



**Bruno Gonçalo  
Quina L **

**Dimensionamento de Reservatórios  
Prediais de água da Chuva**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários   obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Armando Silva Afonso e coorientação do Prof. Doutor Romeu da Silva Vicente.

*“O mais competente não discute, domina a sua ciência e cala-se.”*

(Voltaire)

## **o júri**

Presidente

**Prof. Doutora Margarida João Fernandes De Pinho Lopes**  
professora auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

**Dra. Cristina Maria Monteiro dos Santos**  
engenhreira da SOPSEC – Sociedade de Prestação de Serviços em Engenharia Civil

**Prof. Doutor Armando Baptista Da Silva Afonso**  
professor associado convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor Romeu da Silva Vicente**  
professor auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Nesta etapa da minha vida académica, gostaria de remeter um franco e caro agradecimento a todos os meus amigos e familiares.

De enaltecer o meu Pai, Gonçalo Lé, e à minha Mãe, Isilda Lé, por sempre me disponibilizarem o necessário para o meu aproveitamento escolar e pelo incentivo, ao longo desta jornada; à minha namorada, Rita Mendes, por estar sempre presente e me auxiliar nos momentos mais difíceis da minha vida; ao Sr. Amílcar Mendes, por sempre ter acreditado em mim; à D.<sup>a</sup> Lurdes; à Avó Fátima, por ter acendido aquela velinha sempre que havia uma aflição; ao Avô Quina; à Tia Alice e ao Tio Miguel, pela sua presença constante e apoio; ao Fernando Luís e à Rosinha; à Eng.<sup>a</sup> Carla Jarmelo e Eng.<sup>o</sup> Vítor pela amizade e espírito de entreatajuda que me oferecem; ao Sr. Antonino Viegas e à sua sábia voz; ao Vítor e aos seus conselhos; ao Eng.<sup>o</sup> Gonçalo Vieira, ao Eng.<sup>o</sup> Morgado, e à Professora Doutora Fernanda Rodrigues, por toda a ajuda concedida, ao longo do curso.

O meu muito obrigado ao Professor Doutor Armando Silva Afonso e ao Professor Doutor Romeu Da Silva Vicente, pela prontidão e disponibilidade que sempre me facultaram, e por terem iluminado o meu percurso, sempre que necessário.

**palavras-chave**

Dimensionamento, reservatórios de água da chuva, ferramenta de cálculo automático.

**resumo**

Em Portugal, o dimensionamento de reservatórios prediais de água da chuva é uma temática recente e necessária. Como tal, urge ferramentas de cálculo automático para apoiar os profissionais. Por conseguinte, o presente estudo teve como objetivo a criação de uma ferramenta de cálculo automático destinada ao dimensionamento de reservatórios prediais de água da chuva.

Fez-se a apresentação e análise de seis métodos de cálculo existentes, expeditos e complexos e na descrição dos tipos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais

Com base nesta revisão, foi criada uma ferramenta de cálculo automático para o dimensionamento de reservatórios prediais de água da chuva. Esta foi usada em quatro casos de estudo, com uma abordagem de cálculo, meramente económica, desprezando fatores ambientais.

Os resultados sugerem que a ferramenta desenvolvida, é de utilização intuitiva, com resultados fiáveis.

**Keywords**

design, rainwater harvesting reservoir, software.

**abstract**

In Portugal, the design of rainwater building reservoirs is a very recent but necessary subject. For this reason, there is a need for automatic tools to support practitioners designing these devices. The study herein presented, aimed the development of a tool with the purpose of designing building reservoirs capable of storing rainwater.

An evaluation of several designing methodologies was performed, with different levels of complexity, with the purpose of assessing their effectiveness and accuracy. In parallel, six available systems for rainwater storage were studied and presented.

Using the outcome of the aforementioned analyses, four case studies were carried out, taking into consideration purely the economic component and neglecting any environmental factor.

Finally, conclusions were yield regarding the reliability and accuracy of the results generated by the automatic tool



## ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL .....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE TABELAS.....	VI
ACRÓNIMOS.....	VII
SIMBOLOGIA.....	VIII
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento da problemática.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura da dissertação.....	2
2 Eficiência Hídrica – Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial.....	5
2.1 Introdução.....	5
2.2 Enquadramento histórico.....	7
2.3 Legislação.....	11
2.4 Materiais e sistemas.....	15
2.5 Conceção e dimensionamento.....	22
2.5.1 Dados Pluviométricos.....	22
2.5.2 Volume aproveitável de água.....	23
2.5.3 “First Flush”.....	23
2.5.4 Métodos de dimensionamento.....	24
3 Desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo automático.....	27
3.1 Conceitos e pressupostos.....	27
3.2 Análise Económica – custo e retorno financeiro .....	29
3.2.1 Análise/conclusões.....	48
3.3 Desenvolvimento conceptual.....	48
3.4 Funcionamento do software.....	49
4 Exemplos de aplicação.....	61
4.1 Caso de estudo Grândola.....	62
4.2 Caso de estudo Covilhã.....	66
4.3 Caso de estudo Ponte da Barca.....	70
4.4 Caso de estudo Hong Kong.....	73
4.4.1 Análise/síntese de resultados.....	76
4.5 Exploração dos sistemas.....	77
4.5.1 Manutenção.....	77



4.5.2	Tratamento.....	80
5	Conclusões, comentários e perspectivas de trabalho futuro.....	85
5.1	Síntese do trabalho realizado.....	85
5.1.1	Breve descrição do trabalho.....	85
5.1.2	Avaliação dos resultados.....	85
5.1.3	Principais Conclusões.....	86
5.2	Comentários finais.....	87
5.3	Perspetivas de trabalho futuro.....	88
	Referências bibliográficas.....	91
	ANEXOS.....	0
	Runoff.....	I
	Suprimento .....	II
	Overflow .....	II
	Backflow .....	II
	Eficiência Hidraulica de Filtragem .....	III
	First Flush.....	III
	Métodos de dimensionamento.....	VI
	Método simplificado Alemão.....	VI
	Método simplificado Espanhol.....	VI
	Método simplificado do Professor Azevedo Neto.....	VI
	Método simplificado Inglês.....	VII
	Método de Rippl.....	VII
	Método Gráfico Segundo British Standard (BSI,2009).....	IX

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo Hidrológico.....	6
Figura 2 - Entupimento das redes de Drenagem.....	7
Figura 3 - Pedra Moabita.....	7
Figura 4 - Esquema de uma casa romana.....	8
Figura 5 - <i>Impluvium</i> e <i>Compluvium</i> de átrio de uma casa romana.....	8
Figura 6 - SAAP rudimentar.....	9
Figura 7- a) Cisterna do Poço de Silves; b) Convento de Cristo; c) Castelo de Ourém; d) Castelo de Sesimbra.....	9
Figura 8 - Indicador Mundial de Stress Hídrico (Dezembro de 1999) .....	11
Figura 9 - a) Logotipo Waterwise; b) Logotipo Watersense; c) Logotipo Nordic Environmental Label; d) WELS; e) Logotipo INAG; f) Logotipo ERSAR; g) Rotulagem ANQIP; h) Rotulagem WELS. ....	12
Figura 10 - Entrada de reservatório com uma cúpula superior a 450 mm.....	16
Figura 11 - Aviso “Água não Potável” .....	18
Figura 12 - a) Stormbox da Pipelife; b) Bloco de drenagem (GRAF); c) Aplicação de Stormboxes; d) Aplicação de Tuneis de drenagem (GRAF) .....	19
Figura 13 - a) Sistema SAAP (Bombagem); b) Sistema SAAP (Misto); c) Sistema SAAP (Gravítico) .....	20
Figura 14 - a) Filtro 3P Technik FGC1; b) Filtro GRAF OPTIMAX externo; c) Entrada anti turbulência.....	22
Figura 15 - Comparação gráfica de custos vs volume para determinação do tanque ótimo. Adaptado (Silva-Afonso, 1992) .....	29
Figura 16 -Quadro de Análise do SAAP.....	33
Figura 17-Volume aproveitável (m3) versus Consumo mensal (m3) ao longo de um ano.....	33
Figura 18 - Volume do reservatório ótimo para um custo 1.5€/m3 água potável (15 anos retorno económico) .....	34
Figura 19 - Volume do reservatório ótimo para um custo 1.5€/m3 água potável (20 anos retorno económico) .....	34
Figura 20 - Volume do reservatório ótimo para um custo 2.5€/m3 água potável (15 anos retorno económico) .....	35
Figura 21 - Volume do reservatório ótimo para um custo 2.5€/m3 água potável (20 anos retorno económico) .....	35

Figura 22 - Volume do reservatório ótimo para um custo 3.5€/m <sup>3</sup> água potável (15 anos retorno económico) .....	36
Figura 23 - Volume do reservatório ótimo para um custo 3.5€/m <sup>3</sup> água potável (20 anos retorno económico) .....	36
Figura 24 - Volume do reservatório ótimo para um custo 4.5€/m <sup>3</sup> água potável (15 anos retorno económico).....	37
Figura 25 - Volume do reservatório ótimo para um custo 4.5€/m <sup>3</sup> água potável (20 anos retorno económico) .....	37
Figura 26 - Volume do reservatório ótimo para um custo 6.0 €/m <sup>3</sup> água potável (15 anos retorno económico) .....	38
Figura 27 - Volume do reservatório ótimo para um custo 6.0 €/m <sup>3</sup> água potável (20 anos retorno económico) .....	38
Figura 28 - Volume do reservatório ótimo para um custo 8,0€/m <sup>3</sup> água potável (15 anos retorno económico) .....	39
Figura 29 - Volume do reservatório ótimo para um custo 8,0€/m <sup>3</sup> água potável (20 anos retorno económico) .....	39
Figura 30 - Análise custo água versus Volume de reservatório (para 15 anos).....	40
Figura 31 - Análise custo água versus Volume de reservatório (para 20 anos).....	40
Figura 32 - Análise de j=3% , t=3% e c =1.5€/m <sup>3</sup> .....	42
Figura 33 - Análise de j=3% , t=4% e c =1.5€/m <sup>3</sup> .....	42
Figura 34 - Análise de j=3% , t=5% e c =1.5€/m <sup>3</sup> .....	43
Figura 35 - Análise de j=3% , t=6% e c =1.5€/m <sup>3</sup> .....	43
Figura 36 - Análise de j=3% , t=7% e c =1.5€/m <sup>3</sup> .....	44
Figura 37 - Análise de j=1% , t=5% e c =1.5€/m <sup>3</sup> .....	45
Figura 38 - Análise de j=2% , t=5% e c =1.5€/m <sup>3</sup> .....	45
Figura 39 - Análise de j=4% , t=5% e c =1.5€/m <sup>3</sup> .....	46
Figura 40 - Análise de j=5% , t=5% e c =1.5€/m <sup>3</sup> .....	46
Figura 41 - Análise de j=6% , t=5% e c =1.5€/m <sup>3</sup> .....	47
Figura 42 - Boletim de precipitação (SNIRH, 2012) .....	50
Figura 43 - Separador “Main” de Bruno Lé Application.....	51
Figura 44 - Separador “Consumo Mensal” de SAAP.....	52
Figura 45 - Separador “Resumo” de SAAP.....	56
Figura 46 - Pop up de “Ver gráfico” de SAAP – Consumo mensal (m <sup>3</sup> ) versus Volume aproveitável (m <sup>3</sup> ) .....	57
Figura 47 - Fluxograma de cálculo do volume do reservatório de água pluviais.....	58

---

Figura 48 – Casos de estudo.....	62
Figura 49 – Caso de estudo Grândola.....	62
Figura 50 – Precipitação mensal para Grândola (SNIRH, 2012).....	63
Figura 51 – Dados gerais de “SAAP” para Grândola.....	63
Figura 52 – Volume aproveitável versus Consumo mensal Grândola.....	64
Figura 53 – Quadro resumo Grândola.....	64
Figura 54 – Otimização do dimensionamento do volume de reservatório Grândola.....	65
Figura 55– Caso de estudo Covilhã.....	66
Figura 56 –Precipitação mensal para Covilhã (SNIRH, 2012) .....	67
Figura 57 – Dados gerais de SAAP para Covilhã.....	67
Figura 58 – Volume aproveitável versus Consumo mensal Covilhã.....	68
Figura 59 – Quadro de cálculo dimensionamento reservatório Covilhã.....	68
Figura 60 – Otimização do dimensionamento do volume de reservatório Covilhã.....	69
Figura 61 – Caso de estudo Ponte da Barca.....	70
Figura 62 – Precipitação mensal Ponte da Barca (SNIRH, 2012) .....	70
Figura 63 – Dados gerais de SAAP para Ponte da Barca.....	71
Figura 64 – Volume aproveitável versus Consumo mensal Ponte da Barca.....	71
Figura 65 – Quadro de cálculo dimensionamento reservatório Ponte da Barca.....	72
Figura 66 – Otimização do dimensionamento do volume de reservatório Ponte da Barca.....	72
Figura 67 – Casos de estudo Hong Kong.....	73
Figura 68 – Precipitação mensal de Hong Kong.....	73
Figura 69 – Dados gerais de SAAP para Hong Kong.....	74
Figura 70 – Volume aproveitável versus Consumo mensal Hong Kong.....	74
Figura 71 – Quadro de cálculo dimensionamento reservatório Hong Kong.....	75
Figura 72 – Otimização do dimensionamento do volume de reservatório Hong Kong.....	75
Figura 73 - a) Primeiras águas da chuva sem sistema “First Flush”; b) Primeiras águas com sistema “First Flush” .....	III
Figura 74 - a) Sistema First Flush para tanques exteriores; b) Sistema First Flush para tanques exteriores; c) Sistema First Flush para tanques enterrados.....	III
Figura 75 - a) Volume de cisterna para 2 Pessoas; b) Volume de cisterna para 3 Pessoas; c) Volume de cisterna para 4 Pessoas d) Volume de cisterna para 5 Pessoas (BSI, 2009).....	IX
Figura 76 - Sistema SAAP (bombagem) .....	XI
Figura 77 - Sistema SAAP (Misto) .....	XII
Figura 78 - Sistema SAAP (Gravítico) .....	XIII

---

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Dimensões de abertura de reservatórios (DIN1989-1:2001-10, 2001) .....	16
Tabela 2- Comparação custo água versus volume reservatório para 15 e 20 anos.....	41
Tabela 3- Comparação aumento de t versus volume reservatório.....	44
Tabela 4- Comparação aumento de j versus volume reservatório.....	47
Tabela 5-Valores do volume de descarga de sanita.....	53
Tabela 6-Valores dos consumos de Máquina Lavar Roupa mediante a sua carga.....	54
Tabela 7-Resumo dos resultados obtidos.....	76
Tabela 8-Plano de Manutenção de sistemas SAAP.....	79
Tabela 9 – Tratamento por filtração de um sistema SAAP (Bertolo, 2006) .....	81
Tabela 10 – Tratamento por desinfecção de um sistema SAAP (Bertolo, 2006).....	81
Tabela A1 – Valores do coeficiente de “Runoff” (Tomaz, 2009) .....	I
Tabela A2 – Valores do coeficiente de “Runoff” (Waterfall, 2004).....	I
Tabela A3 – Valores do coeficiente de “Runoff” (ANQIP, 2009a).....	I
Tabela A4 – Valores do coeficiente de “Runoff” (BSI, 2009) .....	II
Tabela A5 - Valores de consumos anuais por dispositivo ou utilização (ANQIP, 2009a).....	V

## ACRÓNIMOS

AAP – Aproveitamento de Águas Pluviais

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANQIP Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

BSI – British Standards Institution

DIN – Deutsches Institut für Normung

ETA – Especificação Técnica ANQIP

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

INAG – Instituto da Água

ONG – Organização não governamental

ONU - Organização das Nações Unidas

PNEUA - Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

REGEU – Regulamento Geral das Edificações Urbanas

RGSPDADAR – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais

SAAP – Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

SPRAC – Sistemas Prediais de Reutilização de Águas Cinzentas

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

WELS – Water Efficiency Labelling and Standards

WWC – World Water Council

SIMBOLOGIA

A – Área de captação

Área – Área de pavimento a lavar

C – Coeficiente de Runoff

Carga – Valor do consumo referente à carga da máquina de lavar roupa

Ce – Consumos Unitários e anuais por dispositivo ou utilização

Cesc – Coeficiente de escoamento

Cmáq. Roupa – Consumo máquina roupa

Csanita – Consumo sanita

Ctotal– Somatório de todos os consumos mensais

Dt – Consumo no período de tempo t

Eficiência hid – Quantidade de água despendida em cada descarga.

hi – Altura de precipitação

Lavauto – Consumo lavagem de automóvel

Lavpav – Consumo lavagem de pavimentos

Nº auto – nº de automóveis considerados para cálculo

Nº dias mês – nº de dias correspondentes ao mês em estudo

Nº lav. semanais – nº de vezes semanal que os residentes usam o dispositivo

Nº máquinas – nº de máquinas de lavar roupa que o edifício tem a uso

Nº residentes – nº pessoas que usufruem do edifício

Nº sanitas – nº de sanitas que o edifício tem a uso

Nº semanas mês – nº de semanas correspondentes ao mês em estudo

Pa – Volume médio anual de precipitação

Pf – Altura de precipitação admitida para First Flush

P – Custo de água

Qt – Volume de chuva aproveitável no período de tempo t

St – Volume de água no reservatório no período de tempo t

Util.diárias - nº de vezes que os residentes usufruem do edifício

Va – Volume anual de água da chuva aproveitável

Vat – Valor atualizado do custo de água

Vd – Volume a desviar

Vu – Volume do reservatório

Volume – Volume de gasto

$\eta$  – Eficiência do sistema de captação

## **Capítulo 1 | Introdução**

### **Sumário**

Neste capítulo, apresentam-se o enquadramento da problemática, os objetivos do estudo, e a estrutura da dissertação





# 1. Introdução

## 1.1 Enquadramento da problemática

A água, bem essencial à vida, constitui o recurso mais usado em todo o mundo. Portanto, a água é, praticamente, indissociável à vida na Terra.

Cerca de 70% do peso do corpo de um humano é composto por água e em alguns seres, esta percentagem pode mesmo atingir os 98%. A falta desta pode provocar-lhe debilidade física e psíquica, ou mesmo a morte, pois um ser humano consegue sobreviver 30 dias sem comer, mas, em média, só tolera quatro sem ingerir água.

O aumento da qualidade de vida condicionou a qualidade e a quantidade de água potável disponível na Terra. Enquanto recurso limitado, o Homem deve utilizá-lo de forma racional e eficiente, contribuindo para a sua preservação.

Neste enquadramento, uma das técnicas mais utilizadas nos países árabes é a dessalinização da água do mar. Porém, esta técnica é dispendiosa e tem impactos ambientais negativos. Como alternativa, surge o aproveitamento de águas pluviais, com a vantagem de ser de baixo custo.

Segundo Bertolo e Simões (2008), *“O aproveitamento de água pluvial é uma prática milenar”*, inerente à vida do ser humano, desde os primórdios da Humanidade. Muitos povos ancestrais encaravam o simples fenómeno de pluviosidade, como dádiva dos deuses, por ser a única fonte de água doce.

A água pluvial tem vindo a ser utilizada para os mais diversos fins, como os industriais e os domésticos. Em consequência, a sua captação tem tido interesse crescente, devido: ao *stress* hídrico que tem vindo a assolar o planeta; à privatização das empresas públicas de abastecimento de água; ao aumento do número de cheias; ao alargamento exponencial de impermeabilização dos grandes aglomerados urbanos; e à deficiente rede de drenagem existente.

A ONU (<http://www.un.org/>) estima que, em 2025, mais de 2,7 biliões de pessoas sofrerão com a falta de água e, em 2050, 45% da população mundial não terá acesso à água potável, a qual poderá vir a atingir o preço dos combustíveis.

Perante esta perspetiva, conclui-se que é imprescindível estabelecer medidas que contribuam para o uso eficiente da água. Uma poderá passar por diminuir a utilização de água potável, nomeadamente, na execução de tarefas que não necessitem de uma água com esse grau de pureza, evitando-se o desperdício deste recurso valioso. A recolha e o aproveitamento das águas das chuvas reduzem o consumo de água potável e contribuem para a sua preservação. Este enquadramento suscita a necessidade de desenvolver uma ferramenta de cálculo automático, que permita aos projetistas implementar corretamente estes sistemas, de uma forma simples e com um grau de certeza elevado.

## **1.2 Objetivo**

Este estudo teve por objetivo desenvolver uma ferramenta de dimensionamento de reservatórios prediais de águas da chuva, tendo em conta fatores técnicos e económicos.

## **1.3 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos.

O primeiro capítulo apresenta o enquadramento do problema a que o presente estudo pretende responder, os objetivos, e a estrutura da dissertação.

O segundo apresenta o estado da arte, o qual foca os sistemas de aproveitamento de águas pluviais [SAAP], no que se refere ao seu enquadramento histórico, à legislação, aos materiais e tipos de sistemas, e à conceção e ao dimensionamento.

O terceiro descreve o desenvolvimento da ferramenta de cálculo automático para o dimensionamento de reservatórios prediais de águas pluviais. Para tanto, apresentam-se os conceitos e pressupostos, bem como o estudo económico, que orientaram o desenvolvimento desta solução.

O quarto descreve e analisa quatro casos de estudo, com recurso à solução apresentada.

O quinto apresenta a avaliação dos resultados e perspetivas de trabalho futuro. Por fim, apresenta-se a Bibliografia. As referências bibliográficas encontram-se formatadas, de acordo com as normas da NP405.

## **Capítulo 2 | Eficiência Hídrica – Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial**

### **Sumário**

Neste capítulo, apresenta-se o estado da arte acerca dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais



## 2 Eficiência Hídrica – Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial

### 2.1 Introdução

A água é indissociável à vida na Terra. Os recursos de água doce são cada vez mais diminutos e representam uma ínfima parte de toda a água existente. Segundo o Instituto da Água (INAG, 2003), menos de 3% da água da Terra é potável, encontrando-se sob a forma de gelo polar ou jaz em camadas profundas, pelo que, se encontra pouco acessível ao ser humano. O mesmo instituto afirma que a água disponível em lagos, rios ou represas, representa menos de 0,25%, do total dos 3% referidos, anteriormente. A quantidade de água salgada que se encontra dos oceanos é cerca de 30 vezes superior à quantidade da água doce existente nos continentes e na atmosfera.

No cômputo geral, a água na Terra avalia-se em  $1380 \times 10^{15} \text{ m}^3$ , o que equivale a ocupar o volume de uma esfera de 1380 km de diâmetro (INAG, 2003).

No nosso planeta, podemos encontrar água nos estados líquido, sólido e gasoso, armazenada nos continentes (3,4%), oceanos (96,6%) e na atmosfera (0,013%) (INAG, 2003). Entre eles, existe uma permuta infinita denominada ciclo hidrológico. O vapor de água condensa-se na atmosfera, a altitudes que poderão ultrapassar os 1000km (INAG, 2003), transformando-se, novamente, em água ou em cristais de gelo, dando origem a nuvens. Quanto o ponto de saturação é ultrapassado, ocorre a precipitação. A precipitação nos continentes pode infiltrar-se pelo solo, alimentando os lençóis freáticos, e concentrar-se, superficialmente, em sulcos ou irregularidades de terreno, originando, rios ou cursos de água que alimentam os oceanos (ver Figura 1).

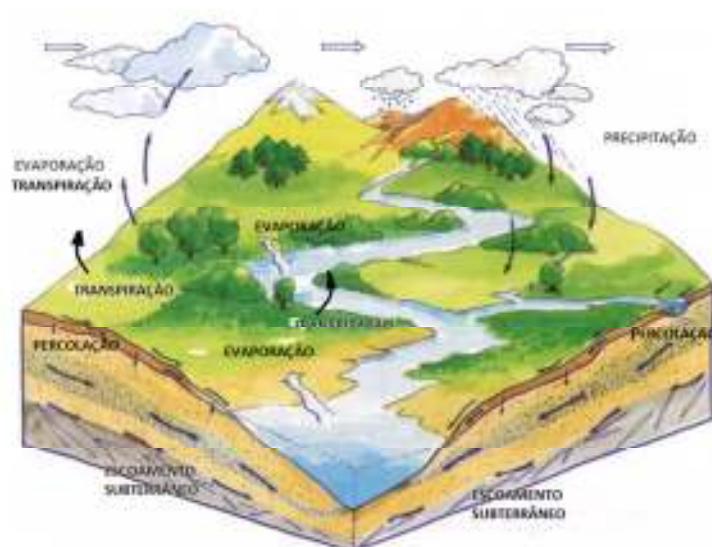


Figura 1- Ciclo Hidrológico  
*Fonte: Adaptado de INAG (2003)*

O aumento exponencial da população, aliado ao crescimento económico e tecnológico, provocaram o aumento significativo do consumo de água por habitante, passando pois, a procura a ser maior que a oferta. Esta situação desencadeou um enorme consumo, com implicações na quantidade de água nos nossos recursos hídricos, de forma que é cada vez mais reduzida e de menor qualidade. Estes fatores comprometem a passagem da água de um bem essencial para um económico (Fryer, 2012).

Outra consideração a refletir é a não renovação dos leitos freáticos, já que o aumento de solos impermeáveis devido à construção de estradas e à dinamização dos acessos das zonas urbanas, diminui a área de infiltração da água das chuvas (Lancaster, 2008). Tal contribui para alterar o ciclo hidrológico. Consequentemente, o aumento dos caudais de ponta, origina cheias e, em virtude disso, podem ocorrer inundações e obstruções das redes prediais de drenagem, como demonstra a figura 2.



Figura 2- Entupimento das redes de Drenagem  
Fonte: (<http://geopensar.blogspot.com>)

## 2.2 Enquadramento histórico

O aproveitamento de água é tão antigo, que podemos afirmar que desde sempre fez parte dos hábitos humanos. O documento mais antigo que atesta esta situação é a pedra basáltica de Moabita, datada de 830 a.C. (Tomaz, 2009). Esta pedra foi descoberta na antiga região de Moab, próximo de Israel. Por ordem do rei Mesa foi gravado na pedra: “Para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa”.



Figura 3 – Pedra Moabita  
Fonte: ([http://pt.wikipedia.org/wiki/Pedra\\_Moabita](http://pt.wikipedia.org/wiki/Pedra_Moabita))

Na Roma Antiga, a prática da recolha das águas pluviais era comum e todas as casas abastadas possuíam um “*Compluvium*” e um “*Impluvium*”, no seu átrio. O



*Compluvium* consistia numa abertura localizada no telhado, a fim de permitir a entrada de luz e de chuva. O *Impluvium* era constituído, mediante as dimensões, por uma bacia ou piscina rasa, que recebia as águas provenientes do *Compluvium* (Figuras 4 e 5).

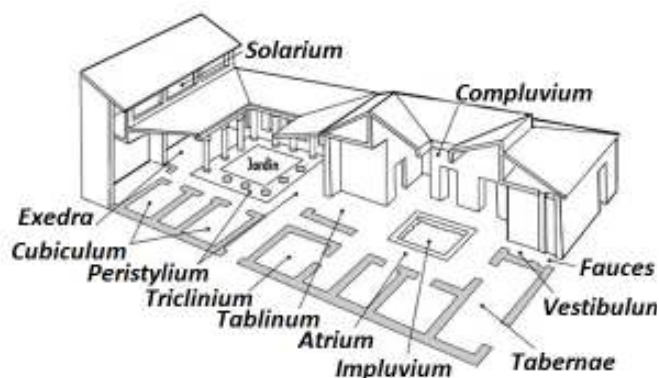


Figura 4 - Esquema de uma casa romana  
Fonte: (<http://nopuedonodebo.wordpress.com>)



Figura 5 - *Impluvium* e *Compluvium* do átrio de uma casa romana  
Fonte: (<http://www.dartmouth.edu.com>)

Um país que se pode referenciar, a propósito da remota tradição na utilização da água da chuva, é a Jordânia. Este continua a utilizar a água das chuvas como uma das fontes de abastecimento da população, sendo a única fonte de água potável em algumas comunidades rurais deste país (Radaideh, 2009).

No Brasil, ainda hoje, esta prática é muito comum, em particular, no Nordeste do país. Embora tenha um dos climas mais húmidos do planeta, a distribuição de chuvas é muito irregular, propiciando períodos de seca severos. Estes tornam muito difícil a vida nas zonas rurais, onde a rede de abastecimento de água potável não chega. Assim, a captação de água pluvial consta da alternativa mais viável, com o intuito de fazer face às necessidades existentes, a título de exemplo, no regadio para a agricultura e mesmo no abastecimento das populações. Deste modo, torna-se muito vulgar encontrar cisternas de betão ou de pedra nas imediações das habitações, como ilustrado na Figura 5.



Figura 6 - SAAP rudimentar  
Fonte: (<http://www.minasdehistoria.blog.br>)

Em Portugal, o aproveitamento de água pluvial também era frequente e resultava, grosso modo, de influências árabes e romanas introduzidas, aquando da sua passagem pelo território. Em muitos edifícios antigos, designadamente, castelos ou conventos, devido à sua localização, quer em zonas montanhosas, quer de relevo acentuado, esta prática era a única maneira de poder reunir água potável. Em tempos de guerra e na possibilidade de existir um cerco, a exclusiva alternativa de poder ter água potável, era efetuada de igual forma, através da recolha desta para uma cisterna.

Presentemente, existem inúmeras estruturas construídas de armazenamento de água pluvial, como por exemplo, Cisterna Poço de Silves (Figura 7 a), o Convento de Cristo, em Tomar (Figura 7 b), o Castelo de Ourém (Figura 7 c), o Castelo de Sesimbra (Figura 7 d), em Silves.



Figura 7 – a) Cisterna do Poço de Silves;  
Fonte: (<http://www.portugalvirtual.pt>)



Figura 7 - b) Convento de Cristo  
Fonte: (<http://tomar.com.sapo.pt/convento.html>)



Figura 7 - c) Castelo de Ourém  
Fonte: (<http://descobrir-portugal.com>)



Figura 7 - d) Castelo de Sesimbra  
Fonte: (<http://www.gt.estt.ipt.pt>)

## 2.3 Legislação

“Eficiência Hídrica” significa a coordenação plena das necessidades hídricas, onde o desperdício de água é minimizado, ou mesmo nulo.

Como referido no Capítulo 2, atualmente, as necessidades de água potável são superiores às reservas existentes, tornando a procura muito superior à oferta, gerando, assim, o “Stress Hídrico” (Nunes et al., 2009). Motivado ora por razões de escassez local de água, ora por situações de poluição dos leitos ou cursos de água. Neste sentido, em 1996, foi criado o World Water Council, em resposta à preocupação crescente da comunidade internacional sobre estas questões. Em 1999, tal entidade conduziu um estudo sobre esta questão e os resultados foram alarmantes: concluiu-se que havia um grande desequilíbrio entre o consumo de água vs. recursos hídricos, apresentando um valor global de 40% para o índice de stress hídrico existente, como revela a Figura 8. De acordo com esta entidade, entre 46 e 52 países sofrerão Stress Hídrico em 2025, sendo que 23 poderão mesmo sofrer escassez absoluta de água (WWC, 2012). Portugal não é exceção e prevê-se um stress hídrico a rondar os 40%. De notar que, atualmente, cerca de 50% dos recursos de água potável já são usados e, muito certamente, que esta fasquia subirá para os 75% em 2025 (Silva-Afonso, 2010).

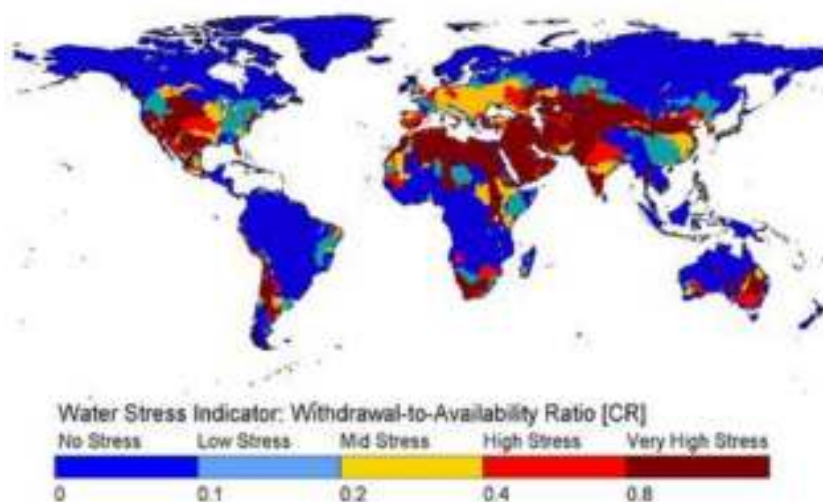


Figura 8 - Indicador Mundial de Stress Hídrico (Dezembro de 1999)

Fonte: (<http://www.worldwatercouncil.org>)

Deste modo, e com a intenção de tornar o mundo um planeta melhor para o Homem, foram surgindo inúmeras instituições, em diversos países, com a finalidade de regulamentar e criar planos de contenção de consumos, tendo sempre os magnos objetivos de preservar as reservas de água potável e promover a eficiência hídrica. Como demonstra a Figura 9 a), b), c), d), e), f), g) e h), entre eles, citam-se nomes como a *Waterwise* (Reino Unido), a *Epa-WaterSense* (Estados Unidos da América), a *WELS* (Austrália), a *Nordic Swan* (Islândia, Noruega, Dinamarca, Suécia, Finlândia), a *ANQIP* (Portugal), o *INAG* (Portugal) a *ERSAR* (Portugal), entre outros (Figura 8). Em Portugal, o *INAG* e a *ERSAR* são as entidades competentes de maior relevância no âmbito da preservação e eficiência dos recursos hídricos. De sublinhar, o aparecimento da *ANQIP* que, sendo uma ONG sem fins lucrativos, segue os exemplos existentes em outros países. Ao transpor os seus modelos para Portugal, foi pioneira na rotulagem e na avaliação de produtos de eficiência hídrica.



Figura 9 - a) Waterwise  
Fonte: (<http://www.waterwise.org.uk/>)



Figura 9 - b) Watersense  
Fonte: (<http://www.epa.gov/watersense/>)



Figura 9 - c) Nordic Swan  
Fonte: (<http://www.nordic-ecolabel.org/>)



Figura 9 - d) WELLS  
Fonte: (<http://www.waterrating.gov.au>)



Figura 9 - e) INAG  
Fonte: (<http://www.inag.pt/>)



Figura 9 - f) ERSAR  
Fonte: (<http://www.ersar.pt/website/>)



Figura 9 - g) ANQIP  
 Fonte: (<http://www.anqip.com/>)



Figura 9 - h) Rotulagem WELLS  
 Fonte: (<http://www.mfe.govt.nz>)

Ser hidricamente eficiente não significa cortar radicalmente com os consumos, mas consumir unicamente o necessário, sem que haja uma excessiva diminuição de conforto.

Outra preocupação latente nos dias que correm é a utilização de água potável para fins não potáveis. É algo recorrente e muito dificilmente se conseguirá inverter esta tendência. Poucos são os incentivos para o uso de outras fontes alternativas de água. Quando é tomada uma decisão para a aplicação de sistemas eficientes ou alternativos a este nível existem sempre contratempos ou barreiras “legais” que dificultam a implementação destes. A ANQIP elaborou um documento onde são propostas algumas medidas técnicas para a execução de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. No ponto 4.5.5 está escrito que “Quando a entidade gestora exija a medição de caudais, deverá considerar-se a instalação de um contador totalizador no troço de ligação da cisterna à rede predial, podendo não ser medidos os caudais que não sejam conduzidos à rede de drenagem (rega de jardins, etc). A instalação do contador deverá ser realizada de acordo com as indicações da Entidade Gestora” (ANQIP, 2009a, p. 13).

Particularizando este ponto para o distrito de Aveiro, a instalação de um contador serve para contabilizar os consumos de água pluvial usada, não com o intuito de premiar quem adota estas práticas sustentáveis, mas com o de taxar o tratamento desta, analogamente à água proveniente da rede geral.

Em outros documentos normativos, de países mais desenvolvidos neste ramo, tanto a DIN (DIN1989-1:2001-10, 2001) como a British Standard (BS8515:2009) não aludem ao uso de contador para estes fins. Esta consideração tomada na ETA0701 VERSÃO 7 (ANQIP, 2009) consiste numa

barreira legal que condiciona, em muito, o setor privado e, por vezes, o público na escolha deste tipo de sistemas.

Deste modo e num ponto de vista mais crítico, julga-se crucial a existência de leis e normas portuguesas mais explícitas sobre estes assuntos, por que se conseguisse implementar sistemas de aproveitamento de águas pluviais e premiar iniciativas sustentáveis, a este nível.

Na prática, a eficiência hídrica em sistemas prediais pode, na sua essência, ser alcançada através da adoção de algumas medidas, desde a aplicação de acessórios hidricamente eficientes (arejadores, redutores de caudal, etc.) nos dispositivos de água de um edifício (torneiras, chuveiros, etc.), através de sistemas prediais de reciclagem de águas cinzentas (SPRAC), sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP), ou ainda a conjugação destas soluções, em simultâneo. Todas estas hipóteses de potencial poupança são mencionadas no “Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água” (PNEUA) do INAG (2004).

O aproveitamento de água pluvial, em Portugal, ainda é um termo a desmistificar. Muitas dúvidas surgem sobre o uso deste tipo de água para fins domésticos. É uma área da engenharia ainda não regulamentada, havendo poucos documentos oficiais sobre este tema. Presentemente, além da Resolução da Assembleia da República n.º 10/2011, onde é incentivada a aplicação destes sistemas em edifícios públicos, é ainda recomendada a previsão de redes secundárias para abastecimento de água pluvial com fins domésticos não potáveis. Salienta-se que apenas no PNEUA e no Regulamento Geral das Edificações Urbanas (REGEU, 1951), no artigo 106, se pode ler que “As cisternas devem ser providas de dispositivos que permitam o desvio das águas das primeiras chuvas, retenham a todo o momento quaisquer materiais sólidos arrastados pela água recolhida e facilitem o seu esvaziamento total e a sua limpeza”. O único documento português não oficial que pode ser considerado como um “guia” das boas práticas no dimensionamento de sistemas SAAP é a ETA0701 da ANQIP (2009), já referido. No entanto, muitos projetistas recorrem à DIN 1989-1:2001-1 (2001) ou à BSI 8515:2009 (2009), que além de muito completas tecnicamente, consistem em documentos de valor normativo nos seus países. Existe, também, a ABNT (CEET-00.001.77,

2007), que embora não possua valor normativo, poderá ser um favorável guia, visando um dimensionamento mais expedito. Em suma, é de reforçar que os conceitos básicos de todos estes organismos se baseiam nos mesmos princípios.

## **2.4 Materiais e sistemas**

Um sistema AAP é, por norma, composto por um tanque, um grupo de bombagem, e um filtro. Através da cobertura é captada a água pluvial que, por meio das caleiras e tubos de queda, a direcionam para o filtro, por sua vez para o tanque (ou cisterna) e finalmente pressurizada vem satisfazer os consumos não potáveis. O tanque, por norma, é o elemento mais caro de todo o sistema e terá que ser ventilado, podendo ser feito de diferentes materiais. Segundo a ETA 0701 da ANQIP (2009b), as cisternas deverão ser constituídas por materiais que assegurem as necessárias condições estruturais e que não propiciem reações químicas com a água. No caso de serem em fibra de vidro, PEAD ou outros materiais poliméricos devem respeitar as instruções do fabricante. A tampa de acesso deverá estar de acordo com a EN124 (IPQ, 1995). Já a British Standard (BSI, 2009) refere que o material não deve promover a atividade microbiana e descreve como materiais adequados o betão, fibra de vidro (GRP), polietileno, polipropileno, aço revestido incorrosível ou outros conforme a BSI (BSI, 2006). Os materiais não metálicos devem estar de acordo com a norma BSI (BSI, 2000). A DIN (DIN1989-1:2001-10, 2001) consigna por materiais permitidos, todos aqueles que não degradem as características da água, dando como opções, o betão, plástico, aço protegido contra corrosão ou aço resistente à corrosão.

A única norma que explicita alguns aspetos dimensionais da entrada da cisterna é a DIN (DIN1989-1:2001-10, 2001), como podemos verificar na tabela1



Tabela 1- Dimensões de abertura de reservatórios (DIN1989-1:2001-10, 2001)

Tipo de Reservatório	Entrada do Reservatório (mm)
À superfície $\leq 3000$ l de peça única	$\geq 200$
À superfície $> 3000$ l de peça única	$\geq 600$
Enterrado com uma cúpula $\leq 450$ mm	$\geq 600$
Enterrado com uma cúpula $> 450$ mm com um acréscimo da base desta $\geq 800$ mm (ver figura 9)	$\geq 600$

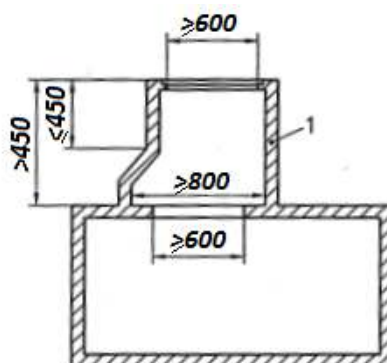


Figura 10 - Entrada de reservatório com uma cúpula superior a 450 mm (dimensões em mm)  
 Fonte:(BSI, 2009)

As indicações para as instalações de bombagem, tanto na norma alemã, na britânica, como na ETA0701 (ANQIP, 2009) encontram-se bastante completas e abrangem os vários tipos de bombas e as suas especificações. Na parte de controlo e medição do sistema AAP, a ETA0701 (ANQIP, 2009) não é concreta, introduzindo apenas que os equipamentos de bombagem para os sistemas domésticos de aproveitamento de água pluvial devem estar tecnologicamente dotados de funções que permitem a gestão de água pluvial de uma forma responsável e eficiente. É aconselhável a sua utilização na área doméstica,

pela simplificação técnica que proporciona ao instalador e ao utilizador final, tal como referido na BSI (BSI8515:2009) e na DIN (DIN1989-1:2001-10, 2001). Estas últimas indicam que a unidade de bombagem deve possuir, para além de bombas de baixo consumo energético, um sistema de controlo automático que alerte qual das redes de água está em uso, se a da chuva, se a da rede pública. Referem ainda que este deve possuir um sistema de medição automático permitindo a visualização dos níveis de água existentes no reservatório. Isto possibilita ao utilizador informações mais concretas do estado do seu sistema, não dando margem para possíveis fugas de controlo do instalador ou vendedor. Para o tratamento da água pluvial usada nas descargas de sanitas, rega de zonas verdes, lavagens de pavimentos, ou outros que não necessitem de água de qualidade potável, basta o tratamento simples de Filtragem e de sedimentação. Em situações onde esta não tem qualidade balnear, ou em outros especiais terá que levar um tratamento adicional, que poderá passar pela desinfeção por cloro, ultravioletas ou outro adequado. Este deverá ser aplicado a jusante do sistema de bombagem. Relativamente aos filtros, a ETA 0701 (ANQIP, 2009) consiste no documento que apresenta os valores de malha mais conservativos, rondando estes entre os 0,2 a 0,8 mm contra  $d < 1,25$  mm da BS EN10143. A DIN (DIN1989-1:2001-10, 2001) remete esta escolha para o projetista. Analisando os parâmetros de pH da água captada, a ANQIP (2009a) refere que, caso este seja superior a 8,5 ou inferior a 6,5 poderá ser necessário proceder a uma correção, ao passo que a BS EN10143 afirma que os tanques devem suportar níveis no mínimo igual a 5 e no máximo 9, sem que haja nenhuma alteração no tanque, dentro do que é o seu tempo de vida útil. Porém, a norma alemã nada refere sobre esta questão.

De registar que a obrigatoriedade de precaver soluções para fazer face ao Backflow\* e Overflow\* aparece em todos os documentos, apesar de mais aprofundados na BS EN10143 e na DIN (DIN1989-1:2001-10, 2001), incluindo figuras com exemplos práticos. É imperativo dotar os SAAP de um sistema de suprimento\* de água. Este pode ser feito direto à bomba ou ao reservatório.

De referir, para finalizar, que são expressamente proibidas conexões cruzadas, ou seja, proceder à ligação de uma rede de água potável a uma não potável que não salvasse a potabilidade da primeira (ANQIP, 2009). É ainda,

obrigatória, a identificação dos dispositivos que estejam ligados à rede pluvial, isto é, sempre que uma torneira ou qualquer outro dispositivo estiver conectado à rede de abastecimento pluvial, é obrigatório assinalar esta com o aviso “Água não potável”, conforme a figura 11.



Figura 11 - Aviso “Água não Potável”  
(Fonte: <http://www.sinalseg.com.br>)

Um dos grandes problemas inerentes à não captação de água pluvial são as cheias. Estas, à semelhança do exposto no presente capítulo, sucedem devido à crescente impermeabilização dos aglomerados populacionais, tornando o solo impermeável. Este facto impede que o ciclo hidrológico se processe, corretamente. Como solução para a diminuição do caudal de ponta, de forma a promover a infiltração natural da chuva e quando o redimensionamento ou trabalhos de reabilitação nas redes de drenagem existentes não é uma opção viável, poder-se-á recorrer a blocos de drenagem. Comercialmente conhecidos como “Stormboxes”, “Blocos de drenagem” ou “Storm Water Cells”, estes blocos de drenagem compreendem dispositivos cuja geometria regular permite a ligação de vários módulos, de maneira a criar uma malha tridimensional apta a promover a rápida infiltração da água pluvial no solo conforme demonstram as Figuras 12 a); b); c); d)



Figura 12 - a) Stormbox da Pipelife  
Fonte: (<http://www.pipelife.com>)



Figura 12 - b) Bloco de drenagem (GRAF)  
Fonte: (<http://www.graf-water.com/>)



Figura 12 - c) Aplicação de Stormboxes  
Fonte: (<http://www.pipelife.com>)



Figura 12 - d) Aplicação de Tuneis de drenagem  
Fonte: <http://www.graf-water.com/>

Em conformidade com a “GRAF”, os blocos de drenagem, concebidos para infiltrar ou reter água no subsolo, permitem a infiltração de volumes extensos de água, multiplicando por três a técnica das valas de gravilha, devido à sua configuração regular. Exemplificando, um bloco de 15kg tem a capacidade drenante de 800kg de gravilha e de 36 m de tubagem drenante.

Cada bloco contém um volume de 300l e pode sobrepor-se, criando, assim, a matriz tridimensional referenciada atrás. Outra solução passa por instalar Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial [SAAP]. Estes sistemas captam, aproveitam e reutilizam águas pluviais, para fins de consumo não potáveis. Na dinâmica deste tipo de sistemas estão subjacentes as fases de captação de água pluvial, o tratamento primário (filtração), o armazenamento, a utilização, a descarga de excedentes e o reforço na alimentação. Existem várias soluções para a conceção de um sistema SAAP. A alimentação interior do edifício terá que ser executada separadamente da rede de água potável inerente.

A distribuição poderá ser gravítica, através de um grupo de bombagem ou de forma mista, como se ilustra na figura 13 a), b) e c). A distribuição gravítica apresenta a vantagem de dispensar o recurso a um sistema de bombagem, o

que incorre em custos adicionais de energia elétrica. Contudo, segundo o RGSPDADAR (1995) o valor da pressão de cálculo no dispositivo mais desfavorável da rede deverá possuir uma pressão igual a 5m.c.a. Neste tipo de sistema, normalmente, nos dispositivos logo abaixo da cota do tanque não se consegue respeitar esta condição, alterando assim, o conforto de utilização da mesma.

A distribuição mista possui a vantagem de não ser necessário recorrer a um sistema de bombagem quando falta a energia, todavia com a falta desta enfrentam o mesmo problema que a distribuição gravítica.

Na distribuição por bombagem, o conforto de utilização é muito superior, no entanto, os gastos energéticos são maiores que as hipóteses antecedentes.

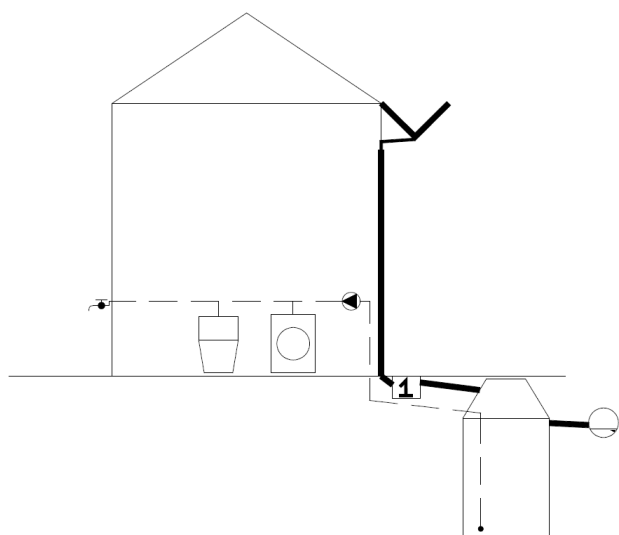


Figura 13 - a) Sistema SAAP (Bombagem)  
Fonte: (<http://www.pipelife.com>)

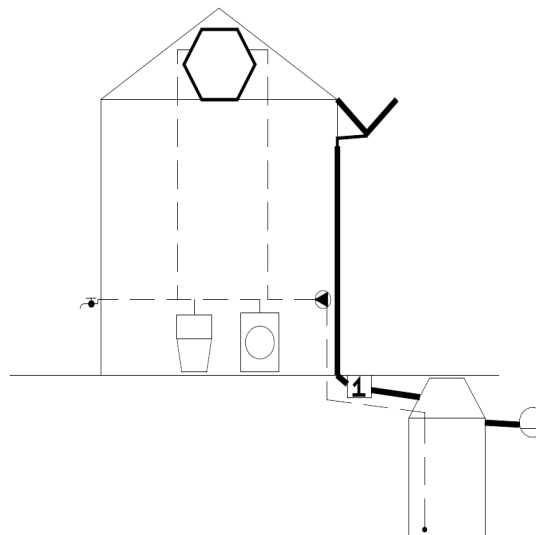


Figura 13 - b) Sistema SAAP (Misto)  
Fonte: (<http://www.pipelife.com>)

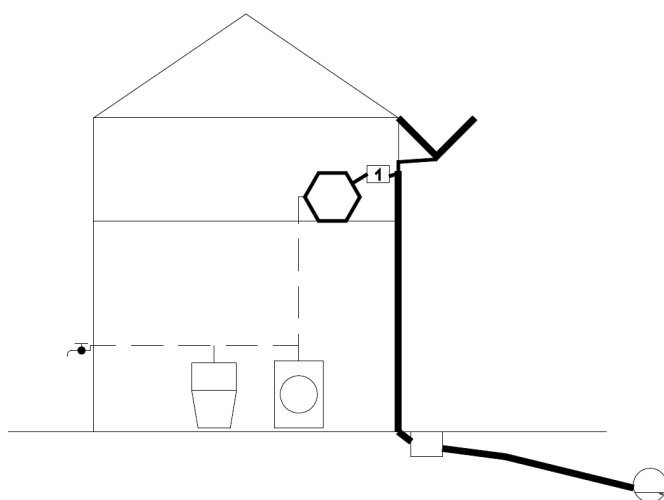


Figura 13 - c) Sistema SAAP (Gravítico)  
Fonte: (<http://www.pipelife.com>)



Importa salientar que numa habitação, a recolha da água da chuva, normalmente, feita pelo telhado, afeta a sua qualidade e, esta depende em muito dos materiais que o constituem e das partículas que lá se depositam. Entre estes poderá encontrar-se a telha cerâmica cimento, chapas galvanizadas, fibra de vidro, fibrocimento, entre outros.

Numa cobertura, caso a pluviosidade não seja regular, as primeiras chuvadas devem ser desviadas. Tecnicamente, este passo denomina-se de “*first flush*”<sup>1</sup>. O “*first flush*” é relevante, pois as águas captadas transportam todo o tipo impurezas existentes na cobertura, pondo assim em causa a qualidade da água captada. Não obstante, alguns profissionais desvalorizam este passo no dimensionamento de habitações com áreas de captação pequenas.

A recolha da água depende de alguns fatores, como dimensão e rugosidade do telhado. Se este for macio, liso, e impermeável a quantidade de água recolhida pode ser maior e de melhor qualidade (Bertolo & Simões, 2008b).

A condução da água da chuva é feita por intermédio de caleiras e dos tubos de queda que, posteriormente, se vão interligar ao reservatório. Sobejamente conhecido é o facto das caleiras, além de conduzirem água, também comportarem folhas e outros detritos. Se eventualmente a manutenção destes equipamentos não for feita de uma forma pró-activa, a acumulação pode contribuir para o crescimento bacteriano indesejável, contaminando a água e diminuindo o volume de recolha. Um sistema SAAP passa por 4 grandes estágios de tratamento: i) filtração, ii) entrada anti-turbulência, iii) sifão e iv) captação através da mangueira de sucção flutuante. Na filtração, a água escoada do telhado para o filtro e é aí que as impurezas são separadas. A água limpa é encaminhada para a cisterna e as impurezas para o esgoto. Dentro da cisterna, a água apresenta partículas muito finas de sujidade, que se afundam lentamente até ao fundo do tanque. A entrada anti-turbulência diminui a velocidade de entrada da água captada e filtrada e não permite que esta atinja diretamente o fundo, sob pena das partículas se voltarem a misturar com a água do reservatório. O sifão permite, não só realizar o “*Overflow*”<sup>2</sup>, como também retirar a camada de partículas mais leve, presente à tona na água. É importantíssimo que a sucção seja feita no mínimo a 10 cm acima do nível da

---

<sup>1,2</sup> Ver Anexo

base da cisterna, uma vez que a água de melhor qualidade está na parte superior do tanque.

Comercialmente, existem vários tipos de filtros e acessórios, mas destaque-se os que tiveram mais notoriedade em Portugal, a título de exemplo, os da GRAF e da 3P TECHNIK (Figura 14)



Figura 14 - a) Filtro 3P Technik FGC1  
Fonte: (<http://www.ecoagua.pt>)



Figura 14 - b) Filtro GRAF OPTIMAX externo  
Fonte: (<http://www.graf-water.com/>)



Figura 14 - c) Entrada anti turbulência  
Fonte: (<http://www.ecoagua.pt>)

## 2.5 Conceção e dimensionamento

No dimensionamento de tanques de sistemas de aproveitamento e água pluviais existem inúmeros fatores a avaliar. Estes irão ser descritos e explorados ao longo das seções seguintes.

### 2.5.1 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos são fulcrais para o dimensionamento dos tanques. Através do volume de precipitação é possível identificar o volume de água possível a captar para o reservatório. Estes valores poderão ser obtidos através dos registos de entidades, como o Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) ou de outras entidades que possuam dados oficiais

credíveis, devendo-se recorrer a séries históricas de precipitação correspondentes a períodos não inferiores a 10 anos (ANQIP, 2009a). Segundo ANQIP, os estudos da pluviosidade de cálculo não devem ser inferiores a 10 anos, sendo que os valores do período de retorno a considerar não deverão ser inferiores a 5 anos. Para o cálculo da capacidade hidráulica de filtragem poderão usar os valores das precipitações máximas.

### 2.5.2 Volume aproveitável de água

O volume aproveitável de água da chuva pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$V_a = P.A.C.\eta \quad (1)$$

Onde mediante:

$V_a$ -volume anual de água da Chuva aproveitável (litros)

$C$ -Coeficiente de *Runoff*<sup>3</sup> (adimensional)

$A$ -Área de captação (na horizontal) (m<sup>2</sup>)

$\eta$ - Eficiência do sistema de captação<sup>4</sup>.

Ou

$$V_a = C_{esc}A \sum_{i=1}^{365} h_i \quad (2)$$

Onde (Bertolo & Simões, 2008b)

$V_a$ - Volume anual de água da chuva aproveitável (litros)

$C_{esc}$ - Coeficiente de escoamento (adimensional)

$h_i$ - Altura de precipitação diária (mm)

$A$ - Área de captação (m<sup>2</sup>)

### 2.5.3 “First Flush”

Intitula-se de “*First Flush*” o desvio das primeiras águas captadas na cobertura dos edifícios. Esta é suficiente para carregar poeiras, folhas e outros detritos existentes nos telhados, diminuindo significativamente a sua qualidade. O

---

<sup>3,4</sup> Ver Anexo



volume de água a desviar pode ser equacionado, tendo por base três critérios: i) volume ii) tempo iii) pré definição mediante área de captação.

No que diz respeito ao critério de volume, o volume de água pluvial a desviar poderá ser obtido pela seguinte expressão (ANQIP, 2009a):

$$V_d = P_f \cdot A \quad (3)$$

Em que :

$V_d$  - Volume a desviar (litros)

$P_f$  - Altura de precipitação admitida para o “*First Flush*” (mm)

$A$  - Área de captação (m<sup>2</sup>)

Relativamente o critério de tempo, é necessário desviar um volume mínimo correspondente aos 10 primeiros minutos de precipitação. Este valor pode ser inferior, mas nunca abaixo dos 2 min. Isto quando o intervalo entre chuvadas não excede os 4 dias.

No que concerne ao critério empírico, os valores para o “*First Flush*” variam de 0,4l/m<sup>2</sup> de telhado a 8l/m<sup>2</sup> conforme o local. Se não existirem dados concretos é usual recorrer-se ao valor de 2l/m<sup>2</sup> (Tomaz, 2009).

#### 2.5.4 Métodos de dimensionamento

Existem inúmeros métodos de cálculo para o dimensionamento do volume reservatório de águas pluviais. Dependendo do país e do tipo de dimensionamento poderemos adotar diversos métodos<sup>5</sup>, designadamente, o *Método simplificado Alemão*; o *Método prático Inglês*; o *Método simplificado Espanhol*; o *Método prático do professor Azevedo Neto* ou o *Método de Rippl*. Estes baseiam-se nos mesmos princípios, conquanto o grau de rigor não é idêntico em todos. Os métodos práticos ou simplificados são usados em situações mais usuais, onde as áreas de captação não são elevadas e onde o rigor não é, em absoluto, um parâmetro chave, contrastando porém, com grandes áreas de captação, em que são requeridos sistemas mais complexos. Nestas circunstâncias, é necessário recorrer a métodos semelhantes ao de *Rippl*.

---

<sup>5</sup> Ver anexo

## **Capítulo 3 | Desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo automático**

<b>Sumário</b>	Neste capítulo, apresentam-se os conceitos e pressupostos, a análise económica e desenvolvimento conceptual da ferramenta de cálculo automática
----------------	---



### 3 Desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo automático

#### 3.1 Conceitos e pressupostos

Reiterando o supracitado, existem inúmeros métodos para o cálculo dos reservatórios de água da chuva. Estes nem sempre apresentam os mesmos valores para uma mesma situação, sendo, por vezes, muito díspares. Reforça-se a ideia de que nem todos recorrem às mesmas variáveis, tornando-se difícil ter a percepção de qual é o valor mais correto a adotar para o volume do reservatório.

Podemos confirmar esta adversidade, adotando um simples exemplo prático, relatado de seguida. Assim, para um quadro hipotético em que:

Volume anual de água da chuva aproveitável	150m <sup>3</sup>
Consumos Unitários e Anuais por dispositivo ou utilização	110m <sup>3</sup>
Volume médio anual de precipitação (mm/ano)	1500mm/ano
Área de captação	100m <sup>2</sup>
Número de meses de pouca chuva	4

O volume útil estimado do reservatório será:

Método simplificado Alemão	6.6m <sup>3</sup>
Método simplificado Espanhol	10.7m <sup>3</sup>
Método simplificado Azevedo Neto	25m <sup>3</sup>
Método simplificado Inglês	7.5m <sup>3</sup>

Tanto o método Alemão e o Inglês apresentam valores muito idênticos. Já o Espanhol e o método Simplificado Azevedo Neto apresentam valores díspares relativamente aos dois primeiros.

Numa situação real, análoga à apresentada, o projetista está perante a um conflito patente que terá que optar ou por um reservatório grande capacidade ou por um menor, ou seja, tendo estas possibilidades, todas elas válidas, ter-se-ia que ter a sensibilidade de perceber qual o volume de reservatório mais correto a adotar. Um de maior volume, encarecendo bastante o sistema, ou um de menor volume, aumentando o volume de água da rede necessária para o suprimento. Deste modo, ter-se-ia que ponderar se seria mais viável aumentar o volume do suprimento de água da rede para colmatar os consumos existentes, pelo que aumentaria o valor da fatura mensal de água ou será mais viável aumentar o volume do tanque, com um custo adicional. O cálculo deste balanço poderá ser bastante complexo em edifícios de grande dimensão. Para um estudo, mais pormenorizado e preciso, é aconselhada a aceitação de métodos similares ao de *Rippl*. Este permite elaborar uma análise do volume de água da chuva aproveitável versus consumos domésticos, tornando mais visível quais os dias ou meses em que haverá uma maior necessidade de consumo e quais as variações do volume de água no reservatório, ao longo do período de tempo em estudo. Assim, conseguir-se-ia estimar a quantidade de água potável necessária, na eventualidade de o volume de água pluvial não ser suficiente para colmatar as necessidades existentes.

Esta análise poderá ser diária ou mensal, no entanto a abordagem diária não será a mais assertiva, isto porque é extremamente difícil obter, por antecipação, os valores de precipitação diária de um local e, dadas estas contingências, o erro associado a esses valores é elevado.

Assume-se assim, que a opção que levará à obtenção de melhores resultados corresponderá à análise dos valores médios de precipitação mensais. A ferramenta de cálculo apresentada nesta dissertação tem a capacidade de proceder a este estudo de forma automática, inovando deste modo, na facilidade de utilização, tornando mais inteligível e menos moroso o cálculo otimizado deste tipo de reservatórios.

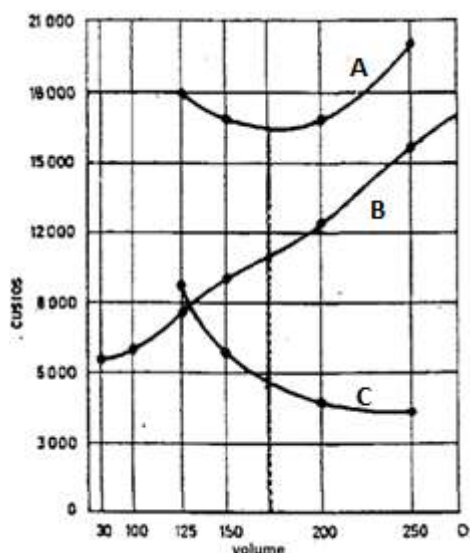
A metodologia desenvolvida tem por base o método de *Rippl*, diferenciando-se na forma de obtenção do volume ótimo do reservatório. A dimensão definida resulta do estudo compatibilizando o preço do tanque, para os diferentes volumes existentes no mercado, com o custo por metro cúbico de água potável da rede pública indispensável para colmatar o suprimento

Visto que uma das variáveis deste método é baseada nos consumos unitários por dispositivo ou utilização, é de reter que deve atender-se ao fator probabilístico, dado que as rotinas diárias de um indivíduo podem alterar-se, mudando todos os pressupostos pré-estabelecidos do cálculo.

### 3.2 Análise Económica – custo e retorno financeiro

No contexto da implementação de sistemas AAP, a escolha do tipo e a capacidade do reservatório são condicionadas por razões de ordem económica.

Na realidade, o balanço entre o volume de água versus suprimento de água é crucial, verificando-se que, a soluções de menor investimento inicial (tanques de volume mais reduzido) podem responder às solicitações de maior custo de exploração (maior consumo de água da rede). Sendo que o custo total pode ser traduzido pelo somatório do investimento inicial + custo do volume de água necessário para suprimento. De assinalar que estes apresentam tendências de crescimento de sentido inverso, observável na Figura 15. O mínimo da função traduzida pelo somatório atrás descrito corresponderá ao volume ótimo do reservatório a adotar.



- A) Curva do Valor Ótimo
- B) Custo do Tanque
- C) Custo do Suprimento

Figura 15 - Comparação gráfica de custos versus volume para determinação do tanque ótimo.

Adaptado (Silva-Afonso, 1992)

Silva-Afonso (1992) é de opinião que os componentes económicos considerados em qualquer análise de custos são o equivalente ao investimento inicial, à taxa de juro, aos encargos de exploração e conservação e à

amortização. As comparações de custos podem ser realizadas por dois processos, mais concretamente, por atualização em relação ao ano zero de todos os custos ou por comparação de encargos anuais. Neste último, traduz-se todos os custos de investimento e exploração em anuidades. Nas situações em que se verifique uma ligeira inflação, esta tem de ser tomada em atenção na análise de custos. Supondo que não é contabilizada, provocaria erros de considerável dimensão. De uma forma simplista, pode afirmar-se que o dinheiro vai “perdendo valor” com o decorrer dos anos, não podendo servir como referência constante para a análise de custos e atividades que se desenvolvem ao longo dos anos (Silva-Afonso, 1992).

Em síntese, digamos que existe a necessidade de reportar os custos a valores constantes que, neste aspeto, convergem para os preços de um ano base. Deste modo, introduz-se então no cálculo, além das taxas de atualização, as taxas de inflação.

A diferença entre os valores destas, em períodos normais, ronda os 5%, contudo, na prática a tendência é a do aumento significativo do preço da água, prevendo-se que este seja superior à inflação nos anos que se avizinham.

Como referenciado, no decurso deste capítulo, atesta-se que os componentes económicos julgados em qualquer análise de custos correspondem ao investimento inicial, à taxa de juro, aos encargos de exploração e conservação e à amortização, sendo que a taxa de juro representa o custo da utilização do dinheiro. Mais concretamente, o juro identifica o prémio expresso como percentagem do capital, para uma determinada unidade de tempo, posto à disposição.

Considerando a ausência de inflação, sendo  $j$  a taxa de juro e  $P$  o capital posto à disposição, no final do ano, o juro será equivalente ao produto entre ambos, ou seja:

$$j \times P \tag{4}$$

Este montante continuará a render juros anualmente e assim teremos:

$$P + j \times P = P \times (1 + j) \tag{5}$$

No final do segundo ano, este capital continuará a render juros de valor igual a:

$$j \times [P \times (1 + j)] = j \times P \times (1 + j) \quad (6)$$

O capital total nesse segundo ano será de:

$$P \times (1 + j) + j \times P \times (1 + j) \quad (7)$$

Simplificando, teremos:

$$P(1 + j)^2 \quad (8)$$

Analogamente, para  $n$  anos, o valor em dinheiro que o investidor obterá  $F$ :

$$F = P \times (1 + j)^n \quad (9)$$

Modificando esta, conseguiremos a equação conhecida dos “juros compostos”

$$P = \frac{F}{(1 + j)^n} \quad (10)$$

Esta equação traduz-nos o valor de um qualquer capital  $F$  existente daqui a  $n$  anos com a taxa de juro  $j$ .

Não obstante, na expressão anterior não está perspectivado o valor da inflação. Em face disso e nesse sentido, considerando  $G$  como o valor inicial da obra (para o ano zero), teremos:

$$H = G \times (1 + i)^0 \quad (11)$$

Comparativamente, para  $n$  anos obteremos:

$$H = G \times (1 + i)^n \quad (12)$$

Defendendo que a taxa de juro  $j$  tem em conta a inflação e seja  $r$  a taxa de juro sem inflação, o dinheiro recebido ao final de  $n$  anos para um capital inicial de  $P$  será:

$$F = P \times (1 + i)^n \times (1 + r)^n = P \times (1 + j)^n \quad (13)$$

Conclui-se então que:

$$j = i + r + i \times r \quad (14)$$



onde:

$$r = \frac{(j - i)}{(1 + i)} \quad (15)$$

Logo, o valor da atualização, atendendo à inflação será igual a:

$$V = \frac{H}{(1 + j)^n} \quad (16)$$

Substituindo H dado pela equação 12:

$$V = \frac{G(1 + i)^n}{(1 + j)^n} \quad (17)$$

Onde, para o caso em estudo:

$$V_{at} = \frac{P \times (1 + t)^n}{(1 + j)^n} \quad (18)$$

Sendo:

$V_{at}$  - Valor atualizado do custo da água (€)

$P$  - Custo de água (€/m<sup>3</sup>)

$t$  - taxa de aumento anual do custo da água (%)

$j$  - taxa de juro bancário (%)

Aplicando este conceito ao tema em questão, a influência que o Valor atualizado tem, no cálculo do “volume ótimo” do reservatório, é considerável. Para uma melhor compressão ir-se-á executar uma simulação para um caso hipotético, com o intuito de apurar o impacto que a taxa de aumento anual do custo da água ( $t$ ), a taxa de juro bancário ( $j$ ) e custo por m<sup>3</sup> de água terão na escolha de um reservatório ( $c$ ). Para isso ir-se-á simular com as seguintes variações: i) aumento de  $c$  com  $t$  e  $j$  constante ii) variando  $t$  com  $j$  e  $c$  constante iii) variando  $j$  com  $t$  e  $c$  constante.

De notar que em todas as análises feitas, a abordagem adotada é meramente matemática, não tendo em conta a água como um bem essencial mas sim económico.

Para os valores adotados de custo por metro cubico de água não se contabilizaram as taxas adicionais a que esta está sujeita. De igual modo, só foi

contabilizado o preço do reservatório tendo-se excluindo o custo dos restantes componentes do sistema de AAP.

No caso doméstico, este pode representar 70% a 80 % do custo total de um sistema completo.

O caso hipotético escolhido, apresenta uma variação de consumo versus volume aproveitável de água da pluvial conforme a Figura 16 demonstra. As necessidades rondam, em média, os 7.45 m<sup>3</sup> mensais com uma precipitação média mensal de 99,75mm.

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Volume Aproveitável (m <sup>3</sup> )	Consumo Mensal (m <sup>3</sup> )	Disponibilidade Consumo (m <sup>3</sup> )	Diferença (m <sup>3</sup> )	Volume de Água no Reservatório (Início) (m <sup>3</sup> )	Volume de Água no Reservatório (Fim) (m <sup>3</sup> )	Suprimento (m <sup>3</sup> )
Outubro	120	12.96	8.53	4.43	4.43	0	4.43	0
Novembro	146	15.77	8.51	7.26	7.26	4.43	5.36	0
Dezembro	176	18.36	8.53	9.83	9.83	5.36	5.36	0
Janeiro	162	17.5	8.53	8.97	8.97	5.36	5.36	0
Fevereiro	146	15.56	8.48	7.51	7.51	5.36	5.36	0
Março	117	12.64	8.53	4.11	4.11	5.36	5.36	0
Abril	96	10.37	8.51	1.86	1.86	5.36	5.36	0
Mai	91	9.83	8.53	3.3	3.3	5.36	5.36	0
Junho	51	5.51	4.51	1	1	5.36	5.36	0
Julho	17	1.84	8.53	-4.69	0	5.36	0.67	0
Agosto	20	2.16	3.73	-1.57	0	0.67	0	0.69
Setembro	99	8.37	8.51	-0.14	0	0	0	2.14
<b>Total</b>	<b>1197</b>	<b>129.28</b>	<b>89.41</b>					<b>3.63</b>

Volume do Reservatório (m<sup>3</sup>): 5.36      Volume Ótimo do Reservatório (m<sup>3</sup>): 0.00  
 Aproveitamento de água pluvial total (m<sup>3</sup>): 86.37      96.61%

Figura 16 - Quadro de Análise do SAAP

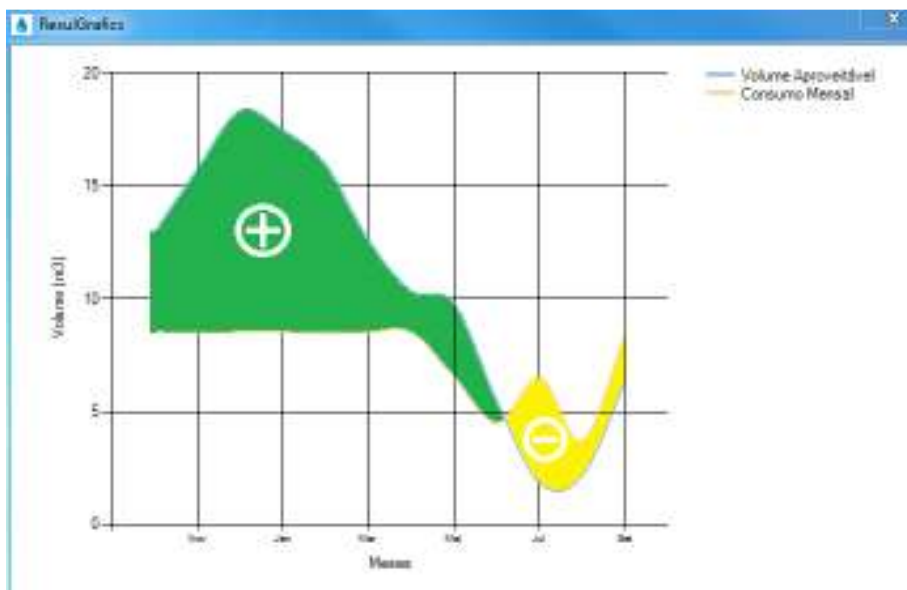


Figura 17 - Volume aproveitável (m<sup>3</sup>) versus Consumo mensal (m<sup>3</sup>) ao longo de um ano

i) aumento de  $c$  com  $t$  e  $j$  constante

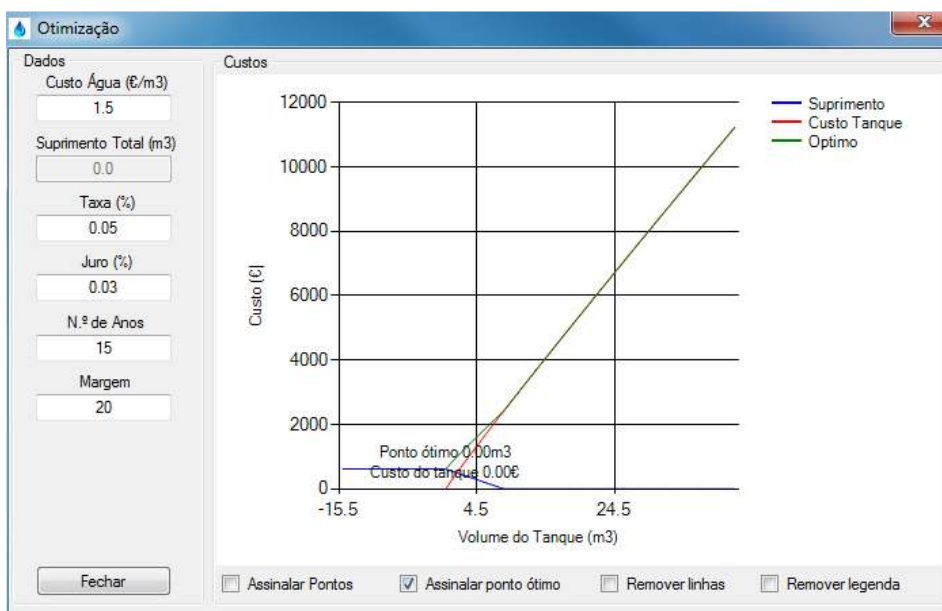


Figura 18 - Volume do reservatório ótimo para um custo 1.5€/m<sup>3</sup> água potável (15 anos retorno económico)

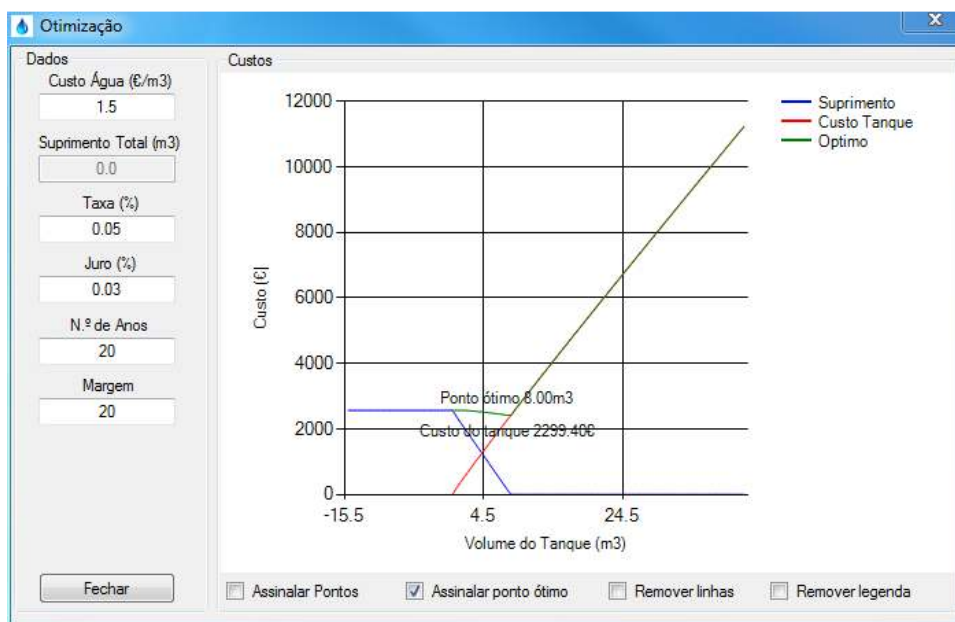


Figura 19 - Volume do reservatório ótimo para um custo 1.5€/m<sup>3</sup> água potável (20 anos retorno económico)

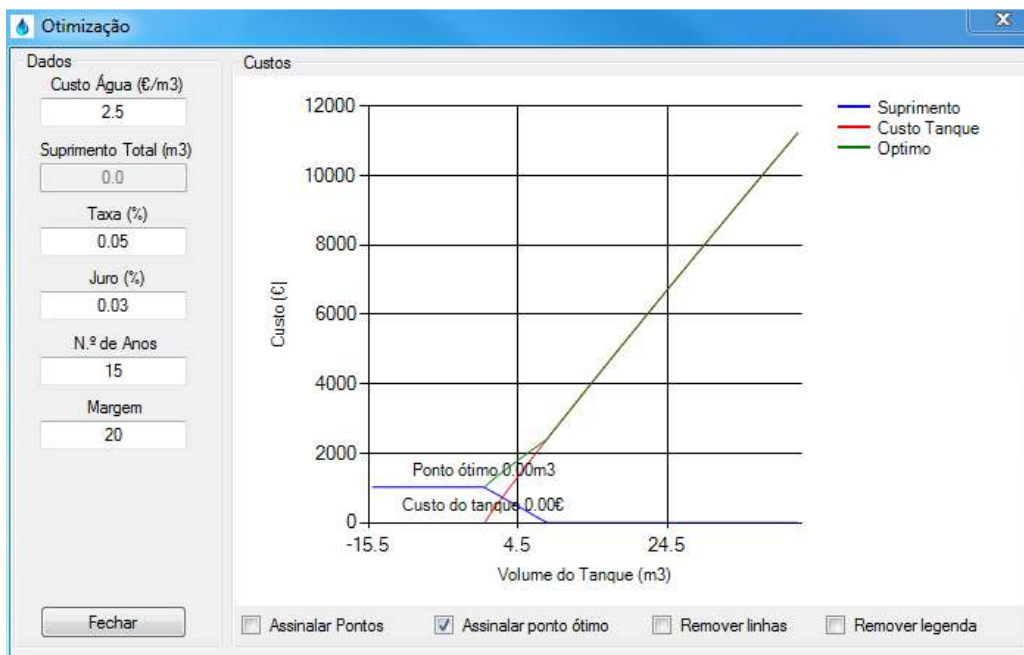


Figura 20 - Volume do reservatório ótimo para um custo 2.5€/m<sup>3</sup> água potável (15 anos retorno económico)

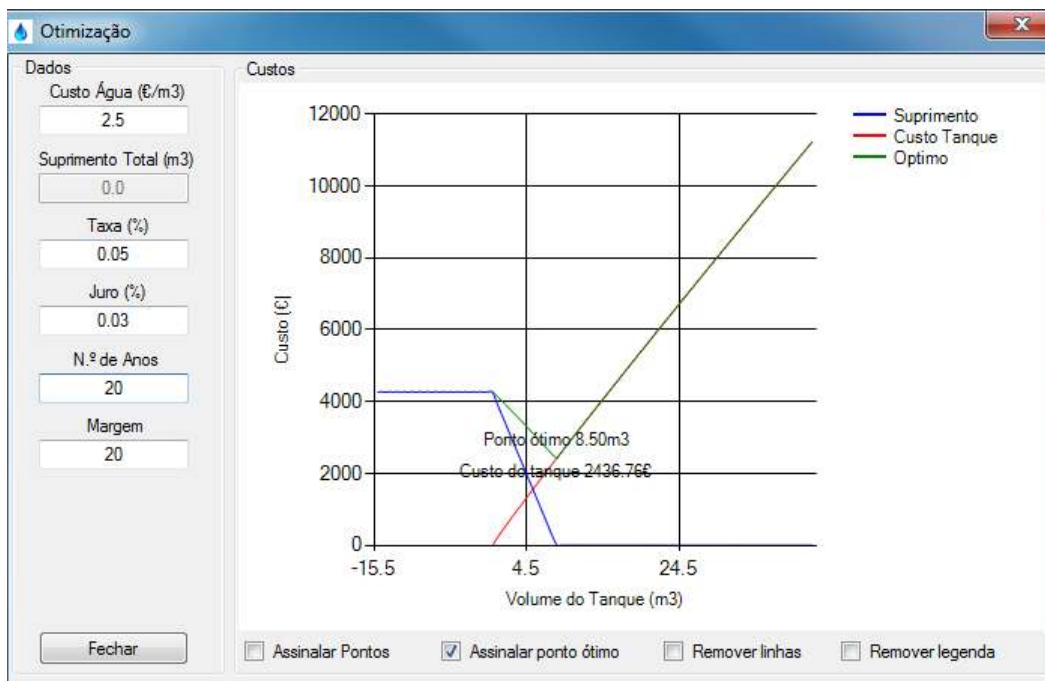


Figura 21 - Volume do reservatório ótimo para um custo 2.5€/m<sup>3</sup> água potável (20 anos retorno económico)

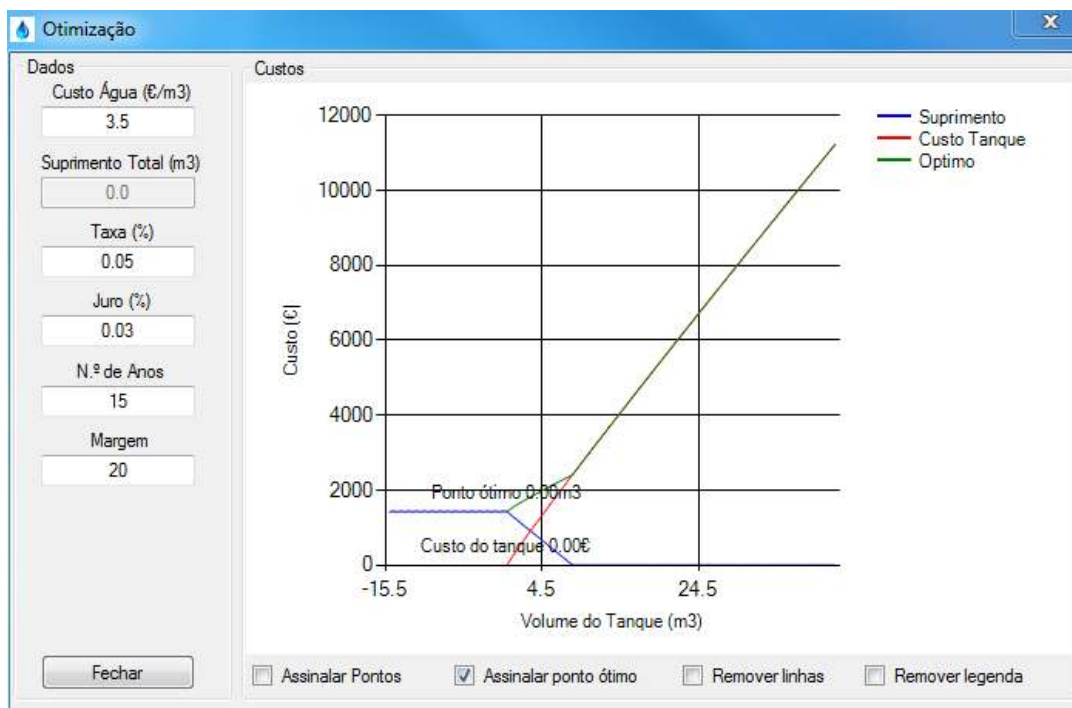


Figura 22 - Volume do reservatório ótimo para um custo 3.5€/m<sup>3</sup> água potável (15 anos retorno económico)

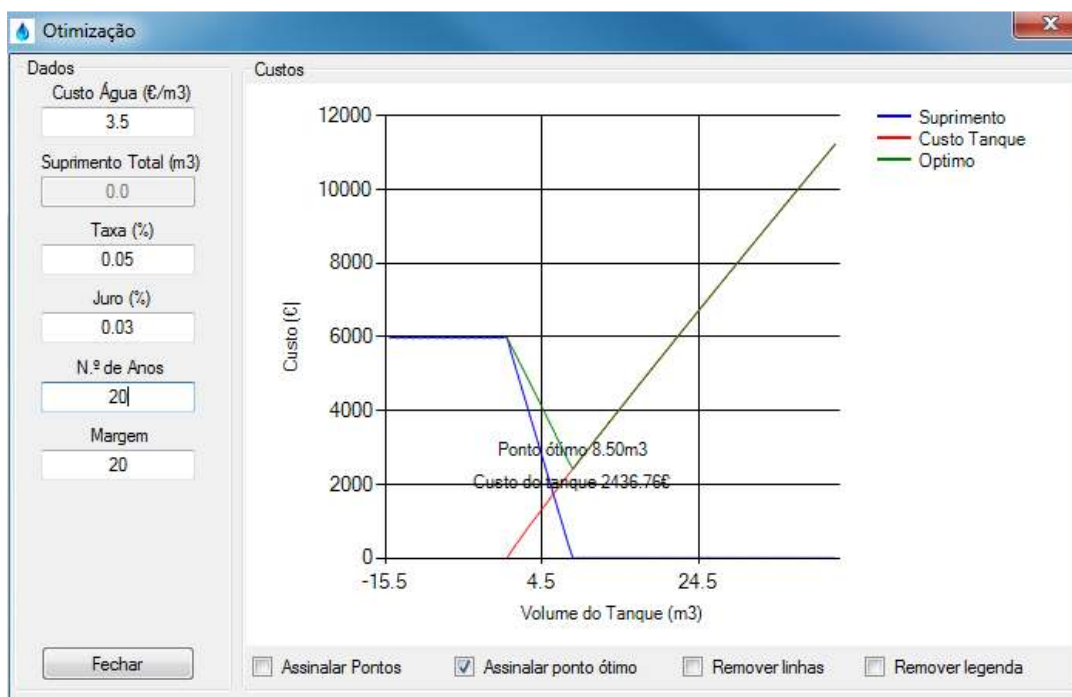


Figura 23 - Volume do reservatório ótimo para um custo 3.5€/m<sup>3</sup> água potável (20 anos retorno económico)

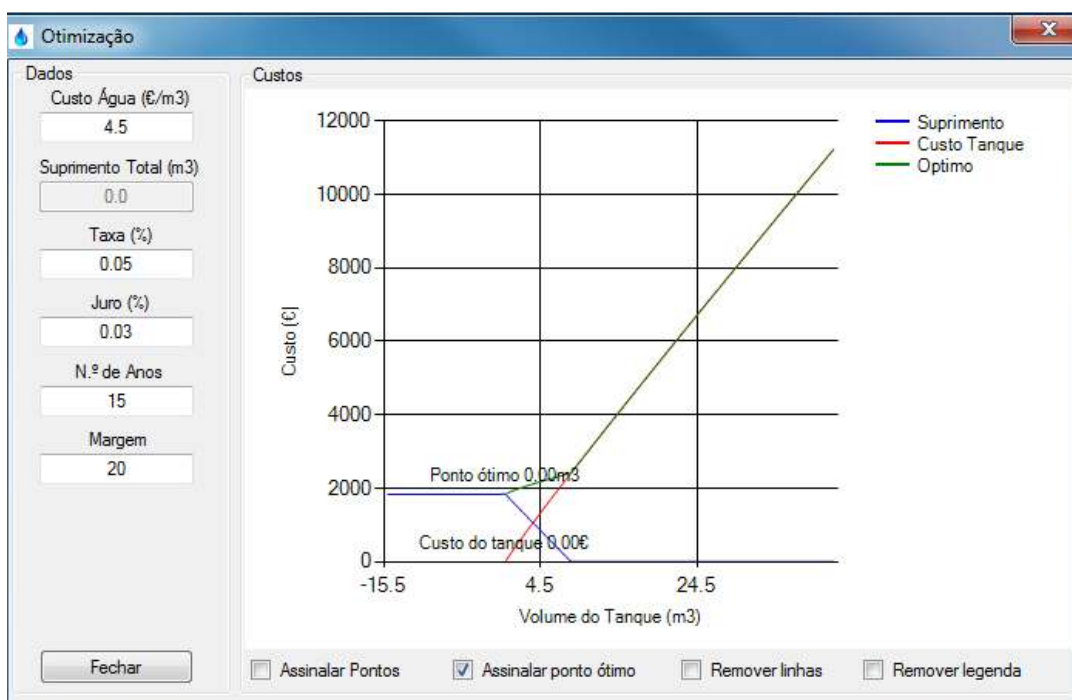


Figura 24 - Volume do reservatório ótimo para um custo 4.5€/m<sup>3</sup> água potável (15 anos retorno económico)

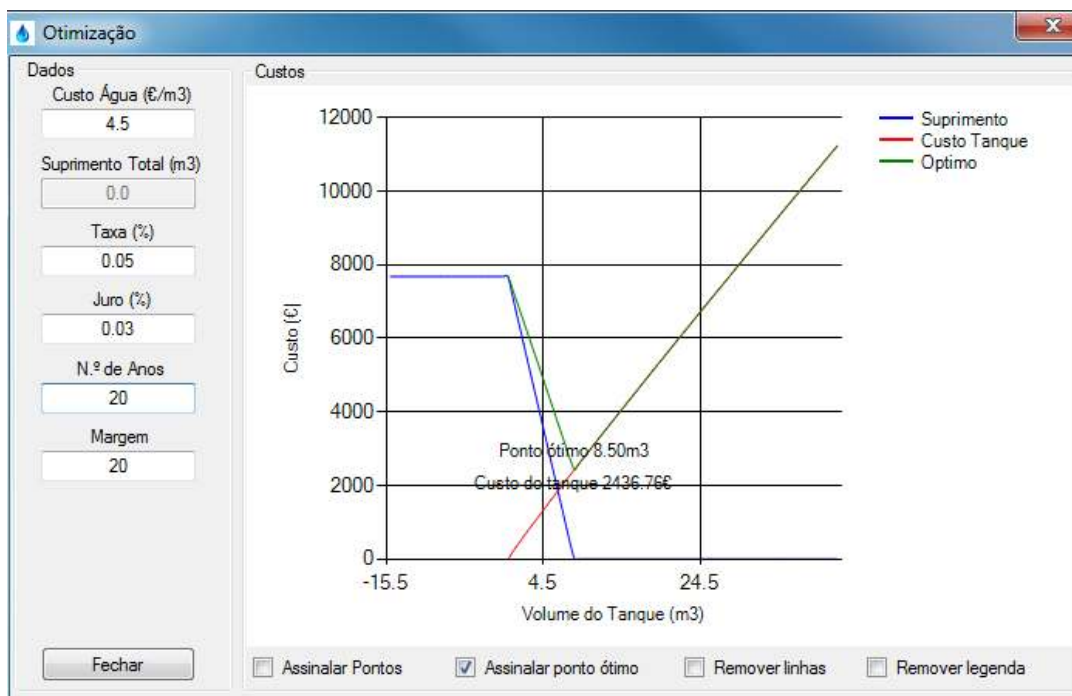


Figura 25 - Volume do reservatório ótimo para um custo 4.5€/m<sup>3</sup> água potável (20 anos retorno económico)

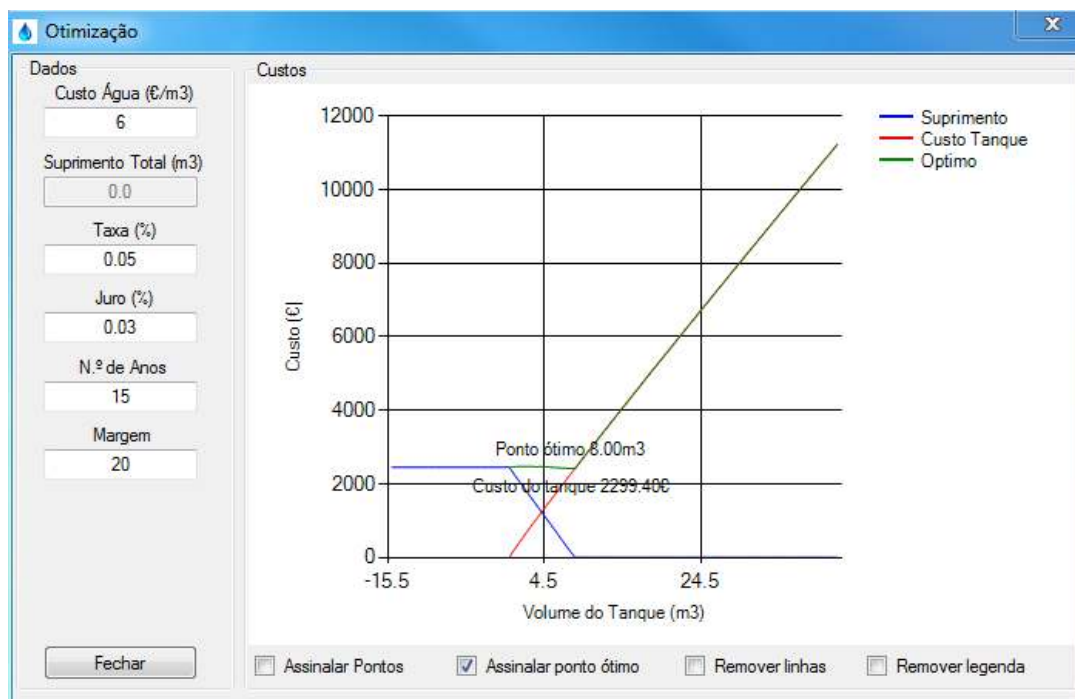


Figura 26 - Volume do reservatório ótimo para um custo 6.0 €/m<sup>3</sup> água potável (15 anos retorno económico)

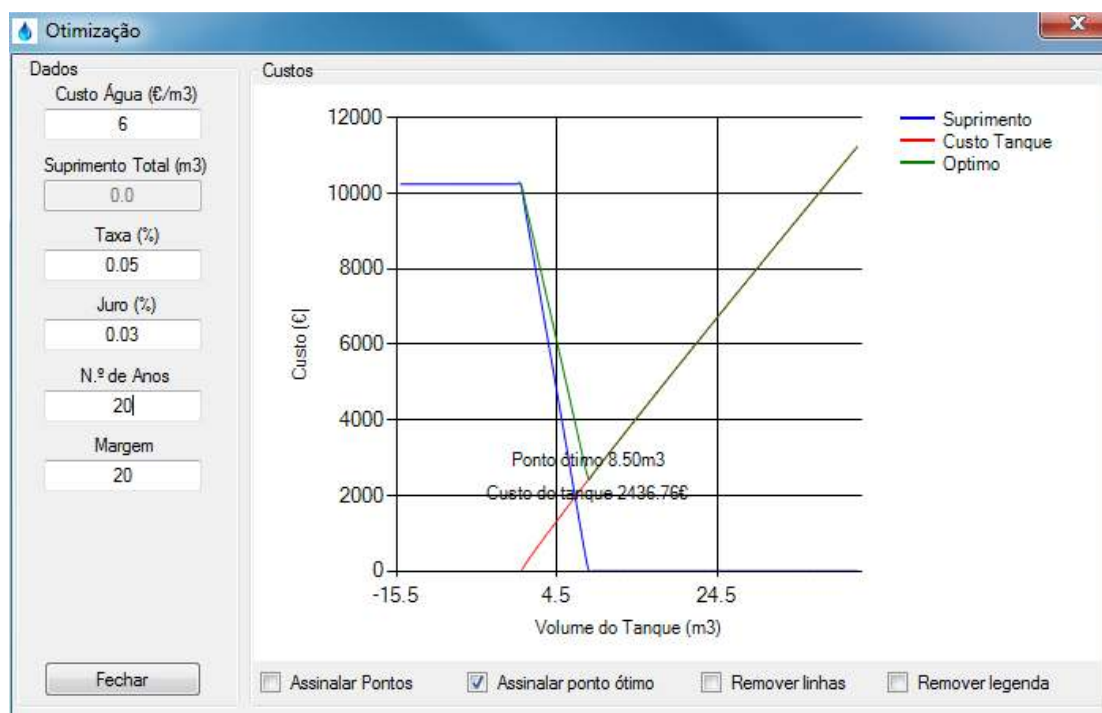


Figura 27 - Volume do reservatório ótimo para um custo 6.0 €/m<sup>3</sup> água potável (20 anos retorno económico)

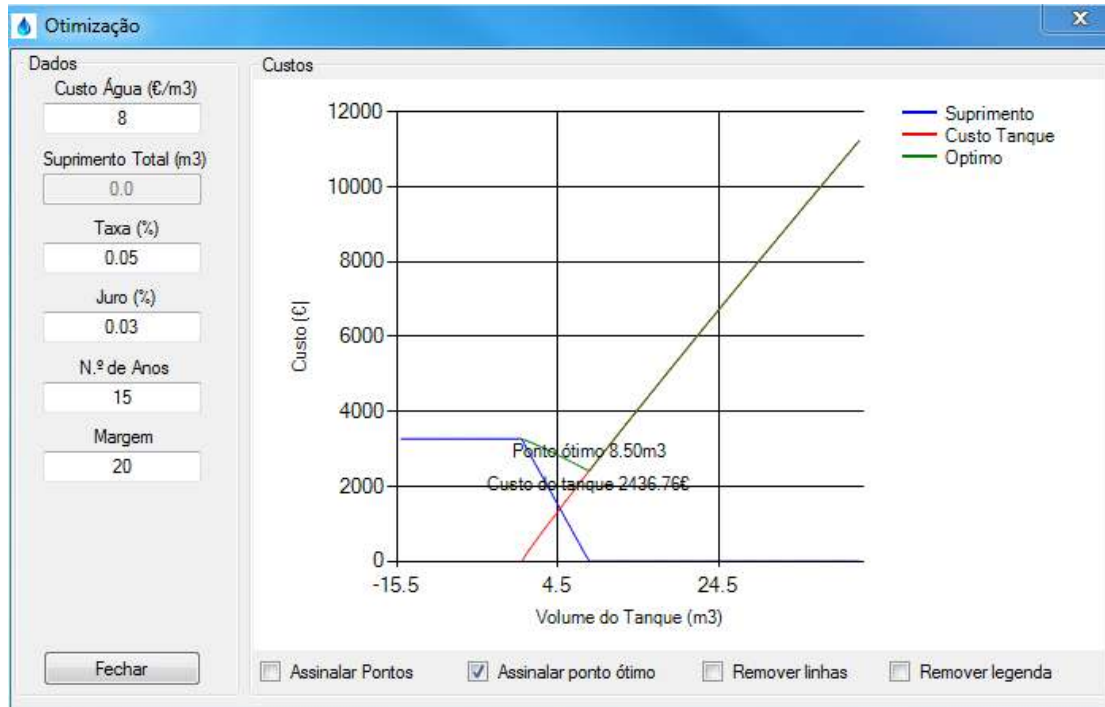


Figura 28 - Volume do reservatório ótimo para um custo 8,0€/m<sup>3</sup> água potável (15 anos retorno económico)

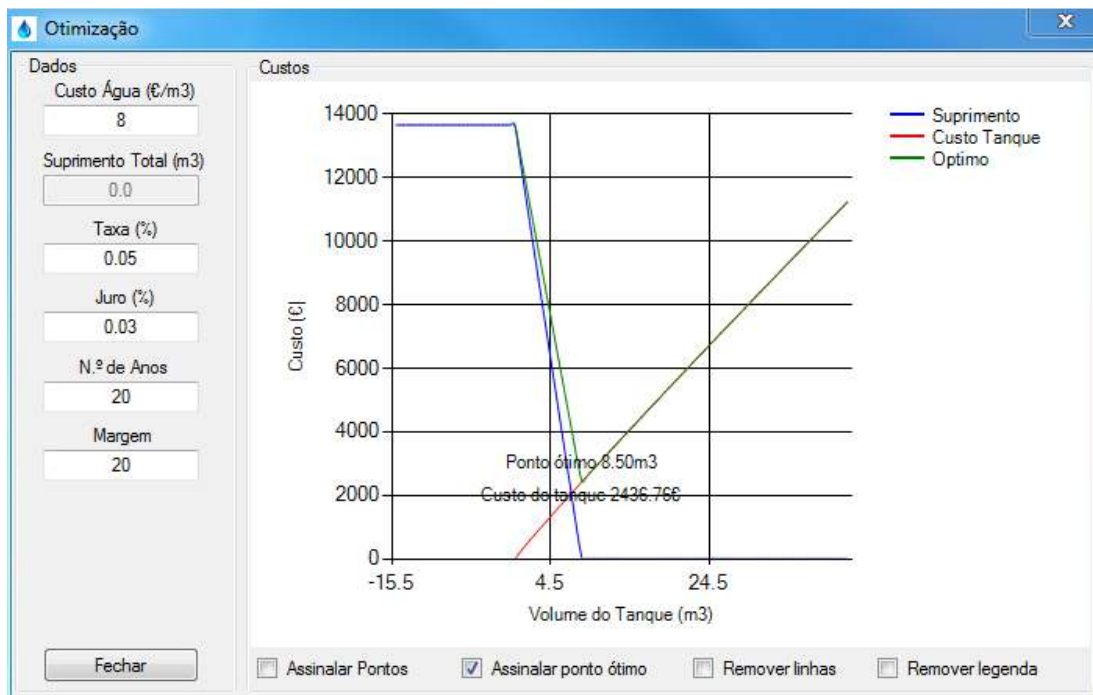


Figura 29 - Volume do reservatório ótimo para um custo 8,0€/m<sup>3</sup> água potável (20 anos retorno económico)



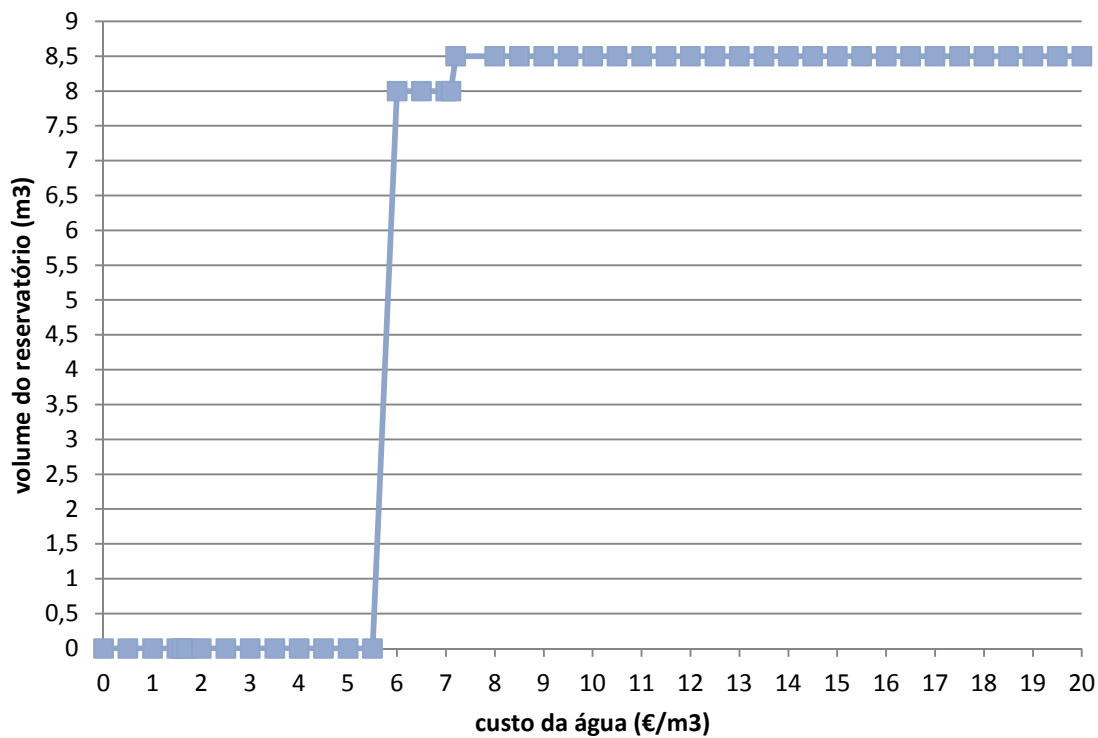


Figura 30 - Análise custo água versus Volume de reservatório (para 15 anos)

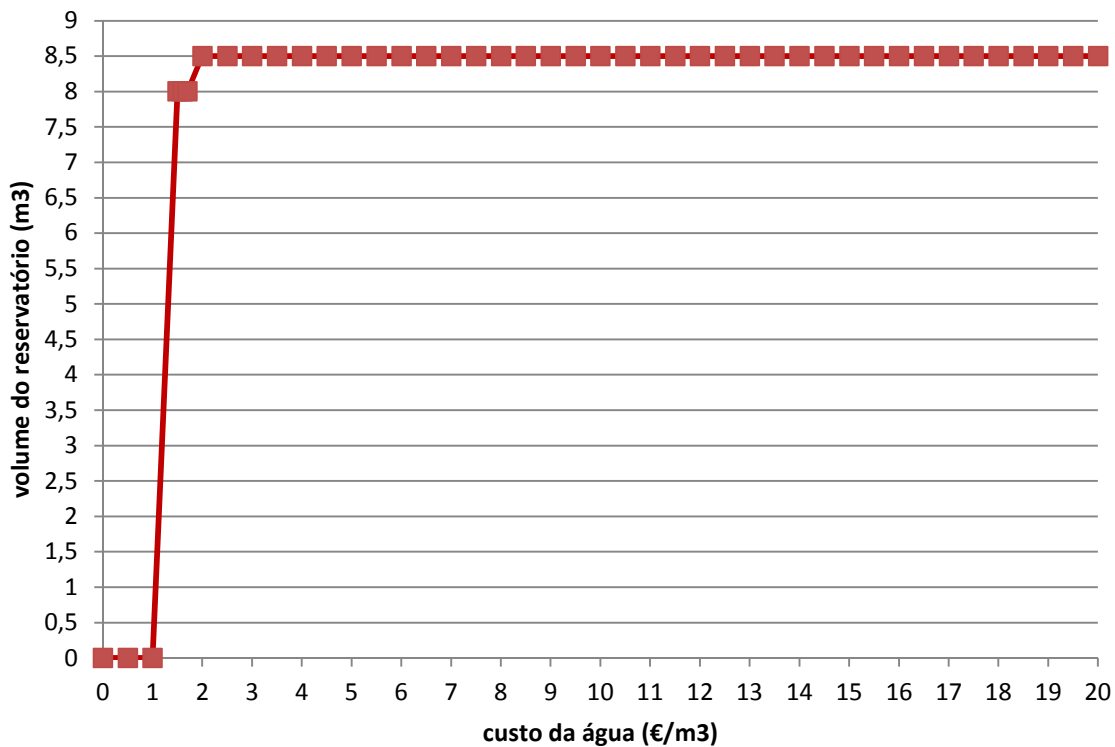


Figura 31 - Análise custo água versus Volume de reservatório (para 20 anos)

Tabela 2- Comparação custo água versus volume reservatório para 15 e 20 anos

Análise 15 anos		Análise 20 anos	
Custo água (€/m <sup>3</sup> )	Vol. Reserv. (m <sup>3</sup> )	Custo água (€/m <sup>3</sup> )	Vol. Reserv. (m <sup>3</sup> )
5.5	0.0	1.0	0.0
6.0	8.0	1.5	8.0
7.2	8.5	2.0	8.5

Para este exemplo e após uma análise mais cuidada, é visível que para um estudo de retorno do investimento a 15 anos, o “payback” só existirá caso o valor da água da rede pública tenha um valor superior a 5.5 €/m<sup>3</sup>, o que, presentemente em Portugal, é uma hipótese a descartar, visto este rondar os 1.5 €/m<sup>3</sup> a 2.5 €/m<sup>3</sup>.

No entanto, se se aumentar o tempo de retorno do investimento para 20 anos, os resultados já serão diferentes como poderemos verificar na Figura 31. Assim para valores superiores a 1,5€/m<sup>3</sup> de água da rede, já é viável adotar este tipo de sistemas, sendo que à medida que o valor de custo da água aumenta a escolha incide para um tanque de volume superior. De notar, que tanto para a análise a 15 como a 20 anos, ao contrário do que seria de esperar, a oscilação não é muito acentuada e tende a estabilizar sempre que o ponto ótimo é coincidente com o seu homologa na linha do custo do tanque. Ou seja, estamos perante uma situação onde o custo da água não é o fator crucial para a escolha deste, mas sim o custo do próprio.

Esta situação é visível nas figuras 30 e 31, através do aumento abrupto do volume do tanque.

ii) variando  $t$  com  $j$  e  $c$  constante

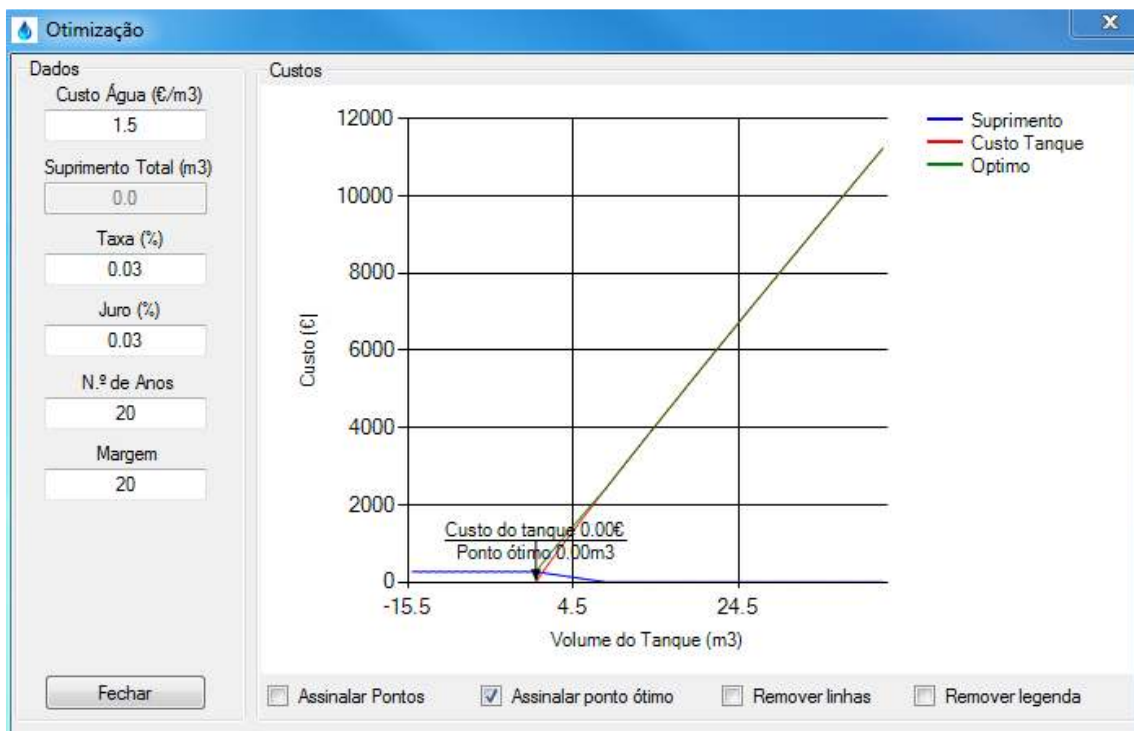


Figura 32 - Análise de  $j=3\%$  ,  $t=3\%$  e  $c = 1.5\text{€/m}^3$

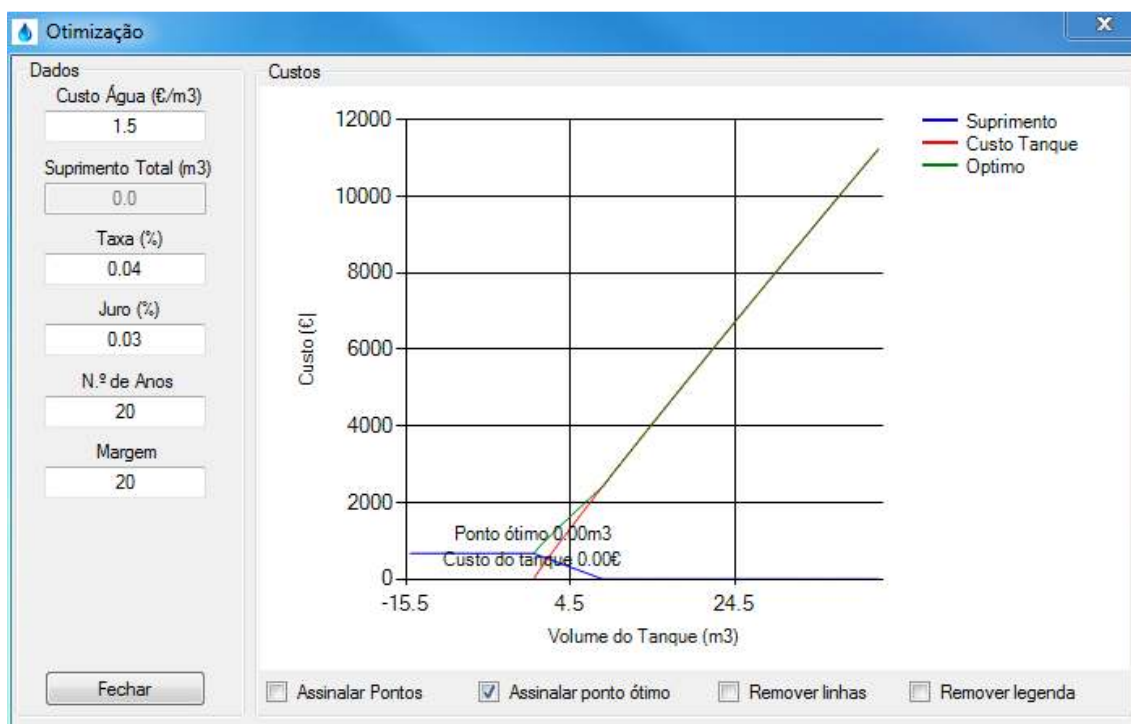


Figura 33 - Análise de  $j=3\%$  ,  $t=4\%$  e  $c = 1.5\text{€/m}^3$

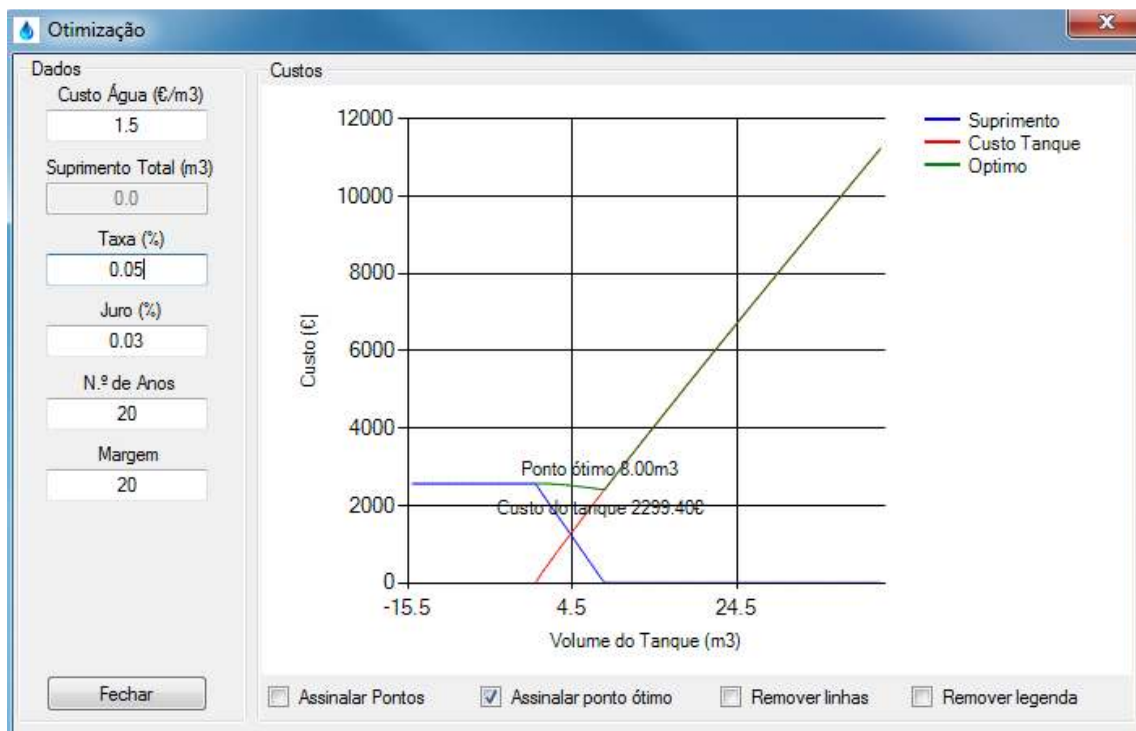


Figura 34 - Análise de  $j=3%$  ,  $t=5%$  e  $c=1.5€/m^3$

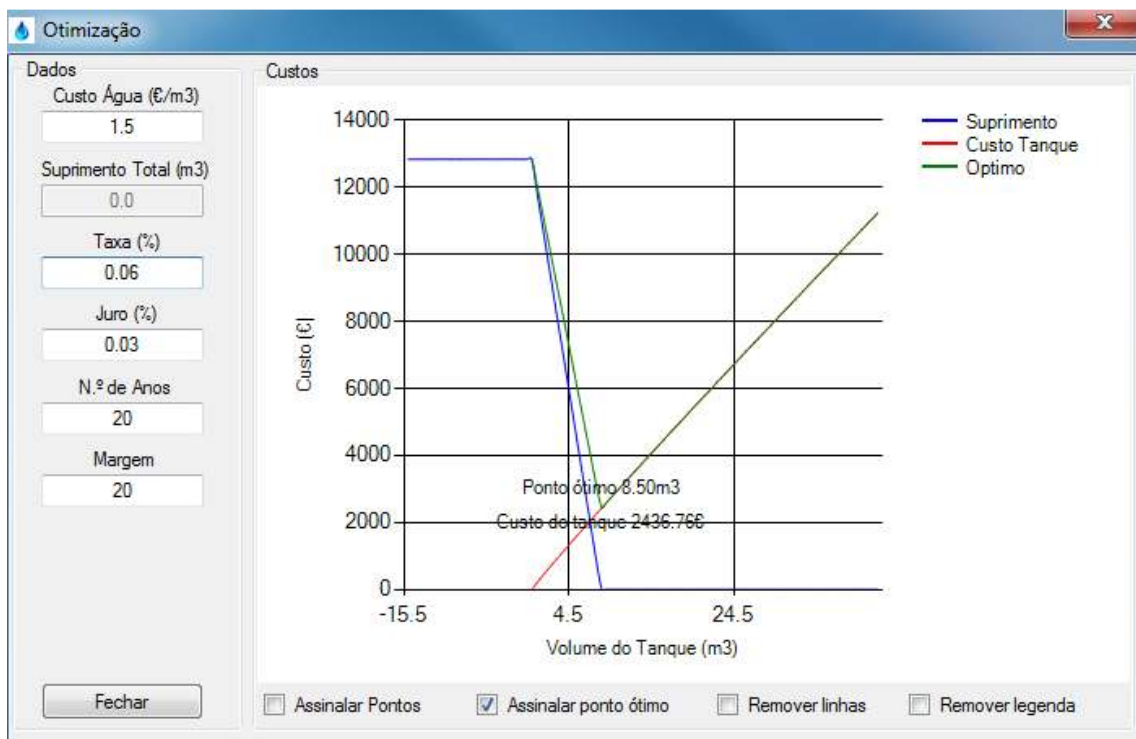


Figura 35 - Análise de  $j=3%$  ,  $t=6%$  e  $c=1.5€/m^3$

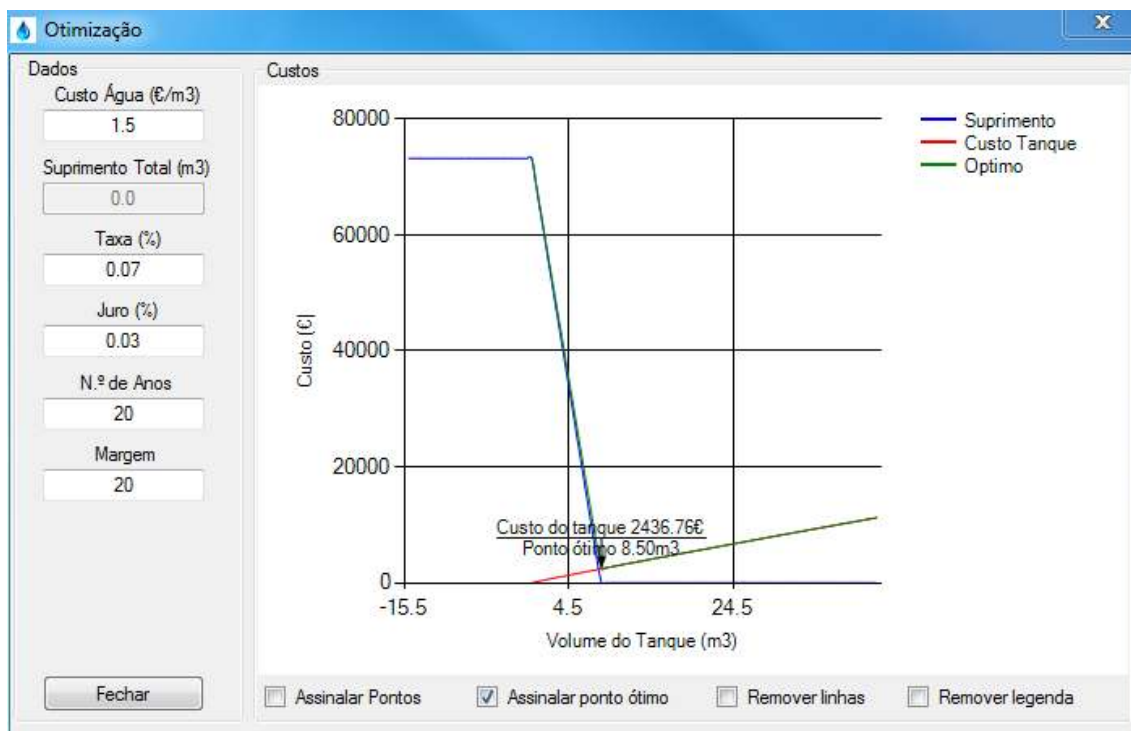


Figura 36 - Análise de  $j=3\%$  ,  $t=7\%$  e  $c = 1.5€/m^3$

Tabela 3- Comparação aumento de  $t$  versus volume reservatório

Análise 20 anos	
$t$ (%)	Vol. Reserv. (m <sup>3</sup> )
3%	0.0
4%	0.0
5%	8.0
6%	8.5
7%	8.5

Após esta segunda análise e mediante as condições referidas em ii), verifica-se que existe uma relação entre a taxa de aumento anual do custo da água ( $t$ ) e o volume do reservatório. Segundo os resultados obtidos, com o aumento da taxa ( $t$ ) o volume do reservatório também aumenta. Este aumento não é proporcional sendo que a partir de um determinado valor de ( $t$ ) o volume mantém-se constante, como podemos verificar na Tabela 3.

iii) variando  $j$  com  $t$  e  $c$  constante.

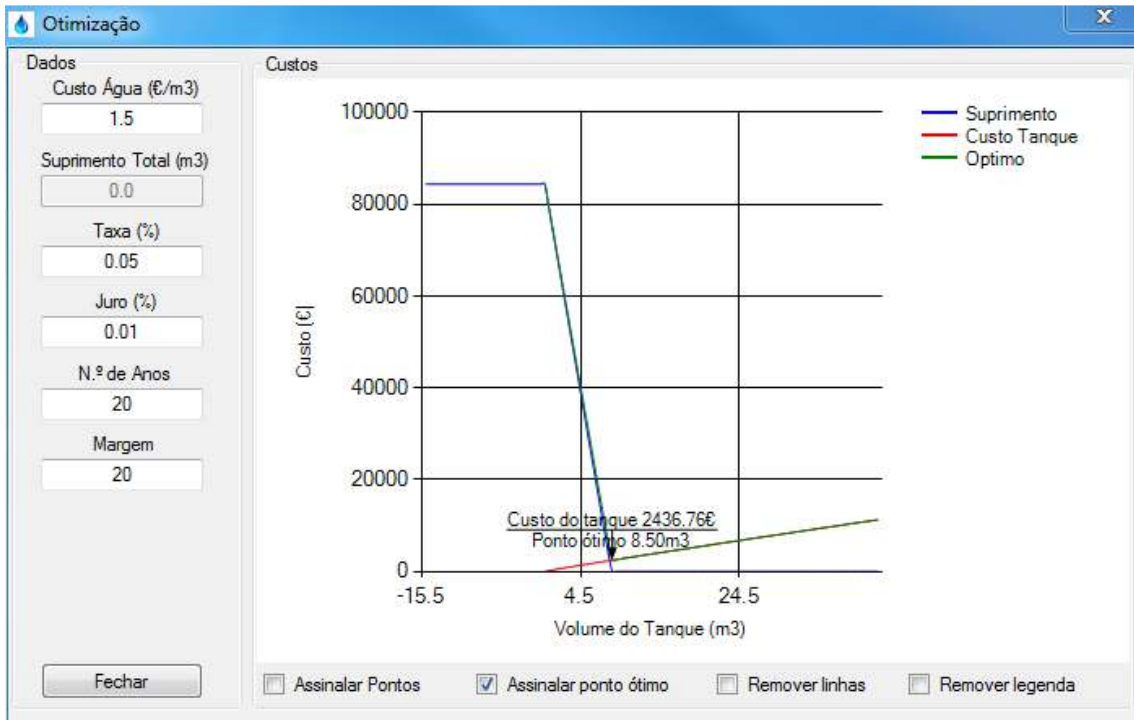


Figura 37 - Análise de  $j=1%$  ,  $t=5%$  e  $c=1.5€/m^3$

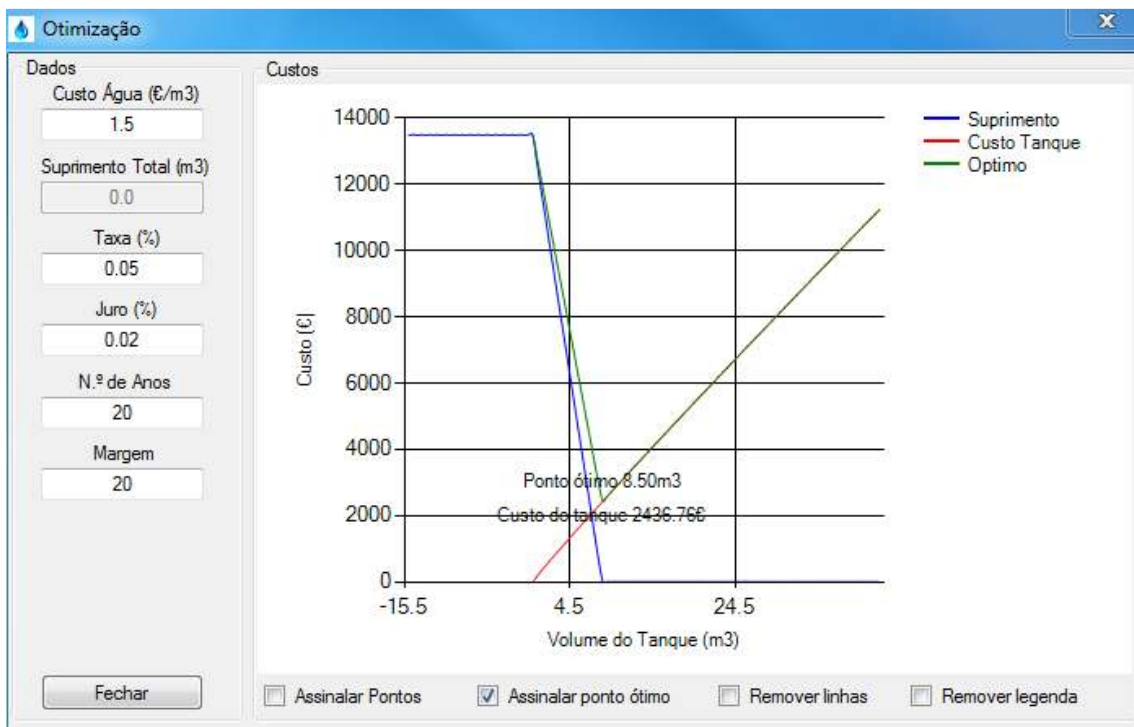


Figura 38 - Análise de  $j=2%$  ,  $t=5%$  e  $c=1.5€/m^3$

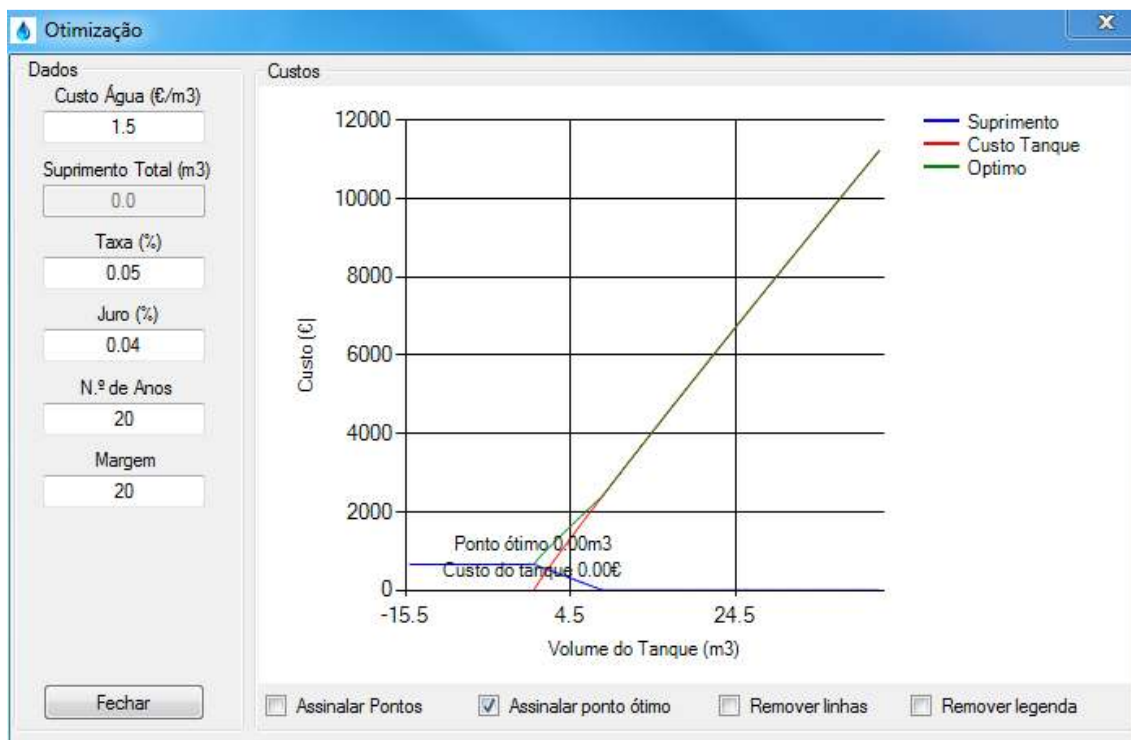


Figura 39 - Análise de  $j=4%$  ,  $t=5%$  e  $c = 1.5€/m^3$

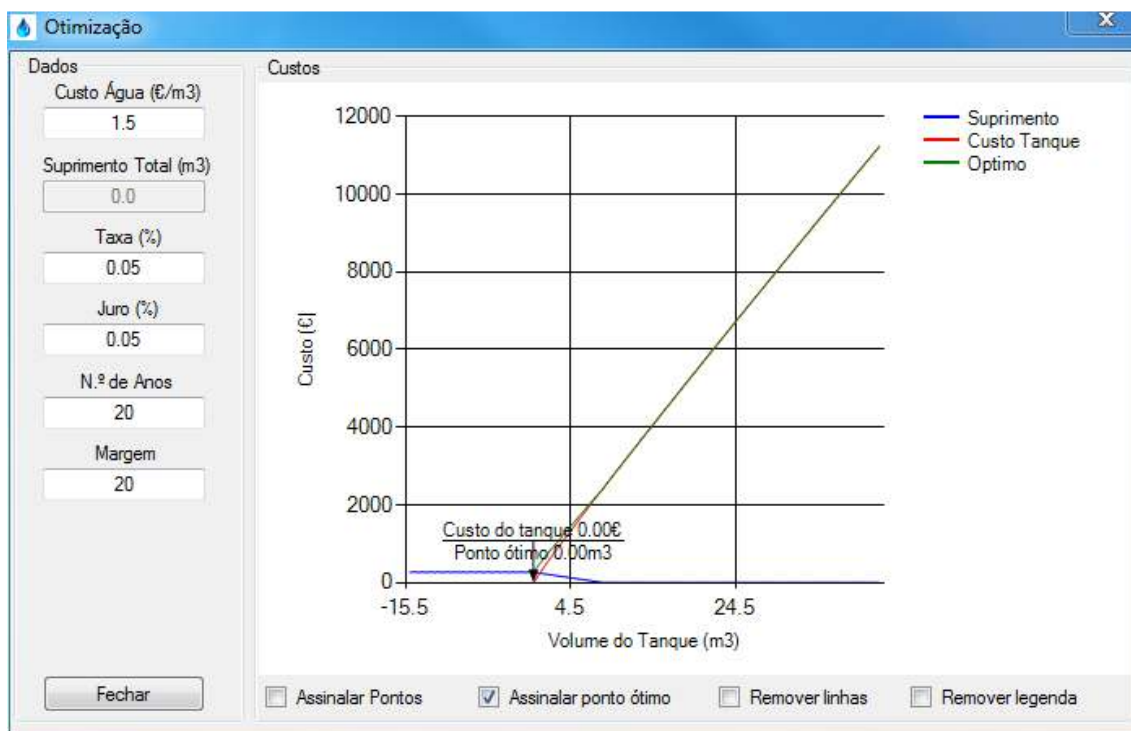
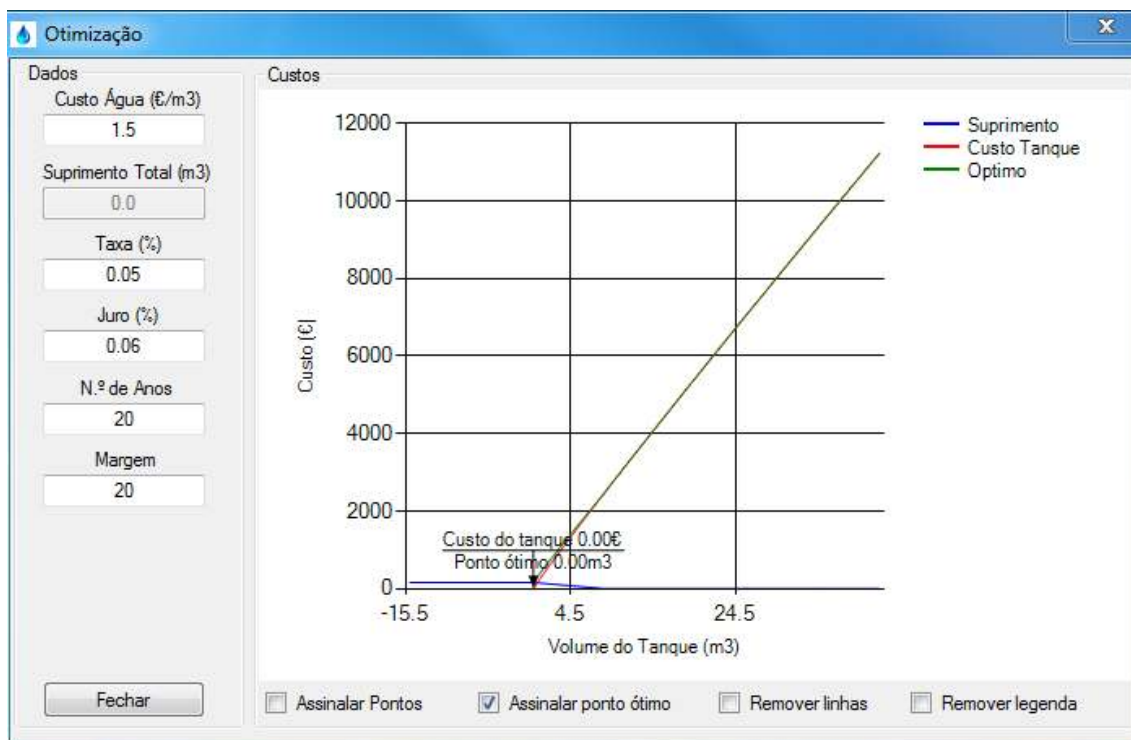


Figura 40 - Análise de  $j=5%$  ,  $t=5%$  e  $c = 1.5€/m^3$

Figura 41 - Análise de  $j=6%$  ,  $t=5%$  e  $c=1.5€/m^3$ Tabela 4- Comparação aumento de  $j$  versus volume reservatório

Análise 20 anos	
$j$ (%)	Vol. Reserv. ( $m^3$ )
1%	8.5
2%	8.5
4%	0.0
5%	0.0
6%	0.0

Após esta terceira análise e mediante as condições referidas em iii), também se verifica que existe uma relação entre taxa de juro bancária ( $j$ ) e o volume do reservatório. Segundo os resultados obtidos, com o aumento de  $j$  o volume do reservatório diminui. De igual modo, esta diminuição não é proporcional sendo que a partir de um determinado valor de ( $t$ ) o volume mantém-se constante, como podemos verificar na Tabela 4



### 3.2.1 Análise/conclusões

Após a análise dos valores gerados nos casos ii) e iii), verifica-se que com a subida da taxa  $t$ , estando o valor de  $j$  e  $c$  fixo, é preferível adquirir um tanque de maiores dimensões. Pois consideramos que o aumento da taxa da água será maior aumentando assim o seu preço no futuro. Sendo pelo contrário visível que estando o valor de  $t$  e  $c$  fixo, variando o de  $j$ , que a linha que nos fornece os valores para o tanque ótimo, deixa de ter um mínimo, deixando ao critério do projetista a escolha deste. No entanto o significado matemático desta situação corresponde à inviabilidade da compra do tanque; ou seja, é preferível ao utente final adquirir água da rede. Verificou-se que para a adoção de um sistema de AAP ser viável, tendo em conta o tarifário de água praticado no território nacional, o valor de  $j$  não pode ser superior ao valor de  $t$ . Sendo que só se verifica o inverso, quando o custo da água toma valores muito elevados. Conclui-se também que só se justifica a adoção de um SAAP se o estudo for feito para vinte anos, sendo que abaixo deste só se o custo de água por metro cúbico da rede pública for igualmente bastante elevado.

### 3.3 Desenvolvimento conceptual

Para o dimensionamento do reservatório ótimo desenvolveu-se uma ferramenta de cálculo cuja linguagem é em C#.

Os dados introduzidos são automaticamente processados pelo programa, dando, ao projetista, em tempo real o volume ótimo do sistema mediante cada situação proposta.

O software está dividido em três separadores: o “*Main*”, “*Consumo Mensal*” e “*Resumo*”.

O “*Main*” corresponde ao quadro de introdução de valores de carácter geral, como precipitações mensais, área de captação, entre outros. No separador “*Consumo Mensal*” é onde o projetista insere individualmente, mês a mês, os consumos mensais previstos para o ano em estudo. Na secção de “*Resumo*”, aparece um quadro de resumo com todo o cálculo do dimensionamento do reservatório inclusive o volume deste e a opção de otimização do mesmo.

Na sua essência, este software, engloba quatro procedimentos base a ter em conta, que são eles

- Introdução dos valores de precipitação mensal (dados obtidos através do SNIRH<sup>6</sup>)
- Introdução dos valores de *Runoff* e eficiência hidráulica do sistema.
- Quantificação dos consumos mensais.
- Otimização do sistema.

### 3.4 Funcionamento do software

Como referenciado no ponto 3.3 do presente capítulo, o dimensionamento está dividido em três separadores englobando quatro grandes fases. Tomando como “*inputs*” os valores de entrada no software e “*outputs*” os de saída (resultados), passa-se a explicar mais pormenorizadamente o funcionamento deste software.

Primeiro Separador:

“*Inputs*”: Área de captação, Precipitação mensal, Nº de residentes, Tipo de Cobertura e Eficiência hidráulica.

“*Outputs*”: Gráfico de precipitação mensal (“Gráfico SNIRH”), Valor de *Runoff* e Eficiência hidráulica.

A primeira tarefa que o técnico terá de executar é a introdução dos valores da precipitação mensal no software. Estes poderão ser adquiridos na página de internet do SNIRH (2012) Aqui iremos obter os valores de precipitação mensal do local em estudo, conforme Figura 42.

---

<sup>6</sup> Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos



Figura 42 - Boletim de precipitação (SNIRH, 2012)

Após a análise do boletim, proceder-se-á à transcrição dos valores deste para o software, conforme assinalado a vermelho nas Figuras 42 e 43. Seguidamente ter-se-á que introduzir os valores de área de captação e o número de residentes que irão usufruir do sistema, conforme assinalado na Figura 43, a azul; prosseguindo-se à escolha do coeficiente de *Runoff* e eficiência hidráulica de filtragem, igualmente assinalado na mesma a verde. Na escolha do valor de *Runoff*, existem várias opções disponíveis, mediante o tipo de material que reveste a cobertura servirá o sistema em causa. De igual modo, na escolha do parâmetro da eficiência hidráulica do sistema está implementada uma lista de possibilidades que o projetista pode optar. Todos os valores propostos estão conforme a ETA0701 (ANQIP, 2009b).

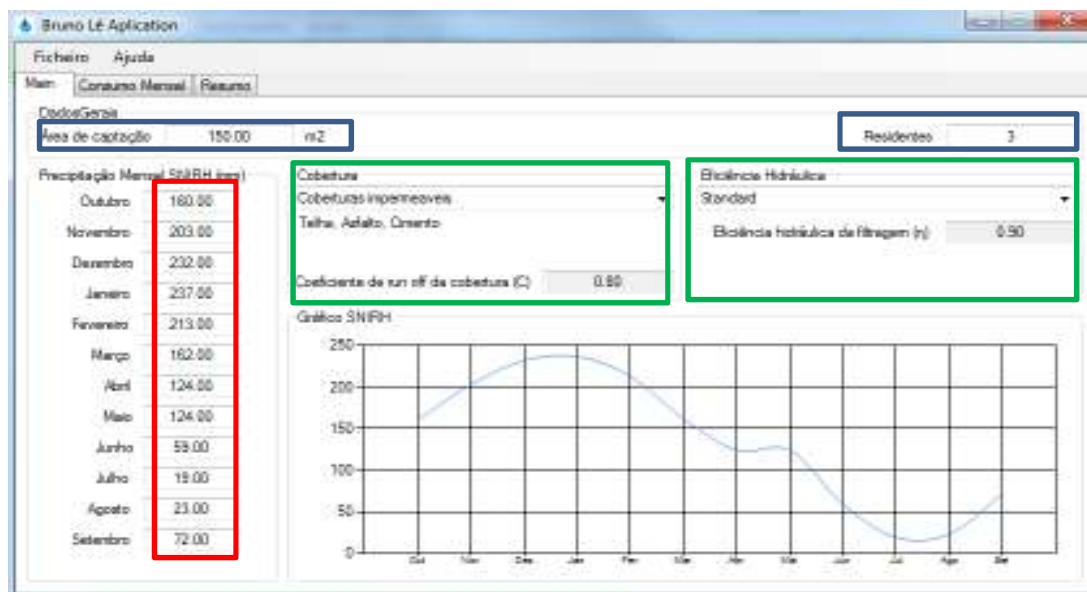


Figura 43 - Separador "Main" de Bruno Lé Application

Segundo Separador:

"Inputs":

(Sanitas) -Utilizações diárias, Quantidade, Eficiência Hídrica,

(Máquina lavar roupa) - Carga máquina lavar roupa, N° máquinas de lavar roupa, N° lavagens semanais

(Lavagens de pavimentos) – Litros/m<sup>2</sup>, área Lavagens mensais.

(Lavagem de automóveis) – Litros/automóvel , N° automóveis, lavagens mensais

"Outputs": Consumo Total.

Após o preenchimento dos dados gerais do primeiro separador ter-se-á que proceder ao preenchimento das tabelas assinaladas na Figura 44. Este passo é o mais importante para o dimensionamento de um SAAP. Aqui apura-se quais os consumos de água não potável, que os residentes do edifício, em estudo, usufruirão, mensalmente, durante um ano. Este passo terá que ser repetido para cada mês individualmente, permitindo assim um maior rigor no apuramento do volume total de água consumida, mediante todas as oscilações que poderão acontecer devido a situações de sazonalidade de utilização. Estas poderão estar na origem de : i) férias, ii) ausências temporárias dos residentes, iii) aumento do número de pessoas a usufruir do edifício, iv) outros.

The screenshot shows the SAAP Application interface. The title bar reads 'SAAP Application'. The menu bar includes 'Ficheiro' and 'Ajuda'. The main window has tabs for 'Main', 'Consumo Mensal', and 'Resumo'. A sidebar on the left lists months from 'Outubro' to 'Setembro'. The main content area is titled 'Mês de Setembro' and features a 'Consumo Total' box with the value '1856.33 litros'. Below this, there are three sections: 'Sanitas', 'Maquinas de Lavar Roupa', and 'Limpezas Gerais'. Each section contains input fields for various parameters and a 'Total' value.

Dispositivo	Utilizações Diárias	Quantidade	Eficiência Hídrica	Consumo (litros)
Dupla descarga	1	1	A++	510.00
Com interrupção de descarga	0	0	A+	0.00
Descarga completa	0	0	A	0.00
<b>Total</b>				<b>510.00</b>

Parâmetro	Valor	Total (litros)
Carga	5 Kg	
N.º Lavagens Semanais	1	
N.º Máquinas	1	
<b>Total</b>		<b>186.33</b>

Lavagem de Pavimentos		Lavagem de Automóveis	
<input checked="" type="checkbox"/> Standard litros/m2	5.00	<input checked="" type="checkbox"/> Standard litros/Automovel	80.00
Area	100 m2	N.º Automóveis	2
Lavagens Mensais	2	Lavagens Mensais	1
<b>Total</b>	<b>1000.00</b> litros	<b>Total</b>	<b>160.00</b> litros

Figura 44 - Separador “Consumo Mensal” de SAAP

No quadro “Sanitas” existem três opções correspondentes ao tipo descarga existente:

i) dupla descarga; ii) com interrupção; iii) descarga completa. Estando estas catalogadas mediante o tipo de eficiência hídrica, ou seja, o volume de água que esta despende para executar uma descarga. Estes valores estão conforme a ETA O8O4 (ANQIP, 2008).

O consumo mensal total proveniente da utilização das bacias de retrete foi calculado mediante a seguinte Equação 19:

$$C_{sanita} = N^{\circ}_{residentes} \times Util_{diárias} \times N^{\circ}_{sanitas} \times Eficiência\ hid. \times N^{\circ}_{dias\ mês} \quad (19)$$

Onde:

$C_{sanita}$  - Consumo sanita (l)

$N^{\circ}_{residentes}$  - nº de pessoas que usufruem do edifício (adimensional)

$Util_{diárias}$  - nº de vezes que os residentes usam o dispositivo (adimensional)

$N^{\circ}_{sanitas}$  - nº de sanitas que o edifício tem a uso (adimensional)

$Eficiência\ hid.$  - Quantidade de água despendida em cada descarga (l)

$N^{\circ}_{dias\ mês}$  - nº de dias correspondentes ao mês em estudo (adimensional)

Tabela 5-Valores do volume de descarga de sanita

Categoria de eficiência hídrica	Dupla descarga	Com interrupção de descarga	Descarga completa
A++	4.25	-	-
A+	5.00	4.25	-
A	6.25	5.00	4.25
B	7.25	6.25	5.00
C	8.75	7.25	6.25
D	-	8.75	7.25
E	-	-	8.75
STANDART	9.00	9.00	9.00

Os valores da Tabela 5, foram obtidos através da média dos valores da margem máxima de descarga, catalogados na ETA 0804 (ANQIP, 2008)

Analogamente existe um processo de cálculo para o calculo do consumo de máquinas de lavar roupa.

Assim para se apurar o consumo mensal derivado da utilização deste dispositivo pode-se adotar a Equação 20

$$C_{máq. Roupa} = Carga \times N^{\circ} Máquinas \times N^{\circ} lav. semanais \times N^{\circ} semanas \text{ mês} \quad (20)$$

Onde:

$C_{máq. Roupa}$  - Consumo máquina roupa (l)

$N^{\circ} máquinas$ - nº de máquinas de lavar roupa que o edifício tem a uso (adimensional)

$N^{\circ} lav. semanais$ - nº de vezes, semanal, que os residentes usam o dispositivo (adimensional)

$N^{\circ} semanas \text{ mês}$ - nº de semanas correspondentes ao mês em estudo (adimensional)

$Carga$ - Valor do consumo referente à carga de máquina de lavar roupa (l)

Tabela 6-Valores dos consumos de Máquina Lavar Roupa mediante a sua carga

Carga (Kg)	Consumo (L)
5	43
6	47
7	49
8	59
9	64

Relativamente às limpezas gerais existem valores temos duas opções distintas:

i) Lavagens de pavimentos e ii) Lavagem de automóveis.

O cálculo do volume de água gasto em cada lavagem de pavimento pode ser traduzido pela a Equação 21:

$$Lav_{pav} = Volume \times \text{Área} \times N^{\circ}_{lav. mensais} \quad (21)$$

Onde:

$Lav_{pav}$  - Consumo lavagem de pavimentos (l)

$Volume$ <sup>7</sup> - Volume de água gasto por metro quadrado (l/m<sup>2</sup>)

$\text{Área}$  - área de pavimento a lavar (m<sup>2</sup>)

$N^{\circ}_{lav. mensais}$  - número de lavagens mensais (adimensional)

De forma semelhantemente, estima-se que o gasto em cada lavagem de automóvel pode ser traduzido segundo a Equação 22:

$$Lav_{auto} = Volume \times N^{\circ}_{auto} \times N^{\circ}_{lav. mensais} \quad (22)$$

Onde:

$Lav_{auto}$  - Consumo lavagem de automóvel (l)

$Volume$ <sup>8</sup> - Volume de água gasto por automóvel (l)

$N^{\circ}_{auto}$  - n<sup>o</sup> automóveis considerados para cálculo (adimensional)

$N^{\circ}_{lav. mensais}$  - Mensais- número de lavagens mensais (adimensional)

<sup>7</sup> O valor standard é de 5l/m<sup>2</sup>

<sup>8</sup> O valor standard é de 80l

Procedendo á soma total de todos os consumos acima considerados, teremos o consumo total mensal. Este pode ser representado matematicamente pela equação 23.

$$C_{total} = \sum \text{consumos mensais} = C_{sanita} + C_{máq. Roupa} + Lav_{pav} + Lav_{auto} \quad (23)$$

Onde:

$C_{total}$ - Somatório de todos os consumos mensais (l)

$C_{sanita}$ - Consumo sanita (l)

$C_{máq. Roupa}$ - Consumo máquina roupa (l)

$Lav_{pav}$  - Consumo lavagem de pavimentos (l)

$Lav_{auto}$  - Consumo lavagem de automóvel (l)

$C_{total}$ , está representado no canto superior direito e assinalado a vermelho, como se pode verificar na figura 44.

Terceiro Separador

“Análise e Resumo”

Neste separador, serão executados todos os cálculos necessários para a obtenção do volume ótimo do reservatório de água pluvial.



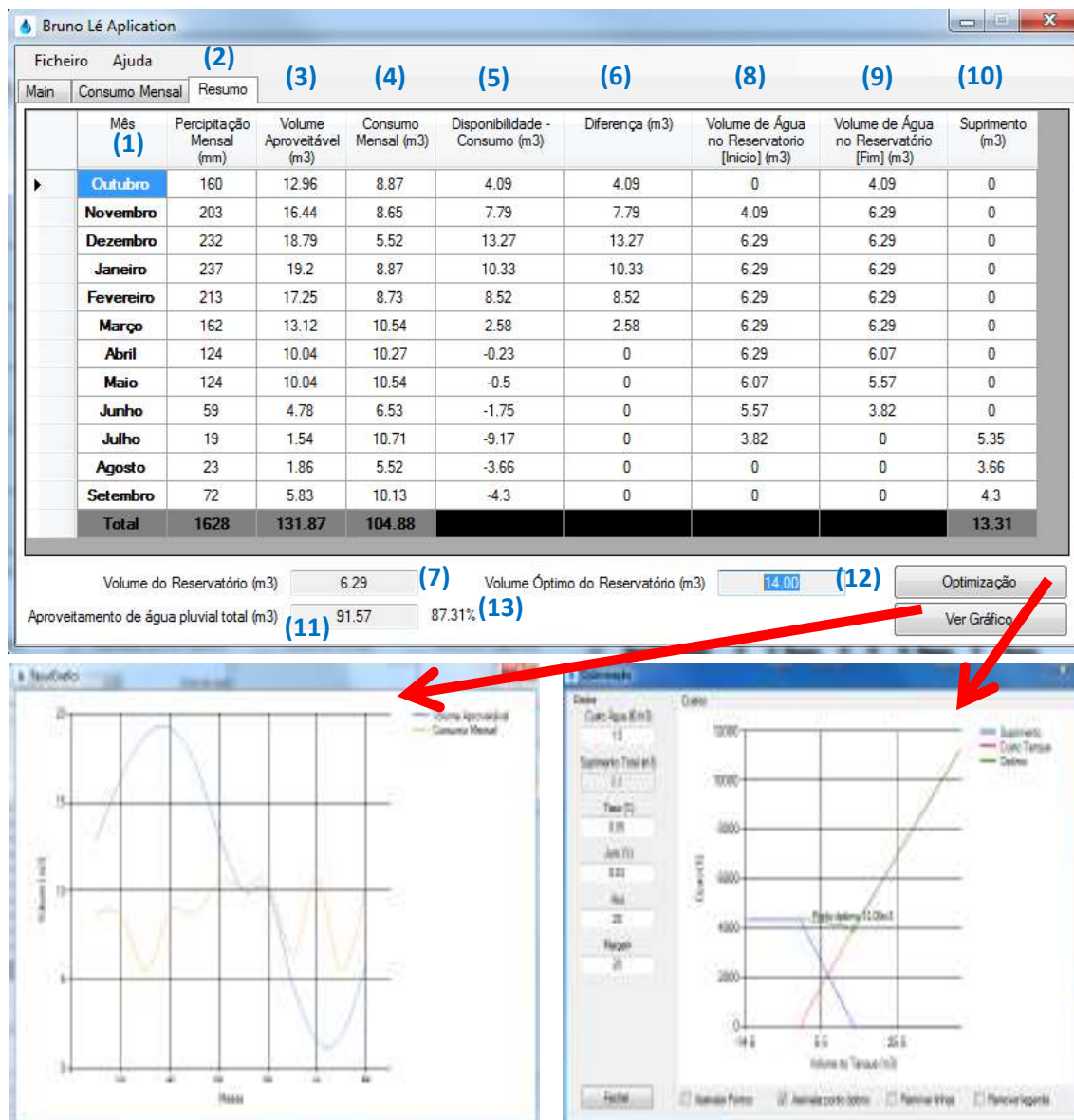


Figura 45 - Separador “Resumo” de SAAP

(1)- Ano Hidrológico; (2) – Dados do SNIRH; (3) –equação 1; (4) – equação 22; (5) –  $(5) = (3)-(4)$ ; (6) –  $(6) = (\text{se } [(6)<0]=0 \text{ e se } [(6) \geq 0]=(6) )$ ; (7) = método simplificado alemão (equação A1); (8) – início  $(8) = 0$ , restantes cálculos se  $(8) = [(9)>0=(9) \text{ se } (9) \leq 0=0]$ ; (9) –  $(9) = (\text{se } [(8)+(5)>(7)=(7) \text{ e se } [(8)+(5)\leq(7)=[(8)+(5)]]$ ; (10) –  $(10) = \text{se}[(8)+(5)>0 = 0 \text{ e se } (8)+(5)\leq 0 = -((8)+(5))]$ ; (11) –  $(11) = (4)-(10)$ ; (12) – otimização de sistema; (13) -  $(13)=(11)/(4) \times 100$

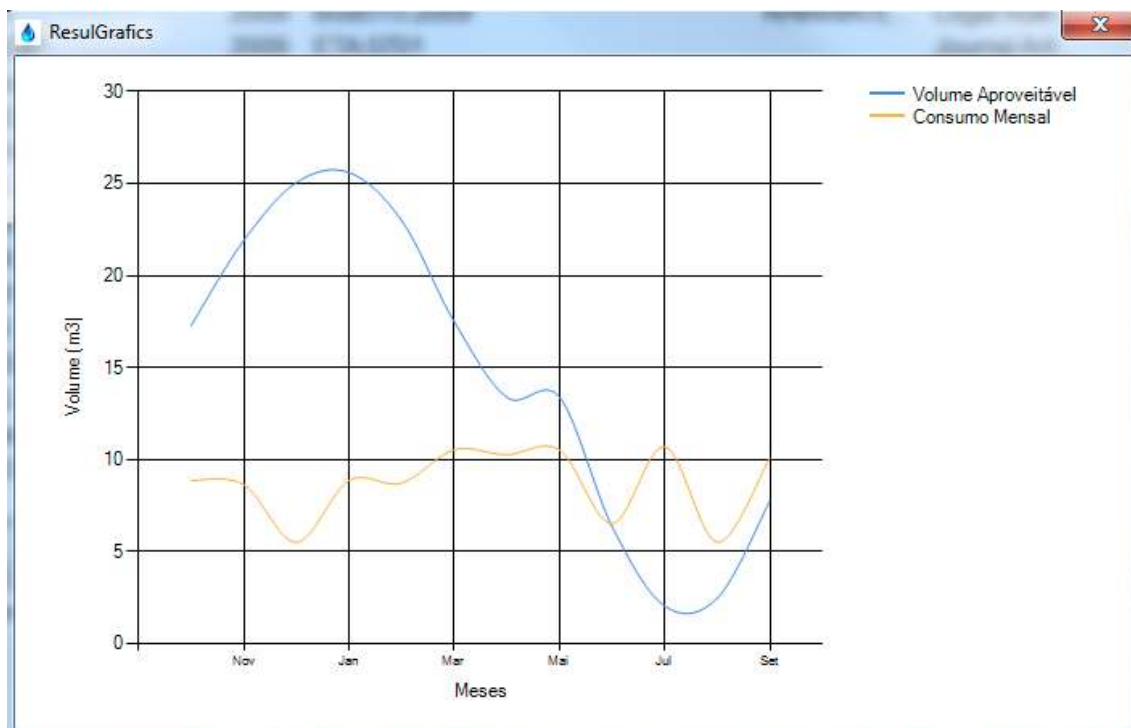


Figura 46 - Pop up de “Ver gráfico” de SAAP – Consumo mensal (m<sup>3</sup>) versus Volume aproveitável (m<sup>3</sup>)

Após seleção do botão “gráfico” na aplicação, no separador “Resumo”, uma janela aparece no ecrã apresentando um gráfico onde estão sobrepostas as linhas correspondentes ao volume aproveitável e consumo mensal. Isto é benéfico pois, visualmente consegue-se analisar a variação do volume sabendo previamente, se irá haver um grande ou pequeno défice de água. Ou seja, se irá ser necessário um grande ou pequeno suprimento.

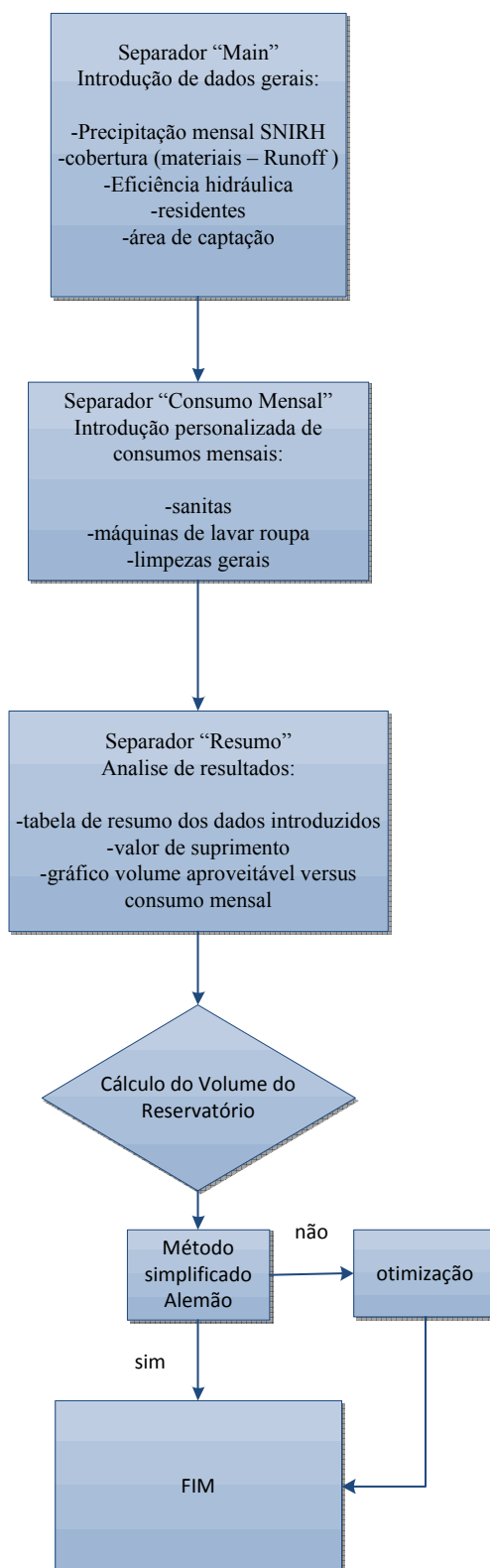


Figura 47 - Fluxograma de cálculo do volume do reservatório de águas pluviais

## **Capítulo 4 | Exemplos de Aplicação**

---

### **Sumário**

Neste capítulo, apresentam-se os casos de estudo



## 4 Exemplos de aplicação

Este tipo de sistemas podem ser aplicados em qualquer habitação ou edifício público, desde que cumpra com todas as normas técnicas e que não apresente perigo para a saúde pública. Considerando estes parâmetros, qualquer instituição ou pessoa pode adquirir um sistema destes para seu uso pessoal. O intuito desta tese é tornar esta realidade mais próxima de todos e assim sendo, ir-se-á proceder à simulação de quatro casos de estudo. A execução destes, permitirá compreender e, de certo modo, desmistificar o processo de dimensionamento destes sistemas. Um dos objetivos desta, é aproximar os valores de cálculo o mais possível da realidade, permitindo obter soluções tipo. Embora existam inúmeras escolhas para o tipo de material que compõe o reservatório, o *software* desenvolvido está direcionado para o dimensionamento de tanques de PEAD, sendo possível que no futuro este dimensione reservatórios de outros materiais.

Foi feita a simulação para quatro casos diferentes: Ponta da Barca, Covilhã, Grândola e Hong Kong, na China. A simulação num país estrangeiro surge da necessidade de cruzar a realidade nacional com a de outros países e perceber quais as diferenças existentes.

Os pressupostos tidos em conta foram iguais para todos os casos considerados. Embora sabendo que a taxa de água varia entre eles, existe uma tendência à homogeneização desta. Assim, a simulação teve em conta os seguintes parâmetros:

- custo médio de 1,5€/m<sup>3</sup> de água potável da rede pública (sem taxas adicionais)
- 150 m<sup>2</sup> área de captação da água pluvial
- coberturas impermeáveis (telha) com  $c=0,8$
- eficiência hidráulica do filtro  $\eta=0,9$
- consumo mensal médio de 12.20 m<sup>3</sup>
- 4 residentes
- período de férias (2 semanas em agosto e julho)

Esta abordagem é feita unicamente tendo em conta o custo do reservatório e não do sistema completo, significando este cerca de 80% do valor total do investimento.

Após o dimensionamento, será feita uma análise aos resultados culminando com uma análise comparativa a cada um dos casos.



Figura 48 – Casos de estudo

#### 4.1 Caso de estudo Grândola

Grândola é uma cidade do litoral alentejano cujo concelho possui uma extensa orla marítima. O clima deste concelho pode considerar-se mediterrânico. Possui uma pluviosidade muito assimétrica ao longo do ano, traduzindo-se numa distribuição, muito irregular, dos anos secos e chuvosos. A precipitação média anual pode atingir valores que rondam os 600 mm.



Figura 49 – Caso de estudo Grândola



Figura 50 – Precipitação mensal para Grândola (SNIRH, 2012)

Após a análise da Figura 50, prevê-se que os valores médios mensais não ultrapassem os 113mm sendo que nos meses de Verão não ultrapassem os 14 mm. Sendo estes, notoriamente, valores baixos.

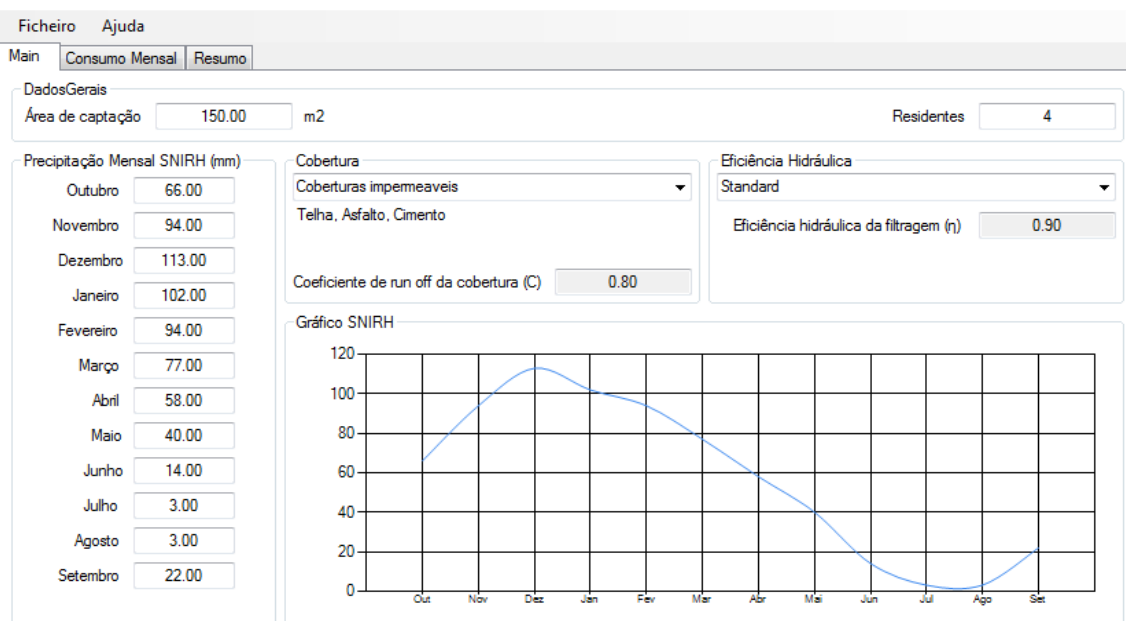


Figura 51 – Dados gerais de “SAAP” para Grândola



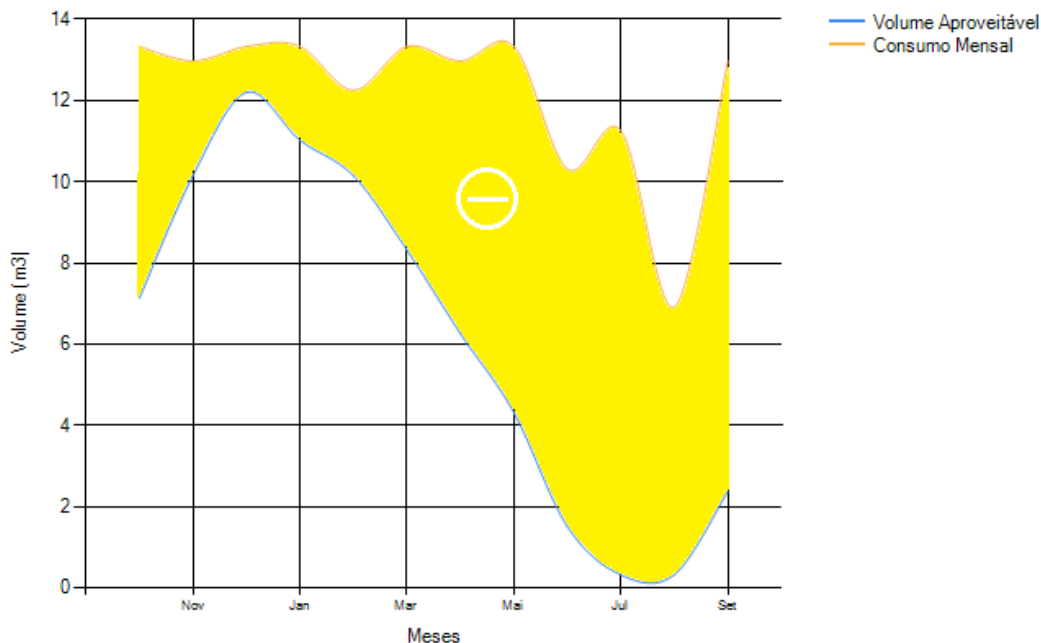


Figura 52 – Volume aproveitável versus Consumo mensal Grândola

Como demonstra a Figura 51, as necessidades mensais do agregado familiar superam na totalidade a disponibilidade da água da chuva existente, prevendo-se assim um valor de suprimento bastante elevado de água da rede

Ficheiro		Ajuda						
Main	Consumo Mensal	Resumo						
Mês	Precipitação Mensal (mm)	Volume Aproveitável (m3)	Consumo Mensal (m3)	Disponibilidade - Consumo (m3)	Diferença (m3)	Volume de Água no Reservatório [Inicio] (m3)	Volume de Água no Reservatório [Fim] (m3)	Suprimento (m3)
Outubro	66	7.13	13.33	-6.2	0	0	-6.2	6.2
Novembro	94	10.15	12.97	-2.82	0	0	0	2.82
Dezembro	113	12.2	13.33	-1.13	0	0	0	1.13
Janeiro	102	11.02	13.33	-2.32	0	0	0	2.32
Fevereiro	94	10.15	12.25	-2.1	0	0	0	2.1
Março	77	8.32	13.33	-5.02	0	0	0	5.02
Abril	58	6.26	12.97	-6.71	0	0	0	6.71
Mai	40	4.32	13.33	-9.01	0	0	0	9.01
Junho	14	1.51	10.31	-8.8	0	0	0	8.8
Julho	3	0.32	11.26	-10.94	0	0	0	10.94
Agosto	3	0.32	6.92	-6.59	0	0	0	6.59
Setembro	22	2.38	12.97	-10.6	0	0	0	10.6
<b>Total</b>	<b>686</b>	<b>74.09</b>	<b>146.31</b>					<b>72.22</b>

Volume do Reservatório (m3)       Volume Ótimo do Reservatório (m3)      

Aproveitamento de água pluvial total (m3)       50.64%     

Figura 53 – Quadro resumo Grândola



Figura 54 – Otimização do dimensionamento do volume de reservatório Grândola

Segundo Figura 53, o volume anual necessário para suprimir as necessidades não potáveis é de  $72.22\text{m}^3$  de água da rede potável, traduzindo-se num custo de elevado de suprimento de água da rede.

Como podemos analisar, durante todo o ano, a água pluvial do reservatório não chegará para as necessidades do agregado familiar, levando a que o reservatório esteja inúmeras vezes completa ou parcialmente vazio e sujeito ao reenchimento através de outra fonte de água. Ou seja, cerca de doze meses a consumir água da rede pública. Após uma breve análise, segundo o método alemão, o reservatório terá que possuir uma capacidade de  $4,45\text{m}^3$ , mas após otimização o volume encontrado é de  $0\text{m}^3$ . Este resultado não é de estranhar e reforça o referido no capítulo três. A base deste estudo assenta em métodos puramente matemáticos, tratando a água como um bem económico e não como essencial.

Assim, segundo esta, e após otimização, o saldo custo do tanque versus o custo do suprimento é negativo não compensando a aquisição de um reservatório.

Este nunca iria estar completamente cheio, sendo assim um desperdício financeiro, aumentando o tempo de retorno financeiro, substancialmente.

A filosofia deste conceito é contrária à da análise, apontando que um sistema de AAP faz mais sentido onde não chove com tanta frequência.

Comercialmente, o valor mais indicado para este caso era o obtido pelo Método Simplificado Alemão. Visto não existir no mercado um de  $4.45\text{m}^3$  o tanque a recorrer é de  $5.0\text{m}^3$ .

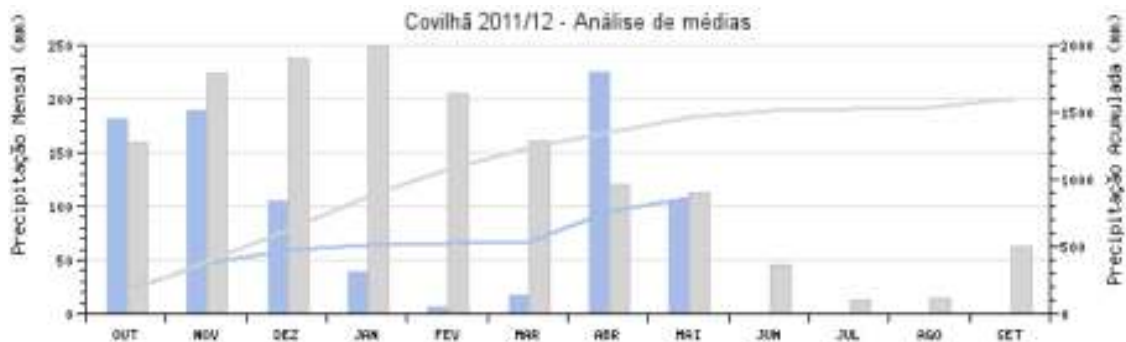
## 4.2 Caso de estudo Covilhã

O concelho da Covilhã, do distrito de Castelo Branco, localiza-se na Região Centro e na Cova da Beira, possui um clima mediterrânico, com influências continentais, sendo uma área de elevadas variações térmicas anuais, devido às diferenças de altitude pela proximidade da cordilheira da serra da Estrela, no inverno, as temperaturas são baixas, atingindo, por períodos consideráveis, valores negativos.

A precipitação média anual pode atingir valores que rondam os 1700 mm.



Figura 55 – Caso de estudo Covilhã



	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
P. Mensal	181	189.4	104.5	38.4	5.5	16.5	224.7	105.6	19.1	-	-	-
P. Média Mensal	159	224	238	249	205	161	120	113	45	13	14	62
P. Acumulada Mensal	181	370.4	474.9	513.3	518.8	535.3	760	865.6	884.7	-	-	-
P. Média Mensal Acumulada	159	383	621	870	1 075	1 236	1 354	1 467	1 512	1 526	1 540	1 602

Figura 56 – Precipitação mensal para Covilhã (SNIRH, 2012)

Após a análise da Figura 56, prevê-se que nos meses de Inverno, os valores médios mensais rondem em média os 200 mm sendo que nos de Verão estes não ultrapassem os 14 mm. De notar esta grande assimetria entre as 2 estações.

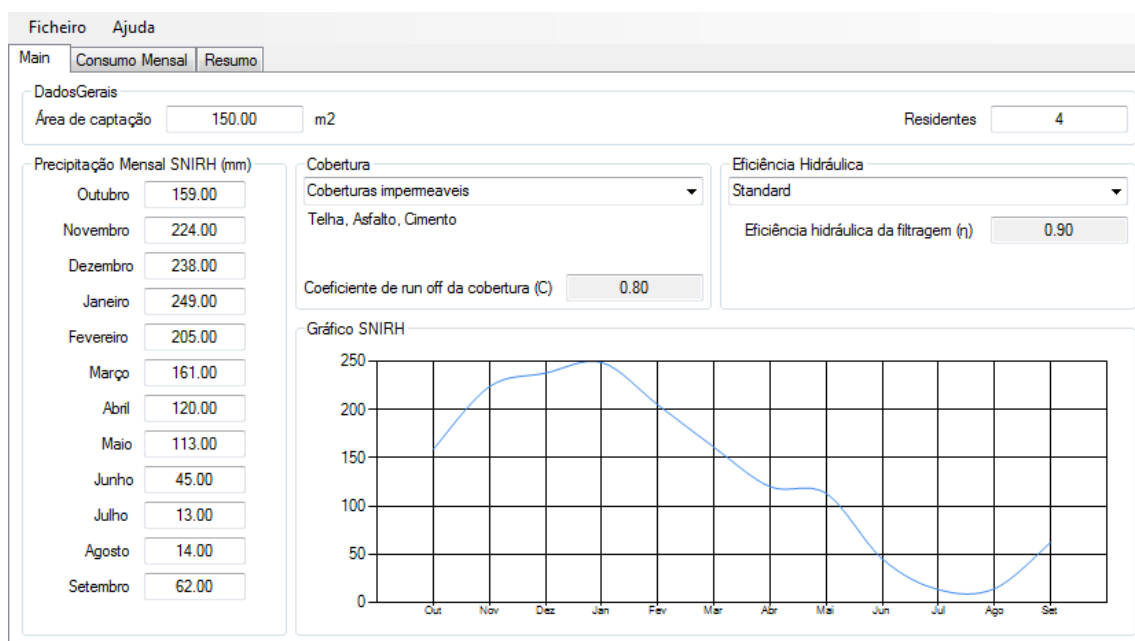


Figura 57 - Dados gerais de SAAP para Covilhã

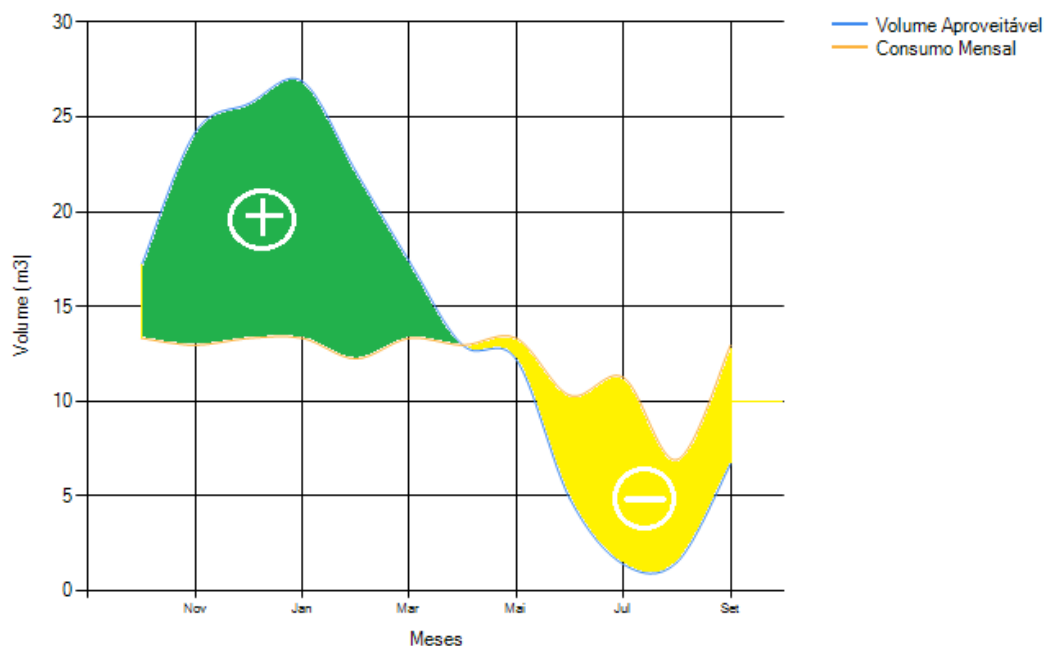


Figura 58 – Volume aproveitável versus Consumo mensal Covilhã

Como demonstra a Figura 58, o volume aproveitável de água pluvial supera as necessidades mensais do agregado familiar desde Outubro a Março, sendo visível uma quebra nos meses de Março a Setembro.

Ficheiro Ajuda									
Main Consumo Mensal		Resumo							
Mês	Precipitação Mensal (mm)	Volume Aproveitável (m³)	Consumo Mensal (m³)	Disponibilidade - Consumo (m³)	Diferença (m³)	Volume de Água no Reservatório [Inicio] (m³)	Volume de Água no Reservatório [Fim] (m³)	Suprimento (m³)	
Outubro	159	17.17	13.33	3.84	3.84	0	3.84	0	
Novembro	224	24.19	12.97	11.22	11.22	3.84	8.78	0	
Dezembro	238	25.7	13.33	12.37	12.37	8.78	8.78	0	
Janeiro	249	26.89	13.33	13.56	13.56	8.78	8.78	0	
Fevereiro	205	22.14	12.25	9.89	9.89	8.78	8.78	0	
Março	161	17.39	13.33	4.06	4.06	8.78	8.78	0	
Abril	120	12.96	12.97	-0.01	0	8.78	8.77	0	
Mai	113	12.2	13.33	-1.13	0	8.77	7.64	0	
Junho	45	4.86	10.31	-5.45	0	7.64	2.19	0	
Julho	13	1.4	11.26	-9.86	0	2.19	0	7.67	
Agosto	14	1.51	6.92	-5.4	0	0	0	5.4	
Setembro	62	6.7	12.97	-6.28	0	0	0	6.28	
<b>Total</b>	<b>1603</b>	<b>173.12</b>	<b>146.31</b>					<b>19.35</b>	

Volume do Reservatório (m³)       Volume Ótimo do Reservatório (m³)      

Aproveitamento de água pluvial total (m³)       86.77%     

Figura 59 – Quadro de cálculo dimensionamento reservatório Covilhã

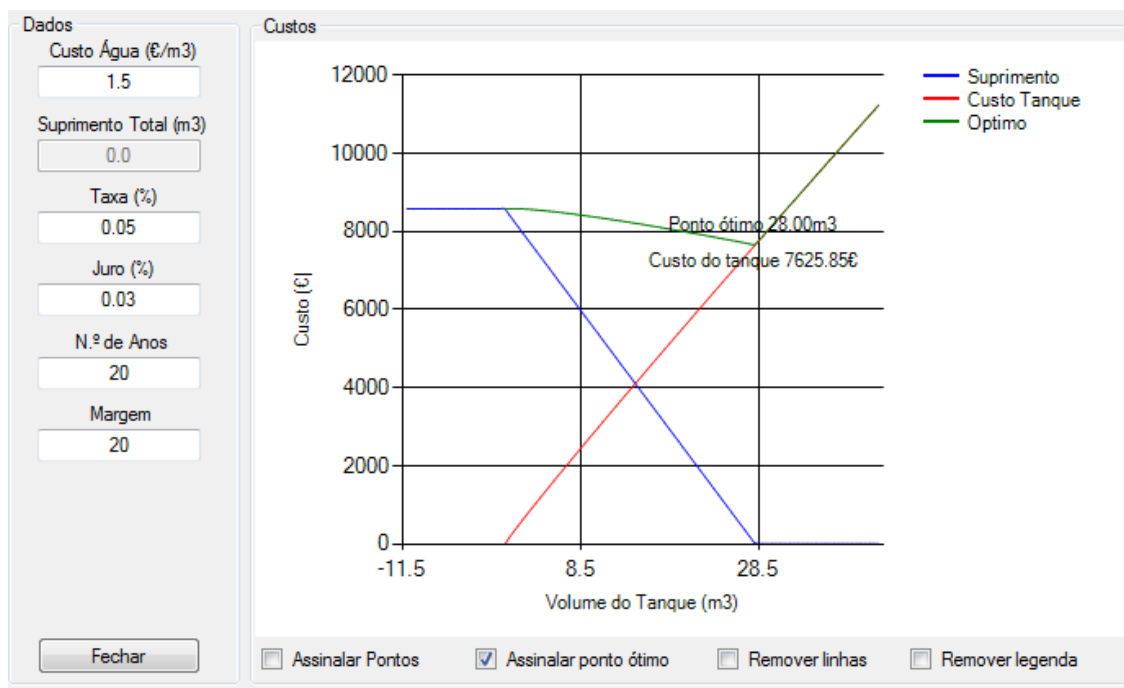


Figura 60 – Otimização do dimensionamento do volume de reservatório Covilhã

Conforme Figura 59, O volume anual necessário para suprimir as necessidades não potáveis é de  $19.35\text{m}^3$  de água da rede potável, traduzindo-se num tanque de  $8.78\text{m}^3$ , segundo o método simplificado alemão.

Como podemos analisar na Figura 60, após a otimização do volume de reservatório, o valor encontrado foi  $28\text{ m}^3$ . Esta situação tem vantagens e desvantagens. Os prós residem na possível situação de com um tanque deste volume conseguiremos armazenar água para os meses de Verão. Os contras são preponderantes neste caso. Um reservatório de  $28\text{ m}^3$  em PEAD é um tanque bastante dispendioso e nem todos os fabricantes o possuem. Maioritariamente leva á junção de dois de capacidade inferior. Isto terá a um custo inicial, só do reservatório, de 7625.85€. Outra situação a ter em conta é o espaço que este ocupa, sendo muitas das vezes impossível a sua implementação.

### 4.3 Caso de estudo Ponte da Barca

Ponte da Barca, localiza-se na do Alto Minho, possui um clima marítimo de fachada atlântica. A precipitação media anual Pode atingir valores que rondam os 3000 mm, contudo nos vales essa desce para os 1800 mm ano.



Figura 61 – Caso de estudo Ponte da Barca



	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
P. Mensal	237	272.2	120.5	22.5	4.2	22.3	110.8	137.8	0	-	-	-
P. Média Mensal	166	217	238	238	211	173	134	134	63	24	37	95
P. Acumulada Mensal	237	509.2	629.7	652.2	656.4	678.7	789.4	927.2	927.2	-	-	-
P. Média Mensal Acumulada	166	383	621	859	1 070	1 243	1 377	1 511	1 575	1 598	1 636	1 733

Figura 62 – Precipitação mensal Ponte da Barca (SNIRH, 2012)

Após a análise da Figura 62, prevê-se que nos meses de Inverno, os valores médios mensais rondem em média os 200 mm. Nos meses de Verão podemos observar precipitações médias mensais superiores a 24 mm

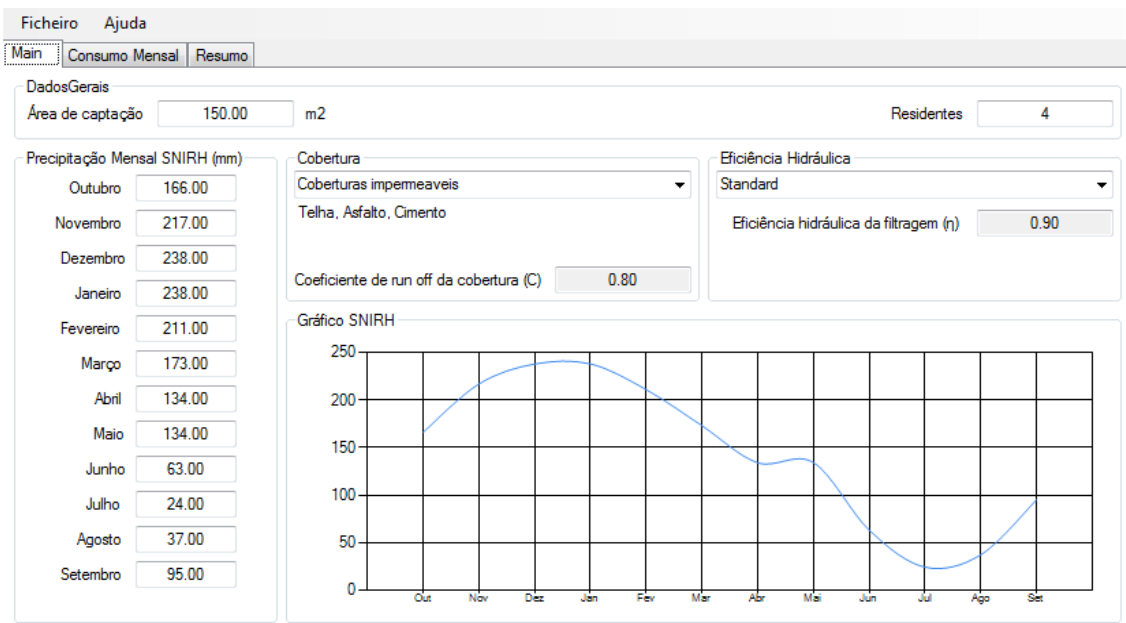


Figura 63 – Dados gerais de SAAP para Ponte da Barca

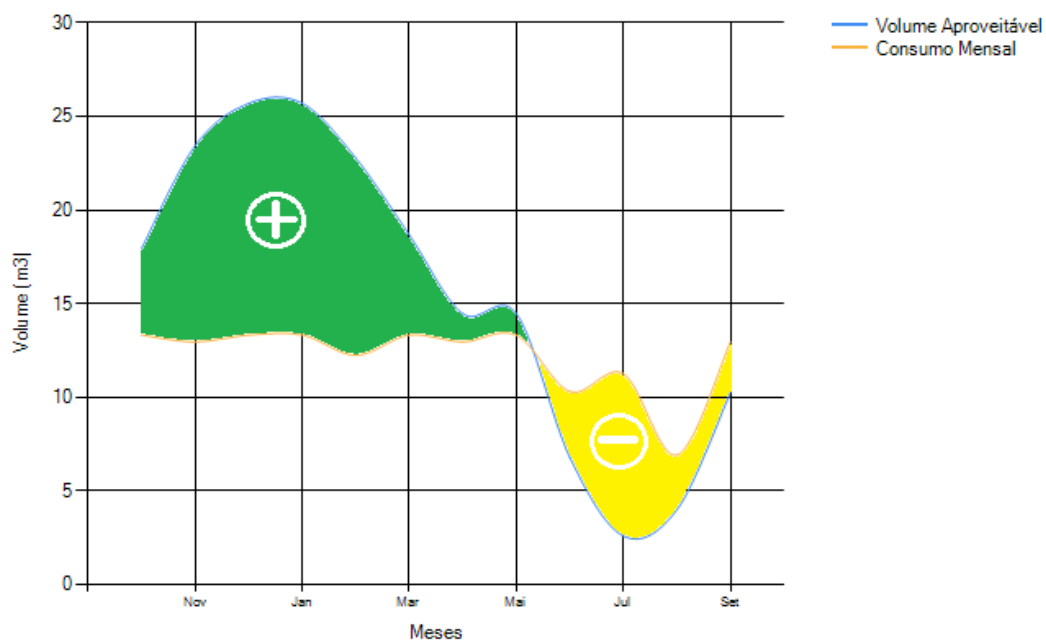


Figura 64– Volume aproveitável versus Consumo mensal Ponte da Barca

Como se observa na Figura 63, nos meses de Outubro a Maio as necessidades do agregado familiar são superadas pelo volume aproveitável. De Abril a Setembro o processo inverte-se no entanto só no mês de Julho é que se nota uma grande discrepância.



## Exemplos de aplicação

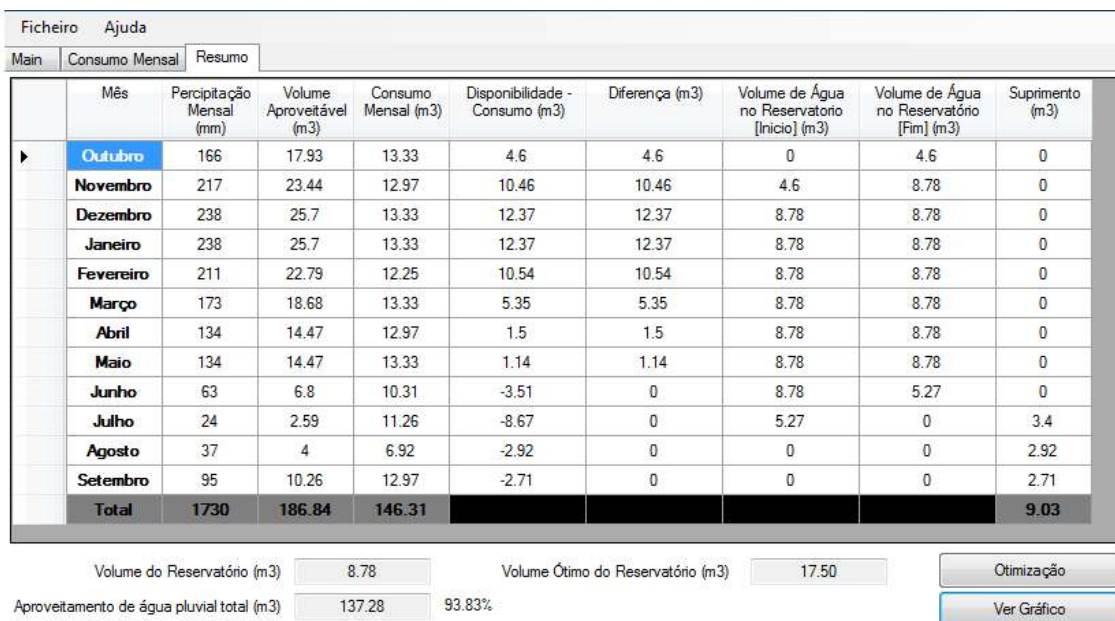


Figura 65 – Quadro de cálculo dimensionamento reservatório Ponte da Barca

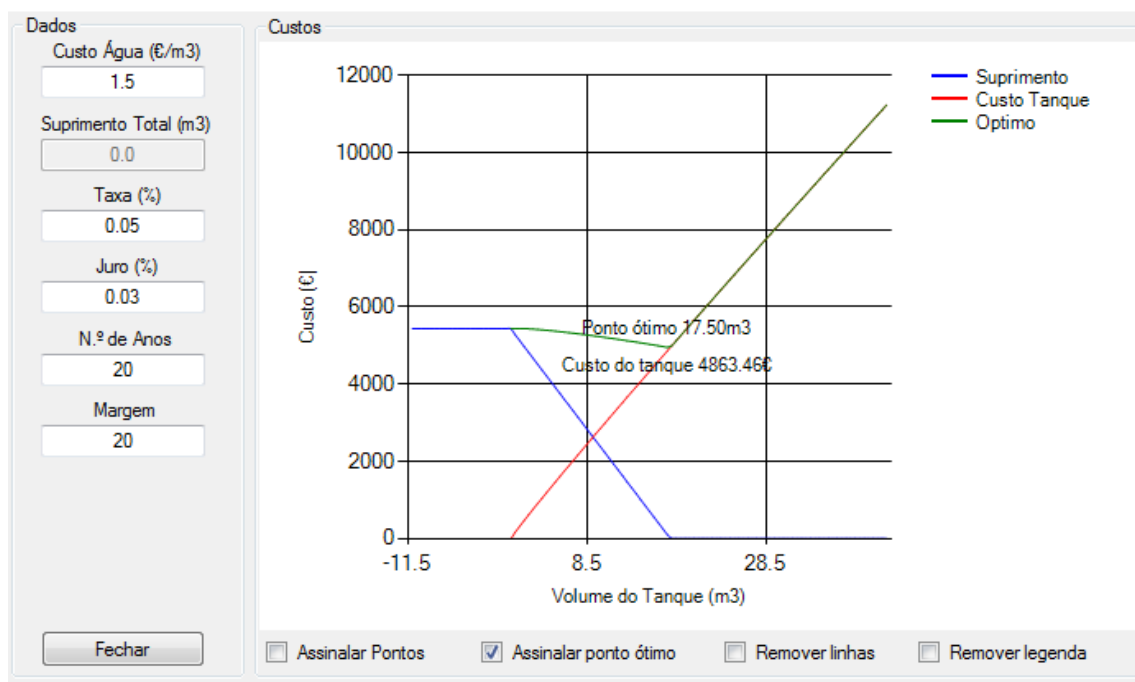


Figura 66 – Otimização do dimensionamento do volume de reservatório Ponte da Barca

Conforme Figura 65, o volume anual necessário para suprimir as necessidades não potáveis é de 9.03m<sup>3</sup> de água da rede potável, traduzindo-se num tanque de 8.78 m<sup>3</sup>. Na Figura 66, após a otimização do volume de reservatório, o valor encontrado foi 17.50 m<sup>3</sup>. Se a residência for uma moradia com algum espaço exterior, será possível implementá-lo em obra, no entanto o custo associado é

muito elevado, tornando a solução inviável do ponto de vista económico. O mais viável para esta obra era a adoção de um tanque o mais aproximado possível dos  $8.78\text{m}^3$ . Mesmo com a adoção desta última escolha, o tempo de retorno seria superior aos 20 anos, ficando ainda menos atrativo a aquisição do sistema. No entanto, cada vez mais quem escolhe adquirir um SAAP, fá-lo devido á consciência ecológica e não monetária.

#### 4.4 Caso de estudo Hong Kong



Figura 67 – Casos de estudo Hong Kong

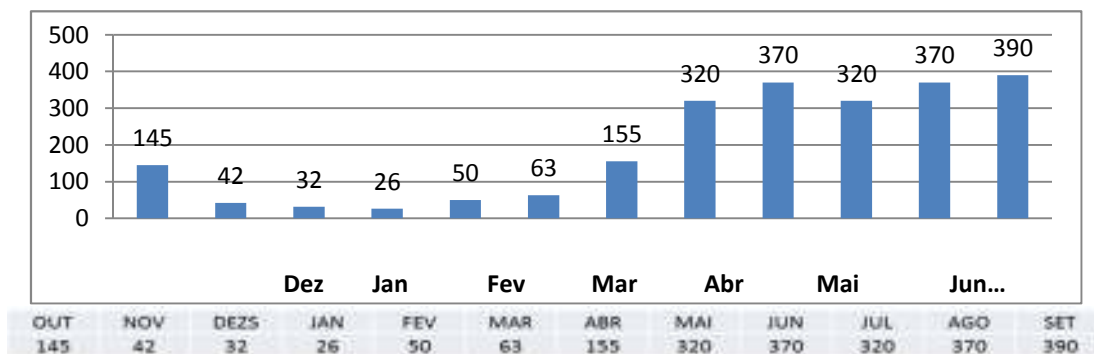


Figura 68 – Precipitação mensal de Hong Kong

Após a análise da Figura 68, poderemos analisar valores de precipitação elevados quando confrontados com a realidade nacional. Estes variam 390 a 42 mm de precipitação média mensal. Para os meses de Maio a Setembro reparamos na existência de valores acima dos 300 mm de precipitação. Aqui os sistemas de aproveitamento de águas pluviais podem ter alguma expressão.

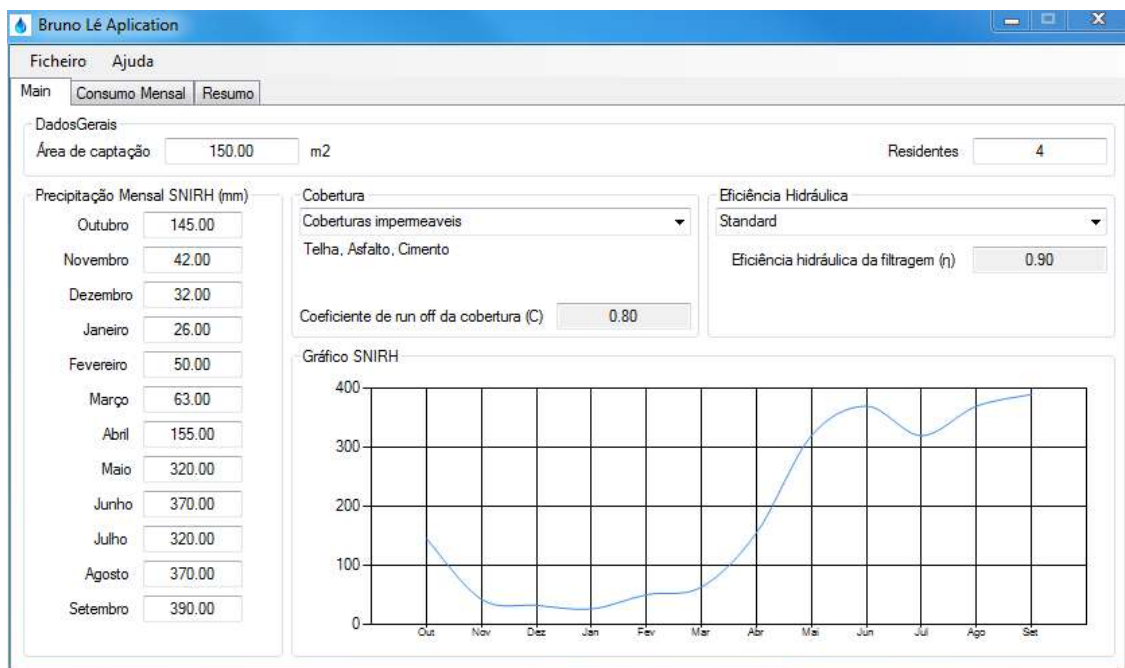


Figura 69 – Dados gerais de SAAP para Hong Kong

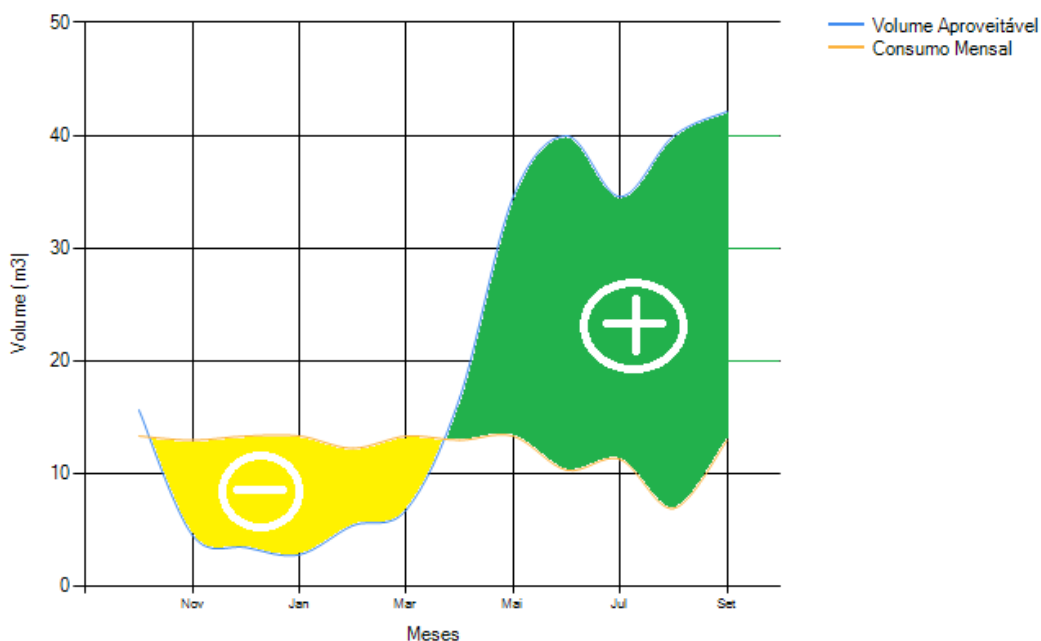


Figura 70 – Volume aproveitável versus Consumo mensal Hong Kong

Como demonstra a Figura 69, nos meses de Março a Setembro as necessidades do agregado familiar são superadas em muito pelo volume aproveitável. De Outubro a Setembro o processo inverte-se, sendo que parte da água necessária terá que ser fornecida pela rede geral.

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Volume Aproveitável (m <sup>3</sup> )	Consumo Mensal (m <sup>3</sup> )	Disponibilidade - Consumo (m <sup>3</sup> )	Diferença (m <sup>3</sup> )	Volume de Água no Reservatório [Início] (m <sup>3</sup> )	Volume de Água no Reservatório [Fim] (m <sup>3</sup> )	Suprimento (m <sup>3</sup> )
Outubro	145	15.66	13.33	2.33	2.33	0	2.33	0
Novembro	42	4.54	12.97	-8.44	0	2.33	0	6.11
Dezembro	32	3.46	13.33	-9.88	0	0	0	9.88
Janeiro	26	2.81	13.33	-10.52	0	0	0	10.52
Fevereiro	50	5.4	12.25	-6.85	0	0	0	6.85
Março	63	6.8	13.33	-6.53	0	0	0	6.53
Abril	155	16.74	12.97	3.77	3.77	0	3.77	0
Mai	320	34.56	13.33	21.23	21.23	3.77	8.78	0
Junho	370	39.96	10.31	29.65	29.65	8.78	8.78	0
Julho	320	34.56	11.26	23.3	23.3	8.78	8.78	0
Agosto	370	39.96	6.92	33.04	33.04	8.78	8.78	0
Setembro	390	42.12	12.97	29.15	29.15	8.78	8.78	0
<b>Total</b>	<b>2283</b>	<b>246.56</b>	<b>146.31</b>					<b>39.88</b>

Volume do Reservatório (m<sup>3</sup>)       Volume Ótimo do Reservatório (m<sup>3</sup>)         
 Aproveitamento de água pluvial total (m<sup>3</sup>)       72.74%     

Figura 71 – Quadro de cálculo dimensionamento reservatório Hong Kong

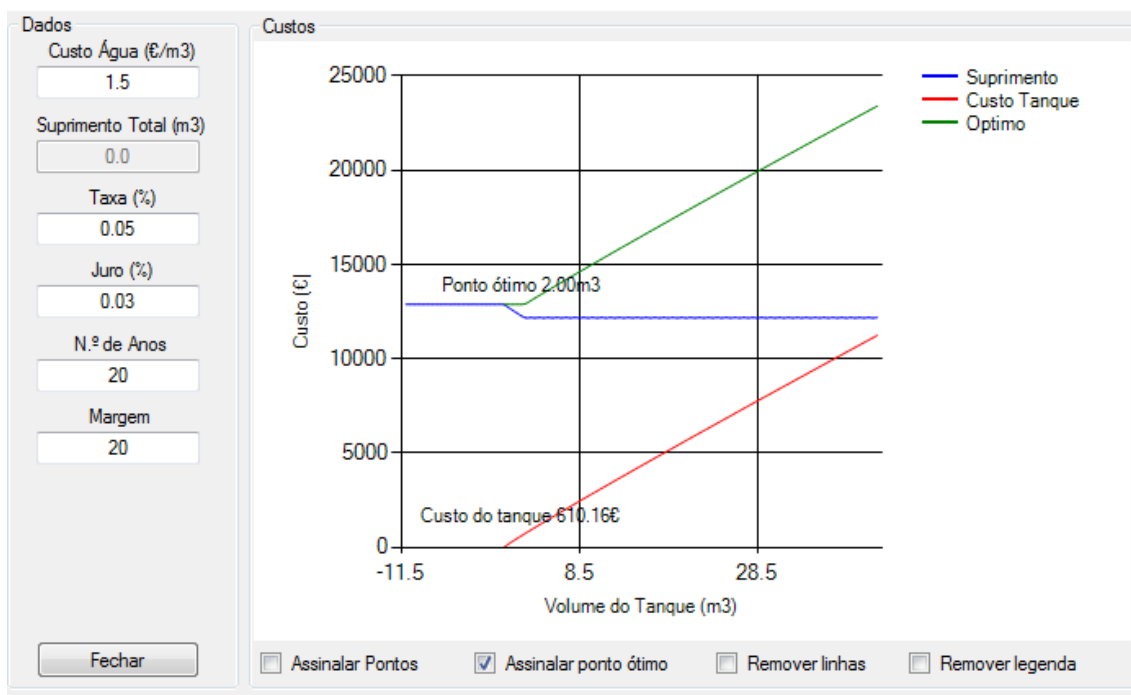


Figura 72 – Otimização do dimensionamento do volume de reservatório Hong Kong

Como já referenciado anteriormente, a base para a otimização da capacidade dos reservatórios está concebida segundo conceitos meramente matemáticos, tratando a água não como um bem essencial mas sim como um bem económico. Conforme a Figura 71, o volume anual necessário para suprimir as

necessidades não potáveis é de 39.88 m<sup>3</sup> de água da rede potável, traduzindo-se num reservatório de 8.78m<sup>3</sup>.

Após a otimização do volume deste, o valor encontrado foi 2.0 m<sup>3</sup>. Este valor pode ser um pouco contraditório, no entanto e mediante o tipo de análise feita, faz sentido adotar um com esta capacidade.

Do ponto de vista comercial, seria mais correto escolher um que rondasse os 3.5m<sup>3</sup> a 5.0 m<sup>3</sup>, podendo significar 30 % a 50% do aproveitamento de água pluvial total.

#### 4.4.1 Análise/síntese de resultados

Conforme a Tabela 7, poderemos constatar que para uma mesma premissa de consumo, existem inúmeras soluções. Estas várias devido ao fator pluviosidade, que não é constante para cada zona estudada.

Tabela 7-Resumo dos resultados obtidos

	Grândola	Covilhã	Ponte da Barca	Hong Kong
Suprimento (m <sup>3</sup> )	72.22	19.35	9.03	39.88
Volume Reservatório (m <sup>3</sup> ) (Método simplificado Alemão)	4.45	8.78	8.78	8.78
Volume "Ótimo" (m <sup>3</sup> )	0.0	28.0	17.5	2.0

Após análise, conclui-se que a diferença entre o volume calculado pelo método simplificado alemão e a otimização é elevada, os pressupostos tidos em conta, em cada, são diferentes e não existe nenhum sinal de proporcionalidade entre ambos os valores. Como poderemos observar para Grândola, segundo a otimização, a adoção de um SAAP não é viável. Algo que não faz sentido como explicado nesse mesmo caso. Na Covilhã os valores obtidos entre os diferentes métodos de cálculo são muito díspares, esta situação deve-se essencialmente ao baixo valor do custo de água, tornando o reservatório no fator crucial nesta análise económica, ou seja a o custo é tão baixo que, para compensar a implementação do sistema, é preferível escolher um reservatório maior para armazenar o máximo de água possível. Em ponte da Barca os

valores já não são tão díspares, no entanto verifica-se a mesma situação do caso anterior.

Em Hong Kong o resultado obtido faz sentido, pois, aqui a situação inverte-se, ou seja, os níveis de pluviosidade são muito elevados que a renovação da água é quase constante. Esta situação torna a água no elemento económico condicionante para a otimização.

De notar que Hong Kong é de todos os casos o que apresenta o valor de suprimento é o mais elevado e onde o valor otimizado do volume de reservatório é o mais baixo. Isto acontece pois os volumes mensais de água pluvial é bastante elevada, ultrapassando em mais do dobro o valor do consumo. No entanto, isto só acontece nos últimos seis meses do ano hidrológico, sendo que nos primeiros seis a sete meses a necessidade é muito superior à oferta. O balanço entre ambos, torna-se positivo, levando assim á adoção de um tanque de capacidade muito baixa. Ou seja, muita água, resultante da pluviosidade, não implica um grande armazenamento.

## **4.5 Exploração dos sistemas**

### **4.5.1 Manutenção**

O bom funcionamento e a fiabilidade de um SAAP aumentam significativamente devido às regulares intervenções de manutenção executadas. Por conseguinte, problemas de filtragem, fugas ou até mesmo problemas estruturais poderão ser detetados e corrigidos atempadamente, sem que haja um impacto muito negativo na dinâmica do sistema. Estas operações, por sua vez, aumentarão o tempo de vida útil deste. Muitos dos SAAP convencionais são adquiridos em kit e, deste modo, é da responsabilidade do fabricante fornecer os planos de manutenção.

Dado que nem sempre o sistema é adquirido em kit, mas em “componentes” separadamente, o plano manutenção pode ou não ser fornecido. Em caso afirmativo, na maioria das ocasiões, só especifica as operações a ter em conta do produto em causa, todavia nunca numa abordagem global. Resumidamente, pode apontar-se como fundamental a verificação das sondas de nível e respetivo display; o sistema de bombagem e o estado da canalização, para deteção de possíveis fugas. Além destas, inúmeras outras verificações são

necessárias. Citando a British Standard (BSI, 2009) para as águas da chuva, a norma alemã (DIN1989-1:2001-10, 2001) e a ETA 0701 (ANQIP, 2009a) ter-se-á que analisar o seguinte plano indicado na tabela 8:

Tabela 8-Plano de Manutenção de sistemas SAAP

Componente do sistema	Notas	Medida	Frequência
Calhas e tubos de queda	Verificação de possíveis fugas e obstruções. Limpeza do sistema.	Inspeção Manutenção	6 Meses
Filtros	Ver o estado do filtro e limpeza do mesmo caso necessário.	Inspeção Manutenção	Anual
Reservatório	Verificação de possíveis fugas e existência de detritos. Certificar-se que o tanque está estável.	Inspeção Manutenção	Anual
	Esvaziamento do tanque e limpeza do mesmo.	Manutenção	10 Anos
Sistema de bombagem/bomba	Verificação de possíveis fugas e possível aparecimento de corrosão.	Inspeção	Anual
	Fazer teste ao funcionamento da bomba (permutação água rede/pluvial, caso exista esta opção). Verificar vasos de expansão ou outros dispositivos de prevenção ao golpe de ariete. (mediante indicações do fabricante)	Manutenção	Anual
Sistema independente de suprimento de água	Verificação da condição de funcionamento. (fugas e verificar se as distâncias do <i>air gap</i> se mantêm)	Inspeção	Anual
Unidade de controlo	Verificação de funcionamento (sistemas de aviso estão corretamente ativados e ativos)	Inspeção	Anual
Medidor de nível do tanque	Verificação do nível de água no tanque correspondência do mesmo no display de leitura do medidor.	Inspeção	Anual
	Os medidores devem ser substituídos cada 6 anos	Manutenção	6 Anos
Cablagem eléctrica	Verificação do estado dos fios eléctricos e certificação que os mesmos estão isolados e em bom estado	Inspeção	Anual
Tubagem	Verificação do troço de Overflow e certificação que este encontra desimpedido. Verificação de possíveis fugas.	Inspeção	Anual
Avisos (Sinalética)	Certificação que os avisos se encontram legíveis e bem aplicados.	Inspeção	Anual
Suportes e abraçadeiras	Verificação do estado destes e se se encontram justos e bem aplicados.	Inspeção Manutenção	Anual
Sifão (Overflow)	Verificação de limpeza e de funcionamento.	Inspeção Manutenção	6 Meses
Válvulas anti-refluxo	Forçar o funcionamento da válvula e verificação do estado da mesma.	Inspeção Manutenção	1 Mês
	Limpeza, verificação de possíveis folgas segundo parâmetros do fabricante.	Inspeção Manutenção	6 Meses



De notar que a entrada de técnicos no interior dos tanques deve ser evitada sempre que possível. Caso seja necessário alguma intervenção mais profunda, esta terá que ser efetuada por um técnico dotado de equipamento de proteção específico para espaços confinados, conforme refere a British Standard (BSI, 2009).

#### **4.5.2 Tratamento**

Segundo alguns autores, o tratamento da água da chuva não é necessário, no entanto, nem toda a chuva tem a mesma qualidade. A qualidade desta pode ser modificada devido a vários fatores, tais como: i) poluição atmosférica, ii) materiais usados na área de captação, iii) nível de poluição existente na área de captação, etc.

Segundo Bertolo (2006), O tratamento da água da chuva só deve ser feito posteriormente a uma análise de um laboratório credenciado. Em alguns países tratam esta água ao ponto de a tornarem potável. Ao se considerar esta situação, crê-se que já se deixa de estar no âmbito da filosofia de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Na sua essência um SAAP só tem dois tipos de tratamento. A fase da Pré - filtração da água e sedimentação, já dentro do depósito. Na Pré-filtração todas as folhas e outros detritos são separados da água através de um filtro adequado, conforme Figura 13. A sedimentação faz com todas as partículas em suspensão na água dentro do reservatório “assentem” no fundo deste, tornando esta mais límpida e clara.

Se realmente a água apresentar perigo para a saúde humana, poder-se-á utilizar outras técnicas:

Tabela 9 – Tratamento por filtração de um sistema SAAP (Bertolo, 2006)

Filtração		
Em linha/Multi-cartucho	Após a bomba	Criva os sedimentos
Carvão ativado	Na torneira	Remove o cloro
Osmose inversa	Na torneira	Remove contaminantes
Meios combinados	Reservatório separado	Retêm partículas de matéria em suspensão
Areia	Reservatório separado	Retêm partículas de matéria em suspensão

Tabela 10 – Tratamento por desinfecção de um sistema SAAP (Bertolo, 2006)

Desinfecção		
Fervura/Destilação	Antes da utilização	Elimina os microrganismos
Tratamento químico (Cloro ou Iodo)	Dentro do reservatório ou na bomba (liquido, pastilha ou granulado)	Elimina os microrganismos
Radiação UV	Depois do filtro de carvão aditivado e antes da torneira	Elimina os microrganismos
Ozonização	Antes da torneira	Elimina os microrganismos



## **Capítulo 5 | Conclusões, comentários e perspectivas de trabalho futuro**

<b>Sumário</b>	Neste capítulo, apresentam-se a síntese do trabalho, a avaliação dos resultados, principais conclusões e comentários finais.
----------------	--



## **5 Conclusões, comentários e perspectivas de trabalho futuro**

### **5.1 Síntese do trabalho realizado**

#### **5.1.1 Breve descrição do trabalho**

Este trabalho foi dedicado ao tema geral de “Dimensionamento de Reservatórios Prediais de Água da Chuva”. Este foi desenvolvido com o intuito de auxiliar e desmistificar o uso de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em território nacional. Esta dissertação está dividida em três grandes fases. Numa primeira fase, foi feito o levantamento de documentação técnica, nacional e internacional, com o intuito de desenvolver uma ferramenta de cálculo automático, o mais generalista possível, para o dimensionamento de reservatórios prediais de água da chuva.

A segunda fase teve como principal motivação a construção do software. A arquitetura adotada para o desenvolvimento desta foi C#.

A terceira e última fase, vem com o sentido de validar o software desenvolvido e para isso foram executadas quatro casos de estudos conforme verificado no capítulo 4. Esta é bastante importante, pois permite “dar credibilidade” ao software e é uma forma de desenvolver estratégias para a sua futura melhoria. Como se descreveu no primeiro capítulo desta tese, o trabalho está organizado em 5 capítulos, abrangendo três grandes temáticas: i) o Eficiência hídrica – Sistemas de aproveitamento de água pluvial (estado de arte, linhas orientadoras, experiências nacionais e europeias e legislação); ii) desenvolvimento conceptual da ferramenta de cálculo (explicação de todos os pressupostos tidos em conta no dimensionamento dos reservatórios) ; iii) Manutenção e tratamento de reservatórios de água pluvial (cuidados a ter em conta neste tipo de sistemas, quadro de manutenção e tratamento necessários para o bom funcionamento de um SAAP).

#### **5.1.2 Avaliação dos resultados**

Definiu-se como objetivo principal desta dissertação, desenvolver uma ferramenta de dimensionamento de reservatórios prediais de águas da chuva, tendo em conta fatores técnicos e económicos. Decorrente deste objetivo,

procurou-se contribuir para a sistematização do conhecimento das estratégias e metodologias, no âmbito dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Para atingir este objetivo, foram desenvolvidos exemplos de aplicação no âmbito de aperfeiçoar o cálculo otimizado de reservatórios de água da chuva nomeadamente: o desenvolvimento casos de estudos para as cidades de Grândola, Covilhã, Ponte da Barca. Também foi executado um caso de estudo Hong Kong, de forma a conhecer a uma realidade diferente do território nacional.

Também foi feita uma descrição das várias soluções de manutenção a adotar para um correto funcionamento de um SAAP juntamente com a identificação dos componentes necessários para o efeito.

Para o apoio no dimensionamento, foram também descritos alguns métodos de cálculos com algumas orientações para o correto uso dos mesmos.

Considera-se que a chave para o conhecimento passa pela formação e, embora não seja o principal objetivo desta dissertação, pretende-se assim criar um breve manual de dimensionamento de reservatórios SAAP. A mais-valia desta dissertação centra-se nos seguintes pontos:

- Desenvolvimento de um software para a otimização e dimensionamento de reservatórios prediais de água da chuva;
- Expor diferentes métodos para o cálculo de reservatórios de água da chuva;
- Diversas soluções técnicas a adotar para a execução de SAAP;
- Definição de estratégias de manutenção e tratamento de SAAP.

### **5.1.3 Principais Conclusões**

Os principais resultados obtidos foram sendo apresentados em cada capítulo e serão resumidos nos parágrafos seguintes.

Após a análise de todos os casos, e do seu estudo, e do estudo paramétrico da influência dos parâmetros de  $t$ ,  $j$  e  $c$  no dimensionamento dos reservatórios de água da chuva conclui-se que:

- Com a subida da taxa de aumento anual do custo da água, com a taxa de juro bancário e custo fixo por  $m^3$  de água é preferível adquirir um reservatório de maiores dimensões.
- O valor de  $j$  não pode ser superior ao valor de  $t$ , para a viabilidade de um SAAP
- Só se justifica a adoção de um SAAP, em casos de moradias semelhantes aos exemplos estudados, se a análise for para vinte anos, sendo que abaixo deste patamar só se o custo de água por metro cubico da rede pública for bastante elevado.
- Quanto maior for o suprimento e menor o índice de pluviosidade local, menor será o volume do reservatório a adotar
- Conclui-se, assim, que o fator crucial para o dimensionamento de tanques de água pluvial é, por norma, o preço do reservatório

Conclui-se também que esta abordagem tem a água como um bem económico e não como um essencial.

De salientar que esta é uma abordagem técnico-económica, sendo esta meramente matemática, cujos valores não contemplam questões de índole ambiental.

## **5.2 Comentários finais**

Apesar de este tipo de solução começar a despoletar em Portugal, o elevado custo de um sistema destes é um fator condicionante, levando na maioria das vezes, ao cliente a abandonar esta opção.

O desconhecimento do funcionamento de um SAAP, por parte dos projetistas é outro *handicap* muito frequente, levando ao mau dimensionamento de um sistema implicando o mau funcionamento do mesmo. É algo muito frequente e que abala a fiabilidade de um SAAP, levando muitas das vezes à descreditação da solução.

Era imperativo a elaboração de uma norma específica para este tipo de sistemas e tornar obrigatória a implementação deste em novas construções.



### **5.3 Perspetivas de trabalho futuro**

Os estudos realizados permitiram identificar e motivar diversas linhas de desenvolvimento futuro. Indicam-se, de seguida, vários trabalhos que interessam desenvolver:

- Elaboração de uma norma específica para este tipo de sistemas para que todos tenham acesso a esta tecnologia;
- Incentivo à implementação deste tipo de sistemas;
- Desenvolvimento de sistemas mais eficientes e menos dispendiosos;
- Desenvolvimento de novos pressupostos de cálculo para este tipo de sistemas, de forma a encontrar uma solução adequada para cada local dentro do território nacional;
- Estudos sobre a duração do *first flush*;
- Novos sistemas de *first flush*;
- Melhoramento do software;

## Referências Bibliográficas

---



## Referências bibliográficas

- ABNT/CEET-00.001.77 § 2º PROJECTO (2007).
- ANQIP. (2008). ETA 0804 - Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a autoclismos de bacias de retrete.
- ANQIP. (2009a). ETA0701.
- ANQIP. (2009b). ETA 0701.
- Bertolo, E. (2006). *Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações*, Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade do Porto, Porto.
- Bertolo, E., & Simões, V. (2008). *Manual sobre Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial*. s/l: ANQIP.
- BSI (2000). BS 6920-2.2.1:2000+A2:2008 - Non-metallic products for use in contact with water intended for human consumption with regard to their effect on the quality of the water. Methods of test. Odour and flavour of water. General method of test.
- BSI (2006). BS EN 10143:2006 - Continuously hot-dip coated steel sheet and strip. Tolerances on dimensions and shape.
- BS8515:2009, BS 8515:2009 C.F.R. (2009).
- DIN1989-1:2001-10, Rainwater harvesting systems- Part1:Planning,installation,operation and maintenace.
- C.F.R. § 1 (2001).
- Fryer, J. (2012). *The Complete Guide to Water Storage*.
- INAG (2003). *A água, a Terra, e o Homem – Ciclo da Água*.
- IPQ (1995). NP EN 124:1995 (Ed. 1). Dispositivos de entrada de sumidouros e dispositivos de fecho de câmaras de visita, para zonas de circulação de peões e veículos. Princípios construtivos, ensaios, marcação, controlo de qualidade.
- Lancaster, B. (2008). *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond* (Vol. 2). Tucson: Rainsource Press.
- Nunes, L., Fernandes, J., Cardoso, J., Parente, J., Almeida, P., & Bettencourt, T. (2009). *Disponibilidade de Água Doce no Planeta*. Universidade do Porto.
- Radaideh, J. (2009). Quality Assessment of Harveste Rainwater for Domestic uses. *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences*.
- Regulamento Geral das Edificações Urbanas (1951).

RGSPDADAR (1995). Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto - Regulamento Geral Dos Sistemas Públicos E Prediais De Distribuição De Água E De Drenagem De Águas Residuais.

Silva-Afonso, A. (1992). *Dimensionamento de condutas elevatórias em sistemas de abastecimento de água - aspectos económicos*. Coimbra: Ministério do Planeamento e da Administração do Território.

Silva-Afonso, A. (2010). Eficiência Hídrica - Certificação e Rotulagem. *Revista Materiais de Construção nº 141*, 52-54.

SNIRH (2012). *Sistema Nacional de Informação de Recurso Hídricos*.

Tomaz, P. (2009). Aproveitamento de água de chuva e áreas urbanas para fins não potáveis.

WWC (2012) from <http://www.worldwatercouncil.org/>.

---

## ANEXOS

---



**Runoff:**

Coefficiente adimensional que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, no mesmo período de tempo.

Os valores de *Runoff* variam mediante o material que compõe a área de captação da água da chuva.

Tabela A 1- Valores do coeficiente de “*Runoff*” (Tomaz, 2009)

Material de revestimento da cobertura	Coeficiente <i>Runoff</i>
Telhas cerâmicas	0.8 a 0.9
Telhas esmaltadas	0.9 a 0.95
Telhais corrugadas de metal	0.8 a 0.9
Plástico, PVC	0.8 a 0.9

Tabela A 2-- Valores do coeficiente de “*Runoff*” (Waterfall, 2004)

Material		Coeficiente “ <i>Runoff</i> ”	
		Máximo	Mínimo
Revestimento do Telhado: metal, cascalho, asfalto, fibra de vidro		0.95	0.90
Pavimentação: betão, asfalto		1.00	0.90
Solo	Com vegetação	0.75	0.20
	Sem vegetação	0.60	0.10
Relvado	Com solo arenoso	0.10	0.05
	Com solo barrento	0.17	0.13

Tabela A 3- Valores do coeficiente de “*Runoff*” (ANQIP, 2009a)

Tipo e material de revestimento da cobertura	Coeficiente “ <i>Runoff</i> ”
Impermeáveis (Betão, Telha)	0.8
Planas com Gravelha	0.6
Verdes Intensivas (com camada de crescimento fina, adequada para flores e ervas)	0.5
Verdes Extensivas (com camada de profundidade Média, Permitindo plantar árvores e arbustos)	0.3



Tabela A 4 - Valores do coeficiente de "Runoff" (BSI, 2009)

Tipologia e material da cobertura	Coeficiente "Runoff"
Inclinada, com chapas de metal perfilado	0.9
Inclinada com telhas	0.8
Plana sem gravilha	0.8
Plana com gravilha	0.8
Verde intensiva*	0.5
Verde extensiva*	0.7

\*De notar que o coeficiente de *Runoff* varia para este tipo de superfícies. Deve ter-se em conta a possibilidade da drenagem ser cerca de 20% superior ou inferior. O comportamento hidráulico do *Runoff* em coberturas verdes depende da disposição da própria cobertura.

**Suprimento:**

O suprimento é o termo técnico que se atribui à compensação de água que é necessário proceder, caso não haja água da chuva em quantidade suficiente para o sistema funcionar. Esta água pode ser proveniente da rede ou de outra fonte alternativa que não coloque em risco o sistema AAP.

**Overflow:**

Caudal de água que excede o caudal de dimensionamento do sistema e que descarrega para a drenagem predial ou para outro destino final (ANQIP, 2009a).

**Backflow:**

Dá-se o nome de *backflow* ao retorno das águas da chuva para o interior da cisterna do SAAP Isto advém do escoamento inverso das águas da chuva devido, essencialmente, ao *overflow*.

### **Eficiência hidráulica da filtragem ( $\eta$ ):**

Segundo a literatura, a eficiência hidráulica de filtragem traduz o quociente entre a quantidade de água filtrada e a quantidade de água da chuva que chega ao filtro. Quanto mais perto da unidade este quociente for, melhor é o sistema de filtragem. Caso não exista nenhum dado sobre o filtro um valor razoável a adotar é  $c \times \eta = 0.8$  (ABNT/CEET-00.001.77, 2007) .

Segundo a ETA0701 (ANQIP, 2009a), para filtros com manutenção e limpeza regulares pode ser admitida uma eficiência hidráulica de 0.9, a menos que as características do sistema especifiquem algum valor diferente.

### ***First Flush:***

Dá-se o nome de “*First Flush*” ao desvio das primeiras águas da chuva captadas na cobertura dos edifícios.



Figura 73 - a) Primeiras águas da chuva sem sistema “*First Flush*”;  
Fonte: (<http://www.raindog.com.au>)



Figura 73 - b) Primeiras águas com sistema “*First Flush*”  
Fonte: (<http://www.raindog.com.au>)



Figura 74 – a) Sistema First Flush para tanques exteriores  
Fonte: (<http://www.specnet.com.au>)



Figura 74 – b) Sistema First Flush para tanques exteriores  
Fonte: (<http://www.raindog.com.au>)

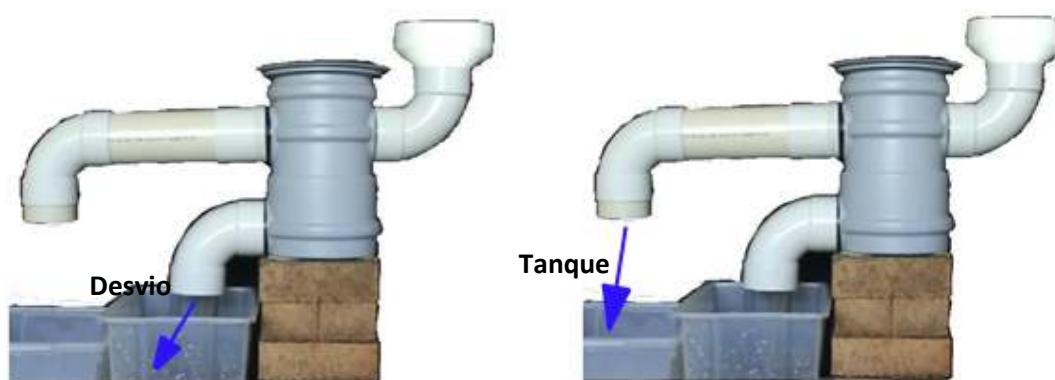


Figura 74 – c) Sistema First Flush para tanques exteriores  
Fonte: (<http://www.raindog.com.au>)

Tabela A 5- valores de consumos anuais por dispositivo ou utilização (ANQIP, 2009a)

Dispositivo ou utilização		Consumo unitário	Consumo anual	
Autoclismos (categoria "A") em residências		24 l/(pessoa.dia)	8800 l/pessoa	
Autoclismos (categoria "A") em edifícios de serviços (escritórios,etc)		12 l/(pessoa.dia)	4400 l/pessoa	
Autoclismos (categoria "A") em edifícios escolares		6 l/(pessoa.dia)	2200 l/pessoa	
Lavagem de roupa (máquina categoria "A") <sup>2</sup>		10 l/(pessoa.dia)	3700 l/pessoa	
Limpezas Gerais	Lavagem de pavimentos	5 l/m <sup>2</sup>	1000 l/pessoa <sup>3</sup>	
	Lavagem de automóveis (self-service)	50 l/automóvel		
Zonas Verdes (valores para anos médios) <sup>4</sup>	Valores totais (6 meses) -Abril a Set-	Relvados <sup>5</sup>	-	450 a 800 l/m <sup>2</sup>
		Jardins <sup>6</sup>	-	60 a 400 l/m <sup>2</sup>
		Campos de golfe <sup>7 8</sup>	-	200 a 450 l/m <sup>2</sup>
	Valores máximos (por dia) -no Verão-	Relvados <sup>5</sup>	5 a 7 l/m <sup>2</sup>	-
		Jardins <sup>6</sup>	1.5 a 5 l/m <sup>2</sup>	-
		Campos de golfe <sup>7 8</sup>	2 a 4.5 l/m <sup>2</sup>	-

<sup>1</sup>Autoclismo de 6 litros com dupla descarga

<sup>2</sup>Máquina com consumo de 9 a 12 Litros por Kg

<sup>3</sup>Trata-se de uma estimativa grosseira para residências, pois o global pode variar de forma muito significativa

<sup>4</sup>Considera-se que, em Portugal, a rega de espaços verdes deve ser considerada como uma utilização temporalmente limitada nos SAAP, dado que as maiores necessidades de rega surgem nos períodos de estiagem mais prolongados. Por este motivo entende-se que não há interesse em considerar valores totais superiores aos jardins sem necessidade de rega.

<sup>5</sup>Função do tipo de relva, do tipo de solo e zona do país

<sup>6</sup>Função do tipo de culturas, do tipo de solo e da zona do país (considerando um misto de relvados e zonas arbustivas)

<sup>7</sup>Valor médio, ponderando as áreas destinadas a greens e tees, a farways e surrounds, a roughs e semi-roughs e a zonas de enquadramento

<sup>8</sup>Função do tipo de sola e da zona do país

**Métodos de dimensionamento:****Método simplificado alemão**

Segundo este método, o volume útil do reservatório é assumido como valor 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual aproveitável de água da chuva. (ABNT/CEET-00.001.77, 2007).

$$V_u = \text{Min}\{V_a; C_e\} \times 0.06 \quad (\text{A1})$$

Onde:

$V_u$ - Volume do reservatório (litros)

$V_a$ - Volume anual de água da chuva aproveitável (litros)

$C_e$ - Consumos Unitários e Anuais por dispositivo ou utilização (litros)

**Método simplificado Espanhol**

Analogamente ao método simplificado alemão, os “inputs” de cálculo são equivalentes ao volume anual de consumo e o volume anual aproveitável de água da chuva. No entanto, este considera um valor médio entre os 2 fatores com um período de reserva de 30 dias.

$$V_u = [(V_a + C_e)/2] \times \frac{30}{365} \quad (\text{A2})$$

Onde:

$V_u$  - Volume do reservatório (litros)

$V_a$  - Volume anual de água da chuva aproveitável (litros)

$C_e$  - Consumos Unitários e Anuais por dispositivo ou utilização

**Método simplificado do Professor Azevedo Neto**

Este método, como na maior parte dos métodos simplificados, é empírico.

Segundo este, o volume do reservatório obtém-se pela da seguinte equação:

$$V_u = 0.0042 \times Pa \times A \times T \quad (\text{A3})$$

Onde:

$V_u$  - Volume do reservatório (litros)

$P_a$  - Volume médio anual de precipitação (mm/ano= l/m<sup>2</sup> por ano)

$A$  - Área de captação (m<sup>2</sup>)

$T$  - número de meses de pouca chuva

### Método simplificado Inglês

Consoante este método, o volume do reservatório obtém-se por meio da seguinte equação:

$$V_u = 0.05 \times P \times A \quad (\text{A4})$$

Onde:

$V_u$  - Volume do reservatório (litros)

$P_a$  - Volume médio anual de precipitação (mm)

$A$  - Área de captação (m<sup>2</sup>)

### Método de Rippl

O método de Rippl tem tendência para sobredimensionar o valor do volume da cisterna, no entanto, com este temos um controle sobre as variações da altura de água dentro do tanque. É favorável usá-lo na verificação do limite superior do volume da cisterna. Neste método é indiferente usar as séries históricas mensais ou diárias. A condição que traduz o volume da cisterna é:

$$S_t = D_t - Q_t \quad (\text{A5})$$

$$Q_t = C \times I_t \times A \quad (\text{A6})$$

$$V_u = \sum S_t \quad \text{para valores } S_t > 0 \quad (\text{A7})$$

$$\text{Sendo que: } \sum Q_t = \sum D_t \quad (\text{A8})$$

Onde:

$V_u$  - Volume do reservatório ( $m^3$ )

$S_t$  - Volume de água no reservatório no período de tempo  $t$  ( $m^3$ )

$D_t$  - consumo no período de tempo  $t$  ( $m^3$ )

$Q_t$  - Volume de chuva aproveitável no período de tempo  $t$  ( $m^3$ )

$C$  - Coeficiente do escoamento superficial (“*Runoff*”) (adimensional)

$A$  - Área de captação ( $m^2$ )

## Método gráfico segundo a British Standard (BSI, 2009)

A British Standard fornece abacos, onde relaciona a capacidade do reservatório e a área de captação com o número de utilizadores a servir, permitindo assim um dimensionamento rápido e fiável. De notar que estes foram feitos para o país de origem, tendo por base a média anual de pluviosidade do Reino Unido; não obstante podem servir como suporte em países com regimes pluviométricos idênticos.

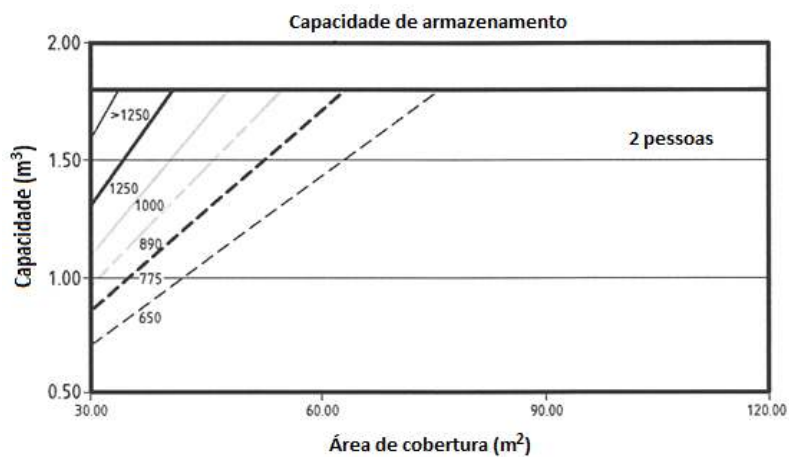


Figura 75 - a) Volume de cisterna para 2 Pessoas

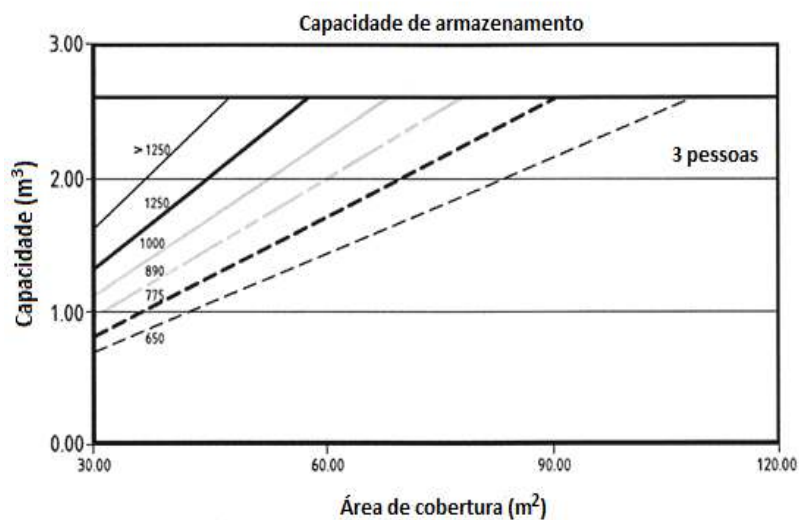


Figura 75 - b) Volume de cisterna para 3 Pessoas



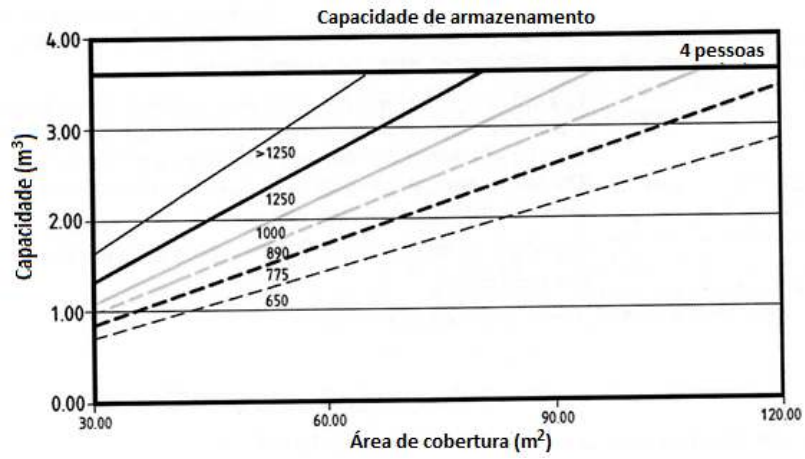


Figura 75 - c) Volume de cisterna para 4 Pessoas

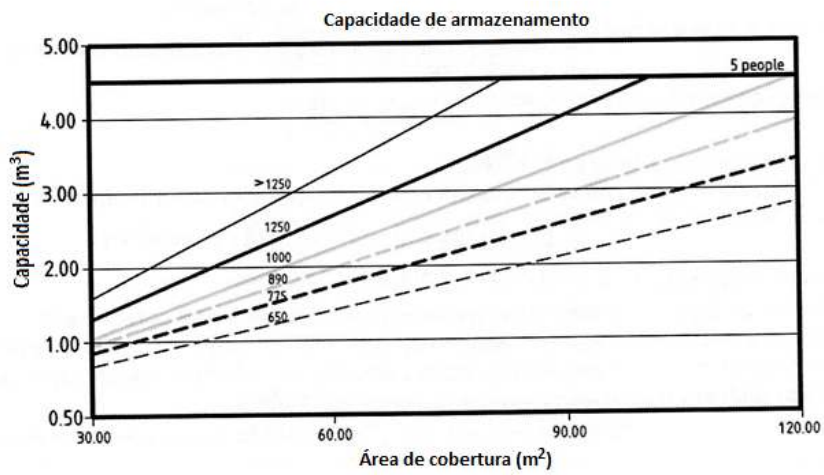


Figura 75 - d) Volume de cisterna para 5 Pessoas

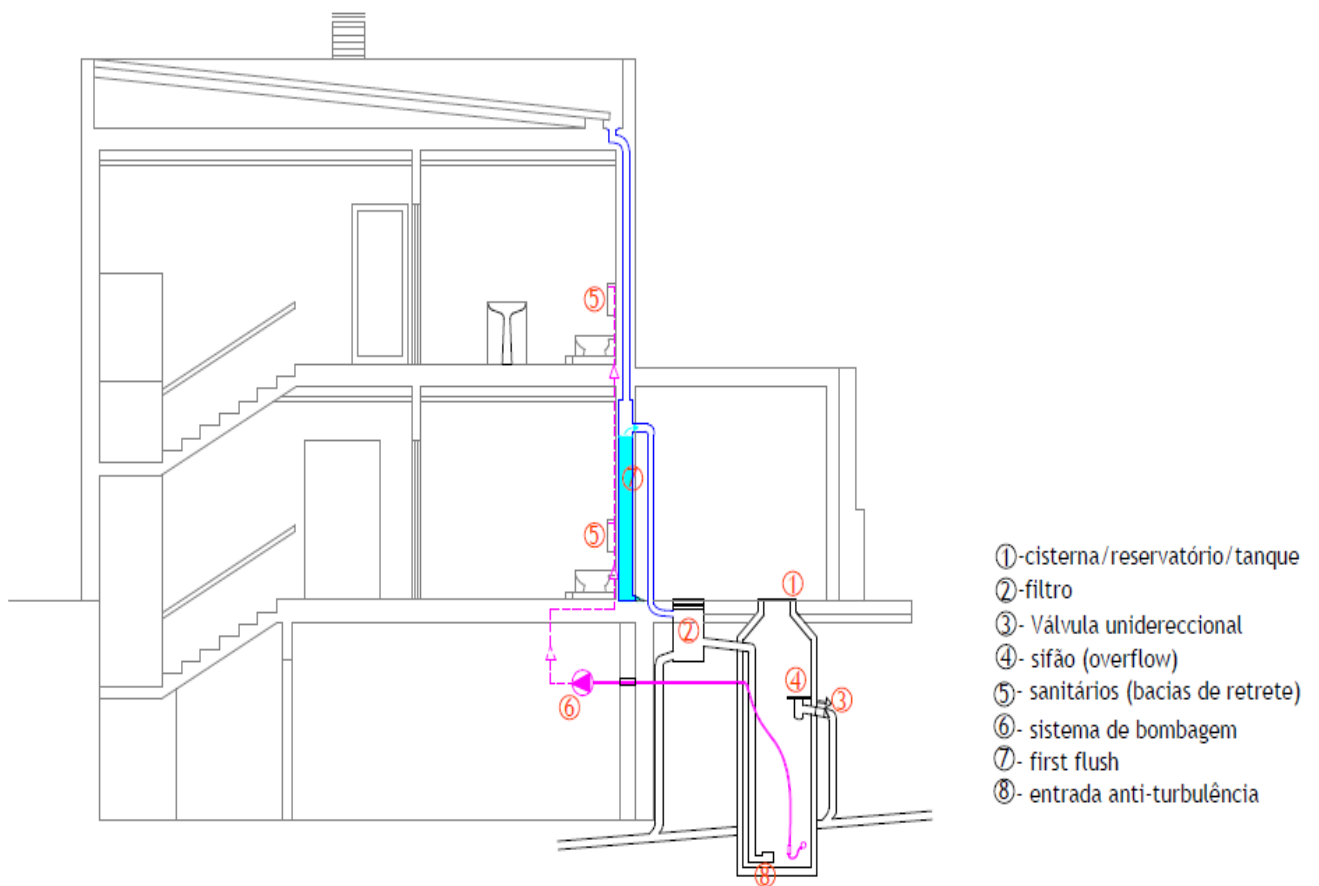


Figura 76 - Sistema SAAP (bombeagem)

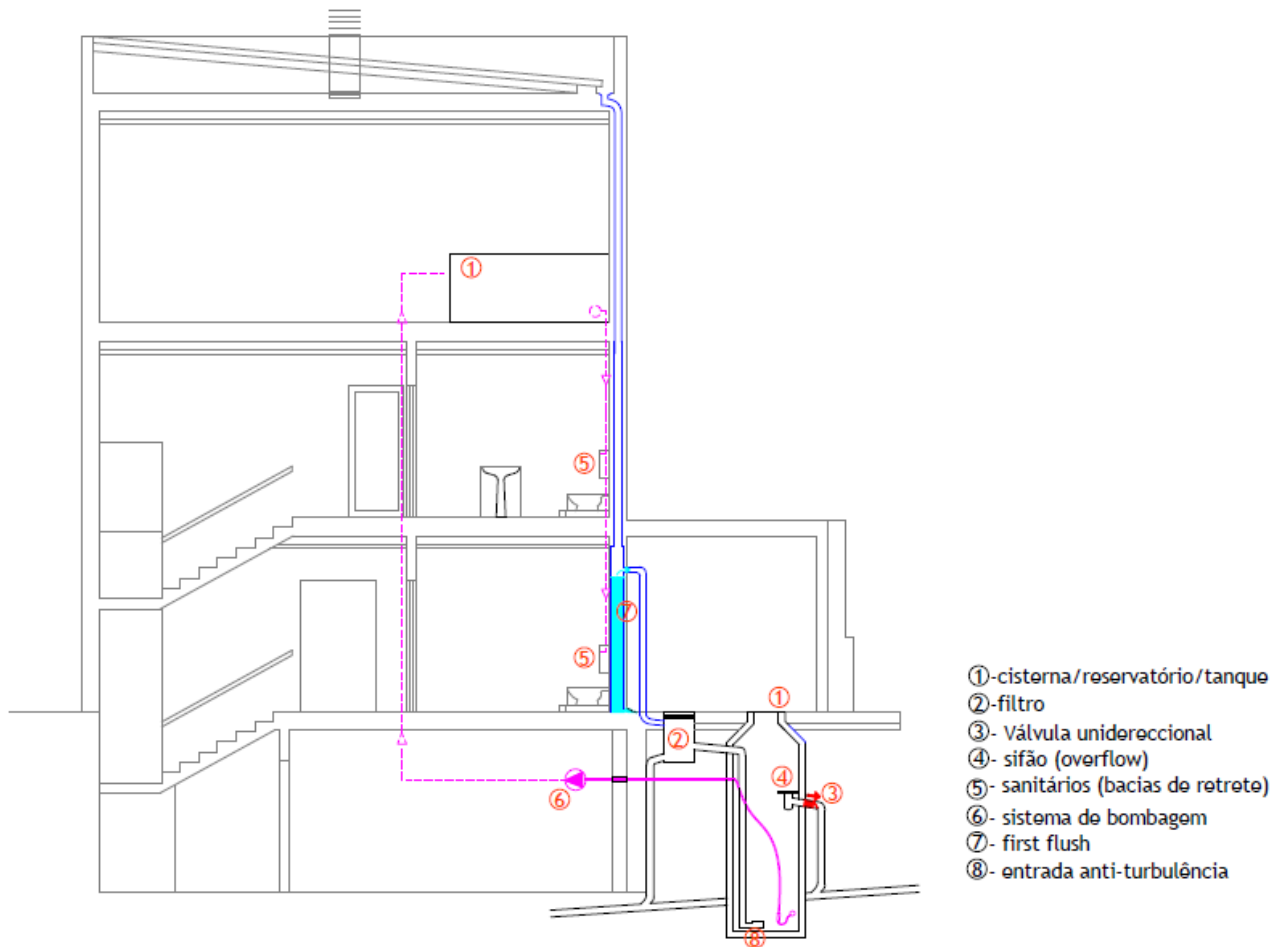


Figura 77 - Sistema SAAP (Misto)

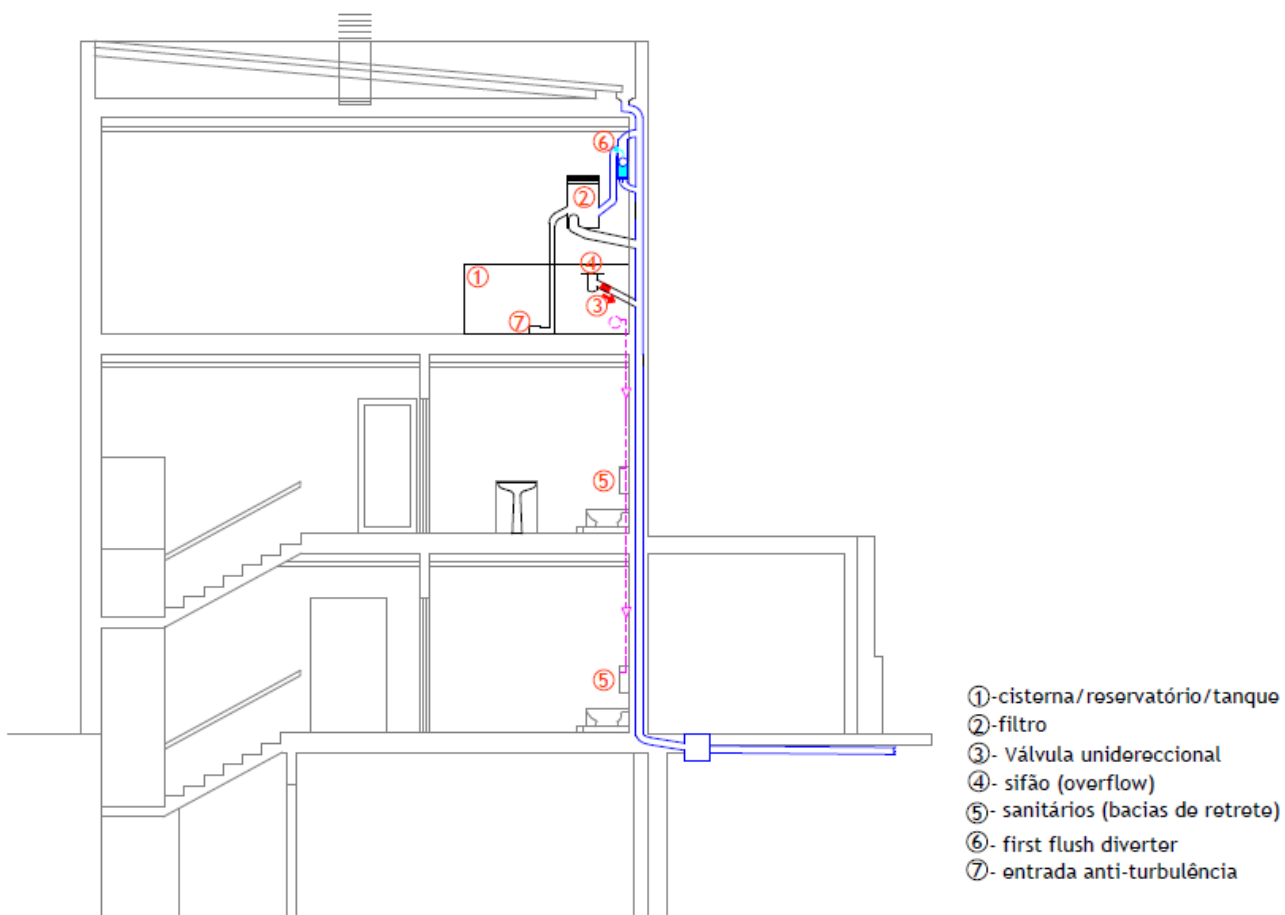


Figura 78 - Sistema SAAP (Gravítico)