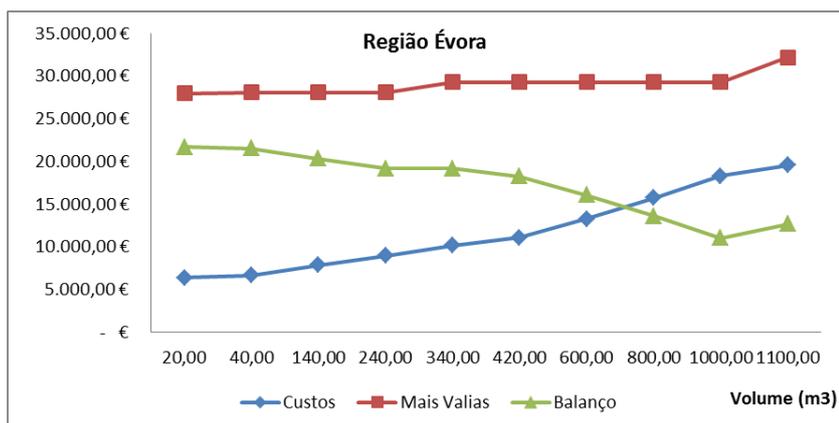


Figura 52 - Comparação das regiões de Évora, (vol. em m<sup>3</sup>)

Sendo a região do Porto aquele onde se verifica maior precipitação anual, o aumento do volume de reserva deveria produzir um retorno mais rápido do investimento quando comparado com as restantes regiões em estudo. Os gráficos apresentados permitem constatar isso mesmo, podendo ser possível observar o salto no comportamento de mais-valias que o aumento de reserva do volume real para ideal cria.

Verifica-se ainda que o retorno financeiro ao investimento é menor e mais lento na região de Lisboa, sendo que o volume da reserva ideal definido foi apenas de 2700 m<sup>3</sup>. No caso da região de Évora, o volume da reserva ideal foi de 1100 m<sup>3</sup>. Em ambos os casos a melhoria pelo aumento de reserva é reduzida, sendo que no caso de Évora, para volumes de reserva superiores a 700 m<sup>3</sup> deixa de haver retorno ao investimento realizado.

#### 8.7.8. EDIFÍCIO INDUSTRIAL C

Relativamente à variável de poupança de água da rede pública, constata-se que com o aumento do volume de reserva se obtém um aumento progressivo na poupança de água proveniente da rede pública, correspondendo a reserva ideal (2580 m<sup>3</sup>) a um aumento de 4,6% de poupança quando comparado com a reserva originalmente definida, “real”.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (2580 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa uma poupança anual 1,18 m<sup>3</sup> de água proveniente da rede pública.

Relativamente a variável custos parciais e totais, constata-se que o aumento progressivo do valor de reserva do valor base (400 m<sup>3</sup>) para o volume ideal (2580 m<sup>3</sup>) representa um aumento dos custos totais, isto é, custos de 1<sup>o</sup> investimento, custos de manutenção e exploração e custos de energia, de 95%.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (2580 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa um aumento dos custos totais de 4,86€. Correlacionando o valor obtido anteriormente calculado de 1,18 m<sup>3</sup> de poupança de água proveniente da rede pública por metro cúbico de aumento da reserva, com o custo por metro cúbico de aumento de reserva, é possível constatar que cada metro cúbico de água poupada a mais custa 4,11€.

Quando analisado o impacto no retorno financeiro com o aumento do volume de reserva, verifica-se um aumento da mais-valia relacionado com a diminuição da necessidade de utilização de água proveniente da rede pública, conforme já referido anteriormente, passando o custo total de abastecimento de água de 45.8786,08€ para um custo total de 43.7866,54€

O aumento da reserva do valor base para o valor ideal significa então uma mais-valia de 9,60€ por metro cúbico aumentado, equivalendo a dizer que cada metro cúbico de água poupada representa uma mais-valia de 8,11€.

Na sequência dos valores apresentados, verifica-se que para o caso do edifício industrial, o sistema desenvolvido apresenta-se capaz de gerar mais-valias dentro do período analisado. O

aumento do volume de reserva provoca uma melhoria nesse campo, apresentando um acréscimo de 4,73€ de poupança por metro cúbico de aumento de reserva.

Este resultado pretende demonstrar que apesar do sistema real definido apresentar já um bom comportamento ao nível do retorno ao investimento realizado, a procura de uma reserva ideal permite obter melhorias significativas a esse nível, conforme evidenciado pelos resultados apresentados.

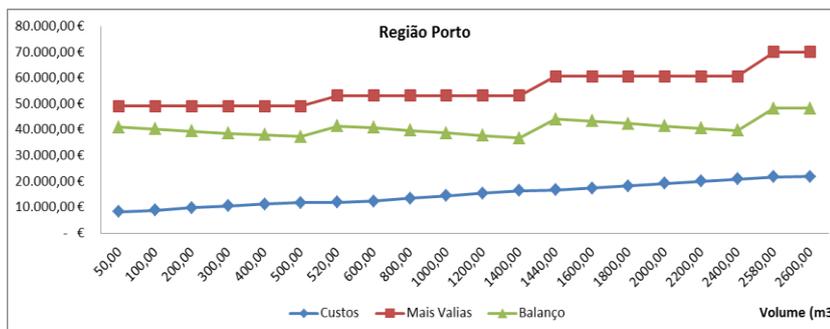


Figura 53 - Comparação das regiões de Porto, (vol. em m³)

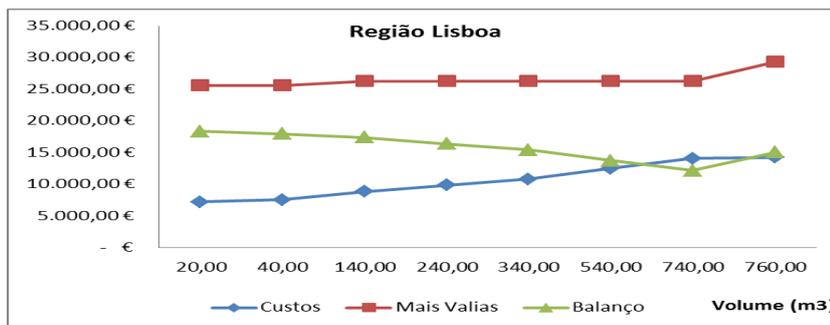


Figura 54 - Comparação das regiões de Lisboa, (vol. em m³)

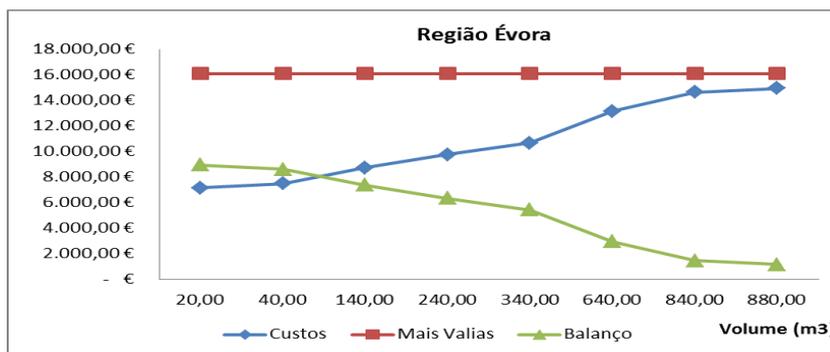


Figura 55 - Comparação das regiões de Évora, (vol. em m³)

Sendo a região do Porto aquela onde se verifica maior precipitação anual, o aumento do volume de reserva deveria produzir um retorno mais rápido do investimento quando comparado com as restantes regiões em estudo. Os gráficos apresentados permitem constatar isso mesmo, podendo ser possível observar o salto no comportamento de mais-valias que o aumento de reserva do volume real para ideal cria.

Verifica-se ainda que o retorno financeiro ao investimento é menor e mais lento na região de Lisboa, sendo que o volume da reserva ideal definido foi apenas de 760 m<sup>3</sup>. No caso da região de Évora, o volume da reserva ideal foi de 880 m<sup>3</sup>. Em ambos os casos a melhoria pelo aumento de reserva é reduzida.

#### 8.7.9. EDIFÍCIO PRISIONAL

Relativamente à variável de poupança de água da rede pública, constata-se que com o aumento do volume de reserva se obtém um aumento progressivo na poupança de água proveniente da rede pública, correspondendo a reserva ideal (225 m<sup>3</sup>) a um aumento de 1% de poupança quando comparado com a reserva originalmente definida, “real”.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (225 m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa uma poupança anual 1,27 m<sup>3</sup> de água proveniente da rede pública.

Relativamente a variável custos parciais e totais, constata-se que o aumento progressivo do valor de reserva do valor base (50 m<sup>3</sup>) para o volume ideal (225 m<sup>3</sup>) representa um aumento dos custos totais, isto é, custos de 1º investimento, custos de manutenção e exploração e custos de energia, de 17%.

Verifica-se ainda que, para o volume de reserva ideal definido (225m<sup>3</sup>), cada metro cúbico de reserva aumentada à capacidade do reservatório significa um aumento dos custos totais de 5,47€. Correlacionando o valor obtido anteriormente calculado de 1,27 m<sup>3</sup> de poupança de água proveniente da rede pública por metro cúbico de aumento da reserva, com o custo por metro cúbico de aumento de reserva, é possível constatar que cada metro cúbico de água poupada a mais custa 4,31€.

Quando analisado o impacto no retorno financeiro com o aumento do volume de reserva, verifica-se um aumento da mais-valia relacionado com a diminuição da necessidade de utilização de água proveniente da rede pública, conforme já referido anteriormente, passando o custo total de abastecimento de água de 25.6042,79€ para um custo total de 25.4298,93€

O aumento da reserva do valor base para o valor ideal significa então uma mais-valia de 9,96 € por metro cúbico aumentado, equivalendo a dizer que cada metro cúbico de água poupada representa uma mais-valia de 7,86€.

Na sequência dos valores apresentados, verifica-se que para o caso do edifício prisional, o sistema desenvolvido apresenta-se capaz de gerar mais-valias dentro do período analisado. O

aumento do volume de reserva provoca uma melhoria nesse campo, apresentando um acréscimo de 4,49 € de poupança por metro cúbico de aumento de reserva.

Este resultado pretende demonstrar que apesar do sistema real definido apresentar já um bom comportamento ao nível do retorno ao investimento realizado, a procura de uma reserva ideal permite obter melhorias significativas a esse nível, conforme evidenciado pelos resultados apresentados.

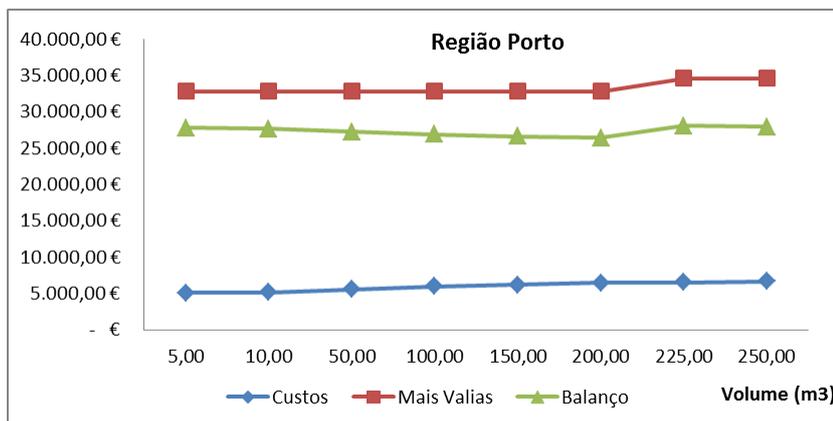


Figura 56 - Comparação das regiões de Porto, (vol. em m³)

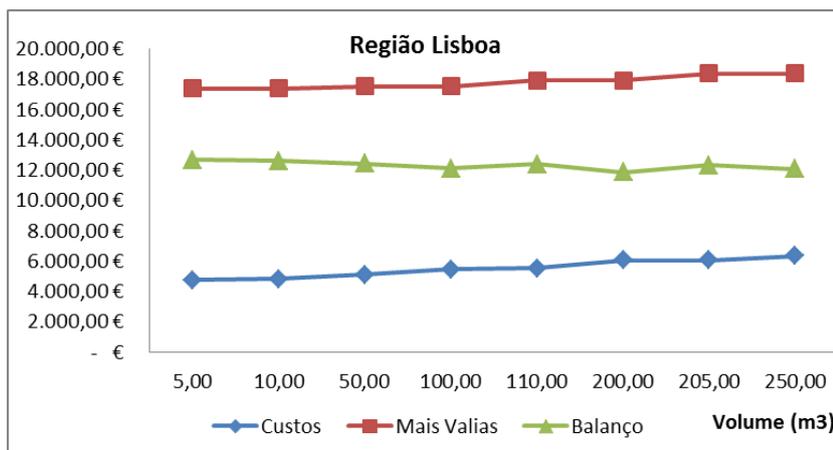


Figura 57 - Comparação das regiões de Lisboa, (vol. em m³)

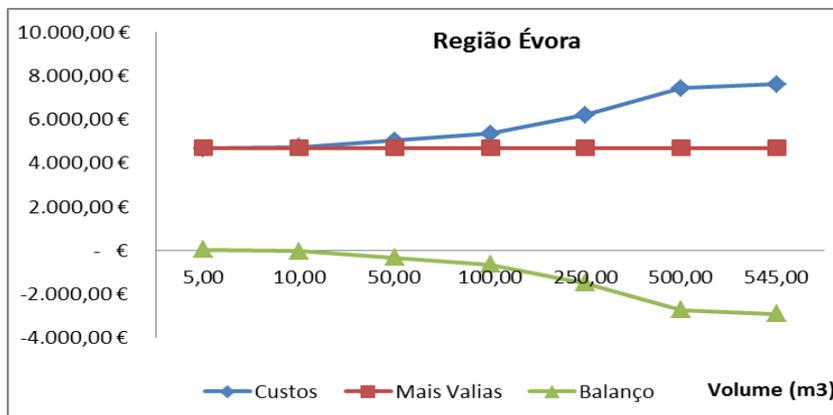


Figura 58 - Comparação das regiões de Évora, (vol. em m³)

Sendo a região do Porto aquela onde se verifica maior precipitação anual, o aumento do volume de reserva deveria produzir um retorno mais rápido do investimento quando comparado com as restantes regiões em estudo. Os gráficos apresentados permitem constatar isso mesmo, podendo ser possível observar o salto no comportamento de mais-valias que o aumento de reserva do volume real para ideal cria.

Verifica-se ainda que o retorno financeiro ao investimento é menor e mais lento na região de Lisboa, sendo que o volume da reserva ideal definido foi apenas de 225 m<sup>3</sup>. No caso da região de Évora, o volume da reserva ideal foi de 550 m<sup>3</sup>. Em ambos os casos a melhoria pelo aumento de reserva é reduzida.

## **9. CONCLUSÃO**

### **9.1. SÍNTESE**

A lista de edifícios escolhidos para estudo e análise é baseada em projetos reais, alguns deles já concluídos, traduzindo assim um fator real e palpável aos resultados obtidos.

Com a simulação de que cada projeto selecionado seria implementado em três localidades distintas, representando e abrangendo de forma significativa todo o território nacional, criou-se uma visão global da variação dos períodos de retorno do investimento para um mesmo tipo de edifício.

Desta forma julga-se ter sido dado um passo positivo para ajudar os projetistas a mais facilmente avaliarem a viabilidade de implementação de um SAAP.

A consideração de projetos de edifícios com diferentes tipos de utilização e por conseguinte com diferentes áreas de implementação e condicionantes permitiu realçar as diferenças de implementação destes sistemas, permitindo aos projetistas terem presente quais as ordens de grandezas associadas a cada edifício de utilização tipo e na forma como variam os períodos de retorno a estes associados.

### **9.2. CONCLUSÃO**

O estudo aqui desenvolvido permite confirmar com resultados de projetos reais alguns temas já publicados sobre SAAP's.

É amplamente aceite que a instalação de um SAAP não produz apenas vantagens económicas, havendo um importante benefício ecológico pela direta poupança de água potável e subsequente diminuição da pegada ecológica.

Não obstante tal facto, o fator económico e em particular a obtenção de períodos de retorno ao investimento reduzidos são ainda elementos determinantes na decisão final de instalar ou não tais sistemas.

Apesar deste estudo se focar em simulações de SAAP's e em análises económicas com avaliações de períodos de retorno ao investimento para distintas condições, o autor deseja reafirmar a importância da instalação deste tipo de sistemas, que vão muito para além do cenário económico. A redução da pegada ecológica, nomeadamente pela redução do consumo de água potável deve ser uma preocupação constante de todos, devendo as equipas projetistas estar atentas para tal facto e preparadas para defender a sua instalação perante clientes e entidades reguladoras.

Relativamente a este trabalho, foi possível concluir que a viabilidade económica dos sistemas depende essencialmente de três fatores: precipitação, superfície de recolha e perfis de consumos. Quanto melhor definidos estes fatores forem, maior será a certeza na definição do prazo de recuperação do investimento. Destaca-se o caso dos edifícios industriais onde as grandes áreas disponíveis para captação de água permitem resultados interessantes do ponto de vista do aproveitamento de água pluvial.

Concluiu-se também que a forte relação entre custo/benefício deve levar a que cada reservatório de armazenamento de água da chuva seja bem definido, acautelando o cálculo do seu volume e localização. Como forma de reduzir custos, deve-se sempre que possível localizar-se este órgão de tal forma a reduzir gastos nas tubagens, equipamento de bombagem e energia elétrica gasta na elevação da água.

Com as simulações realizadas mostrou-se igualmente que o aumento da capacidade de reserva potencia a poupança de água da rede pública. Contudo ficou igualmente demonstrado que, para os exemplos fornecidos, o respetivo período de retorno do investimento não sofre uma melhoria proporcional pela necessidade de aumento do volume de reserva, aumentando o investimento inicial e em muitos casos, retirando qualquer retorno possível.

#### Impacto da Localização nas características do SAAP

Verifica-se ainda que havendo uma forte dependência da quantidade de precipitação para a obtenção de retorno financeiro ao investimento realizado, as zonas de menor precipitação como são o caso de Lisboa e Évora, poderão verificar um menor número de instalações de SAAP's. Sendo estas as regiões com maior necessidade de medidas de poupança de água, seria interessante ser equacionado ao nível da legislação nacional a criação de um plano de incentivos á instalação destes sistemas, compensando dessa forma algum entrave existente neste momento. Nestas zonas de menor pluviosidade verifica-se serem necessários reservatórios com dimensões superiores às calculadas para zonas mais chuvosas de forma a armazenar maiores quantidades de água ao longo do ano, justificando assim o referido plano de incentivos e criando uma política de discriminação positiva.

A figura 59 permite observar para os diferentes tipos de edifícios estudados que a região do Porto verifica um maior espaço para melhoria dos sistemas. Relembrando o estudado, o gráfico traduz a melhoria do sistema pela adoção do volume ideal em detrimento do volume real.

Para tal calculou-se, para cada região e para cada volume "real" e "ideal", a relação entre o "Volume de chuva aproveitado" e o "Consumo potencial do SAAP". A relação entre o factor

“real” e “ideal” fornece o aumento de melhoria de cada SAAP por ser adotado este ultimo volume.

Verifica-se que na região do Porto há espaço de melhoria em todos os edifícios pela implementação do volume “Ideal”. Tal acontece pelo referido anteriormente, ou seja, pelo facto de nesta região se verificar uma maior pluviosidade o que leva a limitar volumes de SAAP não pela vertente hidrológica mas por limitações de custo ou de espaço. No gráfico representado por uma linha azul (Porto) claramente acima das restantes cores representadas (Lisboa e Évora).

As regiões de Lisboa (linha vermelha) e particularmente Évora (linha verde) não apresentam melhorias significativas pela introdução do volume “ideal”. Este facto justifica-se pelos sistemas “reais” estarem já escalados à pluviosidade da região, deixando pouca margem para melhoria.

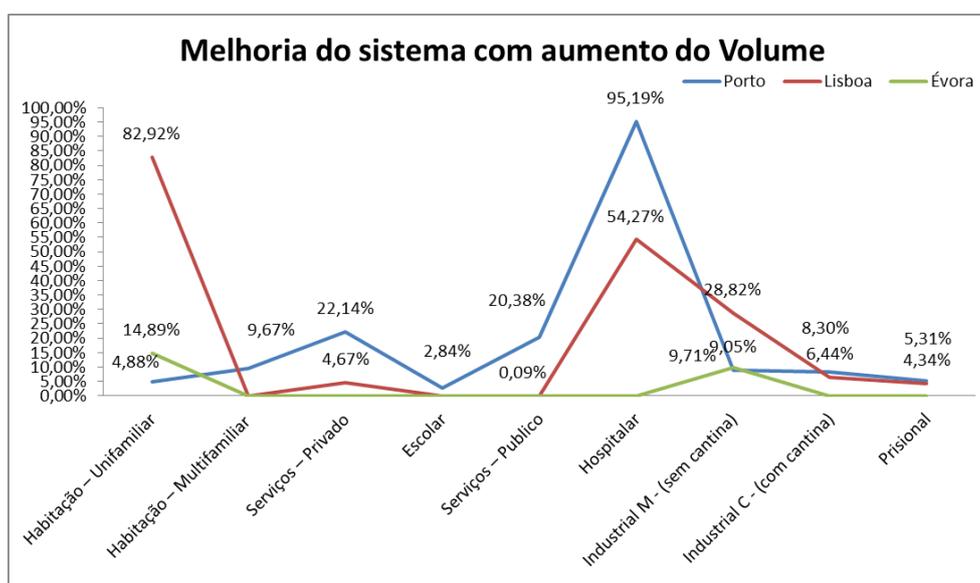


Figura 59 – Melhoria do sistema com aumento do Volume do SAAP

Constata-se que, apesar de as regiões com maior pluviosidade apresentarem o menor período de retorno do investimento do SAAP, há outros fatores igualmente críticos para a sua viabilidade. A tabela de preços de água potável praticada pela entidade reguladora responsável é igualmente uma forte responsável pela viabilidade de um SAAP. Este permite que locais com menor precipitação sejam mais atrativos que outros com registo de maior precipitação desde que possuam tarifas para o abastecimento de água potável superiores aos praticados por outras entidades e noutros locais.

Relativamente a este ponto, nas simulações executadas considerou-se uma taxa de crescimento do custo de água igual para todas as regiões estudadas, de 7% ao ano. No entanto, é provável que haja uma tendência para se verificar um aumento progressivo e

generalizado dos preços de consumo em percentagens superiores, tornando mais atrativa a implementação de SAAP e alterando uma vez mais a perceção existente de que a instalação de um SAAP é ainda um mau investimento.

#### Impacto do Tipo de Edifício nas características do SAAP

Relativamente ao tipo de edifício e o seu impacto na determinação do SAAP, é possível observar que os principais fatores influenciadores das características de um SAAP são a área de captação disponível e o perfil de consumo do edifício. Neste campo destacam-se por um lado as naves industriais e edifícios com grande desenvolvimento horizontal em planta, como é o caso do estabelecimento prisional, que disponibilizam grandes áreas de captação das águas pluviais.

Por outro lado, o caso dos edifícios de utilização de serviços público ou privado merece igual destaque. Estes edifícios apresentam perfis de consumo que permitem obter um equilíbrio constante no fluxo de saída do SAAP, permitindo otimizar com maior segurança os parâmetros dimensionadores do sistema de aproveitamento.

### **9.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

O trabalho desenvolvido, tal como referido no capítulo anterior, fornece uma visão alargada ao território nacional da variação dos períodos de retorno do investimento para edifícios com diferentes utilização tipo. Apesar da contribuição dada para o trabalho diário dos projetistas julga-se que existem ainda áreas de melhoramento e contínuo desenvolvimento e aprofundamento.

Na elaboração deste trabalho não foram avaliados projetos em que os SAACN foram implementados conjuntamente com os SAAP. Para estes casos seria interessante desenvolver estudo semelhante ao aqui produzido no sentido de aferir quais as viabilidades do investimento para estes sistemas e se haveria uma real vantagem em conjugar os dois tipos de sistemas de aproveitamento num só edifício.

Sendo um estudo desenvolvido com base em projetos reais em que um número significativo evoluiu para execução e havendo já alguns deles em pleno funcionamento, seria igualmente interessante para aferição dos resultados aqui apresentados o desenvolvimento de um projeto de acompanhamento e monitorização desses sistemas de aproveitamento. Recolha de dados de consumo, volumes captados, qualidade da água, despesa de manutenção são alguns temas que mereceriam registo periódico no sentido de permitir a afinação à realidade das conclusões atrás apresentadas.

Por fim, seria igualmente um estudo de valor acrescentado o desenvolvimento de uma simulação usando os sistemas aqui apresentados para cenários a 5, 10, 20 anos com consideração de valores que reflitam as esperadas alterações climáticas, económicas e geopolíticas, enunciadas por entidades como o Banco Mundial, World Health Organization, etc.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- AMORIM, A. S. V., CAMPOS, M. A. S. e HERNANDES, A. T. – Análise de Custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto, Article, São Paulo, Brasil, 2003.
- BASSINGER, M., MONTALTO, F. e LALL, U. – A rainwater harvesting system reliability model based on nonparametric stochastic rainfall generator. Article, Columbia University, New York, 2010.
- BERTOLO, E.J.P. – Aproveitamento de Água da Chuva em Edificações. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006
- CIPRIANO, R. F. P. – Tratamento das Águas da Chuva Escodas sobre Telhados e avaliação do seu uso. Article, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.
- CHENG, C. L. e LIAO, M. C. – Regional rainfall level zoning for rainwater harvesting systems in northern Taiwan. Article, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan, 2009.
- CHENG, L. C. – Study of the inter-relationship between water use and energy conservation for a building. Article, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan, 2001.
- CHIU, Y. R., LIAW, C. H. e CHEN, L. C. – Optimizing rainwater harvesting systems as an innovative approach to saving energy in hilly communities. Article, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan, 2008.
- DIXON, A., BUTLER, D., FEWKES, A. e ROBINSON, M. – Measurement and modeling of quality changes in stored untreated grey water. Article, Imperial College of Science, technology and Medicine, London, 2000.
- DOMÈNECH, L. e SAURÍ D. – A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multifamily buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): Social experience, drinking water savings and economic costs. Article, Universitat Autònoma de Barcelona, 2010.
- FEWKES, A. – Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalized approach. Article, the Nottingham Trent University, Nottingham, 2000.
- FEWKES, A. – The use of rainwater for WC flushing: the field testing of a collection system. Article The Nottingham Trent University, Nottingham , 1998.
- GHSI, E., TAVARES, D. F. e Rocha, V. L. – Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis. Article, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis, Brasil, 2009.
- GHSI, E. – Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. Article, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis, Brasil, 2005.

- GHISI E., MONTIBELLER, A. SCHMIDT, R. W. – Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. Article, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2005.
- GHISI, E., BRESSAN, D. L. e MARTINI, M. – Rainwater tank capacity and Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. Article, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brazil, 2006.
- GHISI, E. e OLIVEIRA, S. M. – Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and grey water in houses in southern Brazil. Article, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brazil, 2006.
- GHISI, E. e KAMMERS, P. C. – Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. Article, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, 2005.
- HAN, M. Y. e MUN, J.S. – Particle behavior consideration to maximize the settling capacity of rainwater storage tanks. Article, Water Science & Technology, 2008.
- HELMREICH, B. e HORN, H. – Opportunities in rainwater harvesting. Article, Institute of Water Quality Control, Garching, Germany, 2008.
- HERRMANN, T., SCHMIDA, U. – Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. Article, Urbanwater, Germany, 1999.
- Hoekstra e Mekonnen - Manual de avaliação da pegada hídrica globalização da água, Earthscan, Londres, 2011.
- KHASTAGIR, A. e JAYASURIYA, N. – Optimal sizing of rain water tanks for domestic water conservation. Article, RMIT University, Melbourne, Australia, 2009.
- KUS, B. e SHON, H.K. – Analysis of first flush to improve the water quality in rainwater tanks. Article, Water Science & Technology, 2010.
- LEE, K. T – Probabilistic design of storage capacity for rainwater cistern systems. Article, National Taiwan Ocean University, Taiwan, 2000.
- LIU, S., BUTLER, D. – Impacts of residence time during storage on potential of water saving for grey water recycling system. Article, Tsinghua University, Beijing, China, 2009.
- MAY, S. – Estudo de Viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações. Article, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
- MCMAHON, T. A., ADELOYE, A. J. e ZHOU, S.L. – Understanding performance measures of reservoirs. Article, The University of Melbourne, Melbourne and the Heriot-Watt University, Edinburgh, 2005.
- NETO, AZEVEDO, J. M. - Aproveitamento de Águas de Chuva para Abastecimentos, Rio de Janeiro, ABES, 1991.

- NEVES, M. V. – Custo de pequenos reservatórios construídos “in situ”. FEUP, Porto, Portugal, 2004.
- PEREIRA, F. D. – Utilização do Balanço Hídrico seriado no dimensionamento de reservatórios para aproveitamento da água da chuva. Trabalho de conclusão de curso, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Crisciúma, 2003.
- SANTOS, I. A. – Aproveitamento da água da chuva na região do Alto Vale do Itajaí. Article, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006
- SOARES, D. A. F; GONÇALVES, O. M. – Fuzzy sets applied to the building reuse systems design. In CIB W62 Seminar, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001. v.1, p.B3-1B1-8
- THOMAS, T. – Domestic water supply using rainwater harvesting. Article, University of Warwick, Coventry, UK, 1998.
- THOMAS, P.T.e GREENE, G. – Rainwater Quality from different Roof Catchments. Article, Water Science and Technology, 1993.
- VIEIRA, JOSÉ - Gestão da Água em Portugal. Os Desafios do Plano Nacional da Água, Article ISSN: 0873-1152, Braga 2003.
- Rees, William, Mathis Wackernagel Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth, New Society Publishers, 01/07/1998
- Coleção Técnica ANQIP – Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP), 2009 – ANQIP
- Coleção Técnica ANQIP – Certificação de Sistemas de aproveitamento de águas pluviais, 2009 – ANQIP
- Especificação Técnica ANQIP ETA0701- Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios, 2009 - anqip
- MEEMKEN, R. – Establishment of rainwater utilization plants in Osnabrück. In: The tokyo international rainwater utilization conference, Sumida City, 1994. Tokyo, 1994.
- PORTUGAL. – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. 2ª Edição, Lisboa, 1998.
- PEREIRA, L., MATOS, C. e BENTES, I. – Viabilidade Económica de um aproveitamento de água pluvial – Caso de estudo numa urbanização em Vila Real. 10º Congresso da Água, 2010.
- ROEBUCK, R.M, ASHLEY, R.M. – Predicting the hydraulic and life-cycle cost performance of rainwater harvesting systems using a computer based modeling tool. 7th International Conference on Urban Drainage Modeling, 2006 – Melbourne, Australia.
- SCHISTEK, H. – A cisterna de tela de cimento. In: 3º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 21-23 Novembro 2001.
- TOMAZ, P. – Conservação da Água. 1ª Edição. São Paulo, 1998

TOMAZ, P. – Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. 1ª Edição. São Paulo, 2003.

TOMAZ, P. – Economia de Água para Empresas e Residências: Um Estudo Actualizado Sobre o Uso Racional da Água. 2ª Edição. São Paulo, 2001.

The texas manual on rainwater harvesting – Texas Water Development Board. Texas 3th edition 2005.