



# Dimensionamento de um sistema de rega para uma horta urbana com recurso a águas pluviais

**JOSÉ TRINDADE DO RÊGO**

outubro de 2018

# Dimensionamento de um sistema de rega para uma horta urbana com recurso a águas pluviais

José Trindade do Rêgo

Dissertação submetida para a obtenção do grau de  
Mestre em Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica

outubro de 2018



Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projecto/Estágio do 2º ano do  
Mestrado em Energias Sustentáveis

Candidato: José Trindade do Rêgo, N° 1080255, 1080255@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Pedro Miguel Rosas de Almeida Areal, paa@isep.ipp.pt

Mestrado em Energias Sustentáveis  
Departamento de Engenharia Mecânica



outubro de 2018

(Página deliberadamente em branco)

## *Resumo:*

A ideia inicial do trabalho era o dimensionamento de um sistema de rega, automatizado, onde se previsse um controlo sobre a água gasta, sendo que o mesmo fosse do ponto de vista ambiental viável e que se baseasse nos princípios gerais da sustentabilidade, por outras palavras, que incluísse o uso de águas da chuva e sistemas de transformação de energia elétrica de fontes renováveis para uma horta comunitária situada na cidade do Porto.

No caso em estudo, dimensionou-se o sistema com os pressupostos acima indicados, bem como se realizou o orçamento para os materiais necessários à sua implantação. Verificou-se, porém, que o valor final para a construção deste tipo de sistemas é elevado, não pelo valor unitário de cada elemento, mas pela quantidade total de peças a instalar.

Apesar da área em estudo se encontrar num centro urbano, mostrou-se que é possível implantar um sistema que cumpra com os objetivos definidos, deduzindo-se que para uma área rural a implementação deste tipo de sistemas seja mais agradável do ponto de vista ambiental e económico.

*Palavras-Chave:* Agricultura urbana, Aproveitamento de água pluvial, Sistema de rega, Sustentabilidade

(Página deliberadamente em branco)

## *Abstract:*

The initial idea behind this project was the design of an automated irrigation system, where there was a control system for the use of water, from a viable environmental point of view, and based on the general principles of sustainability, in other words, the system had to include the use of rainwater and the use of electricity obtained through renewable sources, in a community garden situated in the city of Oporto.

In the study case, the system was designed, with the assumptions indicated above, as well as the budget for the materials needed for its implementation. However, it was verified that the final value for the construction of this type of systems is high, not by the unit value of each element, but by the total number of pieces to install.

Although the study area is located in an urban area, it has been shown that it is possible to implement a system that meets the defined objectives, deducing that for a rural area the implementation of this type of systems is more environmentally and economically attractive.

*Keywords:* Irrigation system, Rainwater harvesting,, Sustainability, Urban agriculture

(Página deliberadamente em branco)

# Índice

Resumo: .....	iii
Palavras-Chave: .....	iii
Abstract: .....	v
Keywords:.....	v
Índice .....	vii
Índice de figuras .....	ix
Índice de tabelas .....	xiii
Capítulo I – Introdução.....	1
I. Organização do documento .....	2
Capítulo II – Estado da Arte .....	3
I. Métodos de dimensionamento .....	3
i. Sistemas de drenagem/recolha e condução de águas pluviais .....	3
ii. Sistemas de rega.....	14
iii. Sistemas solares fotovoltaicos.....	23
Capítulo III – Trabalho desenvolvido.....	27
I. Trabalhos iniciais.....	27
i. Pluviosidade na região .....	27
ii. Localização, envolvente e caracterização do espaço .....	42
II. Dimensionamentos.....	46
i. Sistema de drenagem/recolha de águas pluviais.....	46

ii.	Sistema de rega .....	54
iii.	Sistema de bombagem.....	63
iv.	Sistema de armazenamento .....	65
v.	Sistema solar fotovoltaico.....	67
III.	Orçamentos .....	68
i.	Sistema de drenagem/recolha de águas pluviais .....	68
ii.	Sistema de rega .....	69
iii.	Sistema de bombagem.....	71
iv.	Sistema de armazenamento .....	72
v.	Sistema solar fotovoltaico.....	73
Capítulo IV –	Conclusões.....	75
I.	Dimensionamento.....	75
II.	Orçamento.....	76
III.	Conclusões e Trabalhos Futuros .....	76
Referências bibliográficas	.....	77
Anexos.....		79
I.	Peças desenhadas.....	i

## *Índice de figuras*

Figura 1 – Três pilares sustentabilidade .....	1
Figura 2 – Regiões pluviométricas A, B e C, apresentadas no anexo IX (Ministério das Obras Públicas, 1995) .....	6
Figura 3 – Coeficientes de escoamento (Sá Marques & Sousa, 2011).....	6
Figura 4 – Tipos de sistema de rega (Rain Bird, 2001).....	14
Figura 5 – Rega por nebulização (CUDELL, 2017).....	15
Figura 6 – Rega por aspersão (CUDELL, 2017).....	16
Figura 7 – Rega por pulverização (CUDELL, 2017) .....	16
Figura 8 – Ângulos de funcionamento de bicos de rega.....	17
Figura 9 – Exemplo de distribuição de equipamentos (Rain Bird, 2001) .....	17
Figura 10 – Esquema de um sistema de rega por aspersão (Hunter, 2017).....	17
Figura 11 – Rega localizada por tubo cego (CUDELL, 2017).....	18
Figura 12 – Esquema de um sistema de rega por tubo gota-a-gota (Hunter, 2017) .....	18
Figura 13 – Esquema de um sistema de rega por tubo gota-a-gota (Hunter, 2017) .....	18
Figura 14 – Programadores (Hunter, 2017).....	20
Figura 15 – Sensores (Hunter, 2017).....	21
Figura 16 – Bomba (CUDELL, 2017).....	21
Figura 17 – Caixa de válvulas (Hunter, 2017).....	22
Figura 18 – Estação meteorológica da Serra do Pilar (IPMA, 2017).....	28
Figura 19 – Datas dos relatórios referentes às normais meteorológicas (IPMA, 2017).....	28

Figura 20 – Estações meteorológicas próximas do concelho do Porto (SNIRH, 2017) .....	29
Figura 21 – Localização das estações mencionadas na Figura 20 (SNIRH, 2017).....	29
Figura 22 – Instalações de análise para os boletins de precipitação do SNIRH (SNIRH, 2017) .....	30
Figura 23 – Dados pluviométricos para o Porto entre 1981 e 2010 (IPMA, 2017) .....	31
Figura 24 – Perfil médio de distribuição da precipitação ao longo dos meses do ano .....	37
Figura 25 – Correlação entre a precipitação anual no Porto e a média acumulada de precipitações das estações em estudo .....	38
Figura 26 – Regressão linear entre os acumulados da precipitação anual e o período em anos para a cidade do Porto .....	39
Figura 27 – Perfil de precipitações anuais para o Porto num período de 30 anos.....	40
Figura 28 – Perfil de precipitações anuais para o Porto num período de 20 anos.....	40
Figura 29 – Distribuição média da precipitação ao longo dos meses do ano .....	41
Figura 30 – Envolvente da zona em estudo (Google, 2018) .....	42
Figura 31 – Planta envolvente da área em estudo (Esri, 2017) .....	42
Figura 32 – Localização do espaço agrícola.....	43
Figura 33 – Planta da envolvente sobreposta com o desenho em CAD.....	44
Figura 34 – Corte do terreno.....	44
Figura 35 – Esquema de distribuição dos espaços cultivados ou a cultivar .....	45
Figura 36 – Adaptação do esquema à planta elaborada.....	45
Figura 37 – Edifício da associação .....	46
Figura 38 – Cobertura do edifício.....	47

Figura 39 – Coeficientes de escoamento (Sá Marques & Sousa, 2011).....	48
Figura 40 – Elementos geométricos de condutas (Evangelista, 2013).....	50
Figura 41 – Marcação dos tubos de queda .....	52
Figura 42 – Planta geral da horta.....	54
Figura 43 – Planta do sistema de rega .....	55
Figura 44 – Catálogo tubo gota-a-gota (CUDELL, 2017).....	56
Figura 45 – Diagrama de condução da água no sistema.....	57
Figura 46 – Parâmetros de funcionamento do tubo de polietileno (CUDELL, 2017).....	58
Figura 47 – Parâmetros de funcionamento do sistema gota-a-gota (CUDELL, 2017) .....	62
Figura 48 – Características de grupos eletrobomba (CUDELL, 2017) .....	63
Figura 49 – Curva da bomba .....	64
Figura 50 – Localização dos reservatórios/depósitos .....	65
Figura 51 – Características de depósitos de água superficiais (CUDELL, 2017) .....	66
Figura 52 – Kit solar fotovoltaico (CHL-J2, 2018).....	67

(Página deliberadamente em branco)

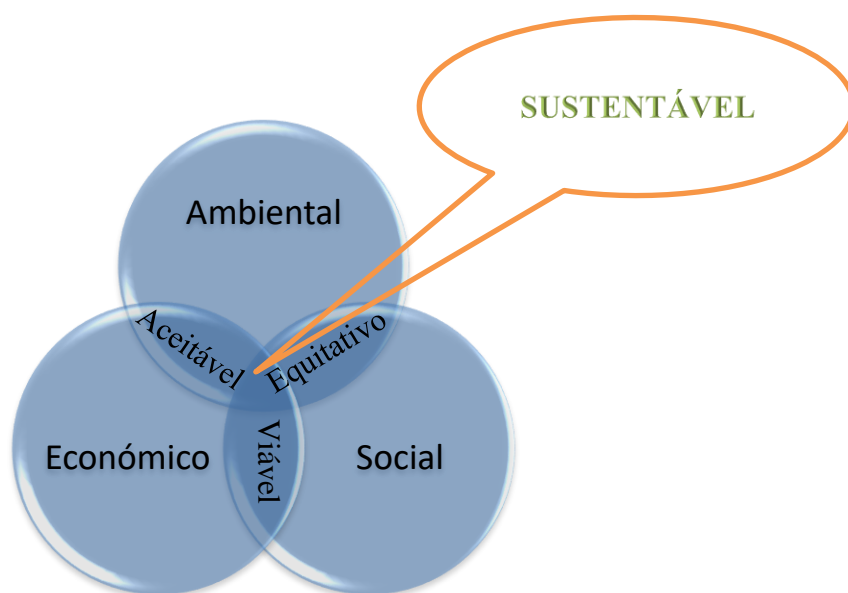
## *Índice de tabelas*

Tabela 1 – Dados por trimestre para cada estação meteorológica apresentada pelo SNIRH [mm] .....	32
Tabela 2 – Dados por trimestre para cada estação meteorológica apresentada pelo SNIRH [mm] (cont.).....	33
Tabela 3 – Dados por trimestre para cada estação meteorológica apresentada pelo SNIRH [mm] (cont.).....	34
Tabela 4 – Dados por trimestre para cada estação meteorológica apresentada pelo SNIRH [mm] (cont.).....	35
Tabela 5 – Dados por trimestre para cada estação meteorológica apresentada pelo SNIRH [mm] (cont.).....	36
Tabela 6 – Áreas das vertentes de captação .....	47
Tabela 7 – Valores de a e b.....	48
Tabela 8 – Caudais de cálculo para as caleiras.....	49
Tabela 9 – Resultados do dimensionamento de caleiras .....	51
Tabela 10 – Determinação da altura da lâmina de água nas caleiras (h).....	52
Tabela 11 – Resultados do dimensionamento dos tubos de queda.....	53
Tabela 12 – Tabela de medição do sistema .....	55
Tabela 13 – Tabela de medição do sistema (cont.).....	56
Tabela 14 – Perdas de carga entre o Ponto de abastecimento e as electroválvulas.....	59
Tabela 15 – Perdas de carga entre as electroválvulas e o sistema gota-a-gota.....	60
Tabela 16 – Perda de carga localizada das electroválvulas .....	61
Tabela 17 – Pressão inicial no ponto de entrega .....	62

Tabela 18 – Orçamento para sistema de drenagem de águas pluviais.....	68
Tabela 19 – Orçamento para sistema de rega .....	69
Tabela 20 – Orçamento para sistema de rega (cont.) .....	70
Tabela 21 – Orçamento para sistema de bombagem .....	71
Tabela 22 – Orçamento para sistema de armazenamento.....	72
Tabela 23 – Orçamento para sistema solar fotovoltaico.....	73

# Capítulo I – Introdução

O desenvolvimento sustentável é um tema recorrente nos dias de hoje, que apesar de ser um assunto importante é maioritariamente mal utilizado pelos órgãos de comunicação. O desenvolvimento sustentável é aquele que concede às gerações presentes saciar as suas necessidades não prejudicando os recursos disponíveis para as futuras gerações. A sustentabilidade está assente em três pilares, pilar ambiental, pilar económico e pilar social, sendo que não se pode alterar um sem afetar os restantes.



**Figura 1 – Três pilares sustentabilidade**

Tendo em conta a ideia definida anteriormente, este projeto teve o intuito de criar um sistema que não fosse tão consumista quanto as opções usualmente adotadas. Neste caso o sistema de rega dimensionado previu a captação e armazenamento da água da chuva e posterior uso num sistema de rega automático, alimentado a energia solar fotovoltaica.

A análise realizada prendeu-se, essencialmente, com a identificação dos possíveis métodos de rega a usar e o seu dimensionamento, optando-se pelo mais razoável do ponto de vista funcional.

Uma vez dimensionado o sistema procedeu-se à sua orçamentação, com o objetivo de identificar se a solução encontrada é ou não dispendiosa, e quais os fatores por detrás dos resultados obtidos.

## I. **Organização do documento**

Este documento está organizado em sete capítulos distintos. Nesses capítulos são apresentados, de forma cronológica conforme o trabalho realizado.

Uma descrição dos conteúdos de cada capítulo é apresentada nos parágrafos seguintes.

**Capítulo I – Introdução** – Neste capítulo é realizada a introdução ao relatório, bem como, a descrição do conteúdo presente nos vários capítulos.

**Capítulo II – Estado da Arte** – No Capítulo II são apresentados os métodos utilizados no dimensionamento de sistemas de recolha de águas pluviais, bem como, no dimensionamento de sistemas de rega e painéis fotovoltaicos.

**Capítulo III – Trabalho desenvolvido** – O Capítulo III contém a descrição do desenvolvimento do tema proposto ao longo de todo o período de estudo.

(Página deliberadamente em branco)

# Capítulo IV – Conclusões

Como o título indica, neste ponto encontra-se uma análise aos resultados obtidos e as várias conclusões que se podem retirar do trabalho desenvolvido, bem como a sugestão de temas passíveis de ser investigados em futuros projetos.

# Capítulo II – Estado da Arte

## I. Métodos de dimensionamento

### i. Sistemas de drenagem/recolha e condução de águas pluviais

Antes do dimensionamento de qualquer tipo de estrutura e/ou infraestrutura é necessário, em primeiro lugar, recolher os dados necessários de forma a encontrar a solução que melhor se adequa às variáveis que nela atuam.

No caso de um sistema de recolha de águas pluviais, em primeiro lugar dever-se-á determinar qual a precipitação de dimensionamento, bem como as características de drenagem das áreas afetadas ao projeto.

Para tal, e de acordo com o *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais* (RGSPDADAR) (Ministério das Obras Públicas, 1995), os elementos de base para dimensionamento de redes de drenagem estão dispostos no capítulo III, com a mesma denominação, do Título V (Sistemas de drenagem predial de águas residuais), do regulamento em causa, sendo que as regras definidas para sistemas pluviais são as seguintes:

### **“Artigo 210.º Precipitação**

1 – Na determinação da precipitação a adoptar, deve ter-se em conta o disposto no artigo 128.º

2 – O período de retorno a considerar no dimensionamento hidráulico de uma rede predial de drenagem pluvial deve ser, no mínimo, de cinco anos, para uma duração de precipitação de cinco minutos.

### **Artigo 211.º Coeficiente de escoamento**

O coeficiente de escoamento é determinado de acordo com o disposto no artigo 129.º, sendo a unidade o valor para coberturas de edifícios.”

Os artigos mencionados nos textos anteriores estão descritos no Capítulo I, intitulado regras gerais, do Título IV com o nome Sistemas de drenagem pública de águas residuais, do regulamento em vigor.

### **“Artigo 128.º Precipitação**

1 – Na elaboração de estudos relativos à drenagem de águas pluviais deve recorrer-se às curvas intensidade/duração/frequência, que fornecem os valores das intensidade médias máximas da precipitação para várias declarações e diferentes períodos de retorno.

2 – As durações a considerar são as equivalentes ao tempo de concentração, que é a soma do tempo de percurso com o tempo inicial, podendo este variar entre cinco minutos, em zonas inclinadas e de grande densidade de sarjetas, e quinze minutos, em zonas planas com pequena densidade destes elementos acessórios.

3 – As curvas referidas no n.º 1 são obtidas a partir da análise estatística de séries históricas de registos udográficos correspondentes a um número elevado de anos.

4 – Sempre que não se considere indispensável a análise estatística ou na ausência de dados adequados para o caso em estudo, pode recorrer-se às curvas correspondentes a três regiões pluviométricas A, B e C, apresentadas no anexo IX, onde se indicam os parâmetros a considerar para vários períodos de retorno.

## **Artigo 129.º Coeficiente de escoamento**

O coeficiente de escoamento é a razão entre a precipitação útil, isto é, aquela que dá origem a escoamento na rede e a precipitação efectiva, ou seja, aquela que cai dentro da bacia e pode ser estimado através do gráfico e das expressões analíticas constantes do anexo X.”

Na Figura 2 é apresentado o mapa de Portugal com a identificação das regiões pluviométricas, bem como a tabela de coeficientes a usar no cálculo da intensidade de precipitação (Equação 1).

$$I = a \cdot t^b \text{ [mm/h]} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

I – Intensidade de precipitação [mm/h]

t – Tempo de precipitação [min]

a, b – Coeficientes de intensidade de precipitação

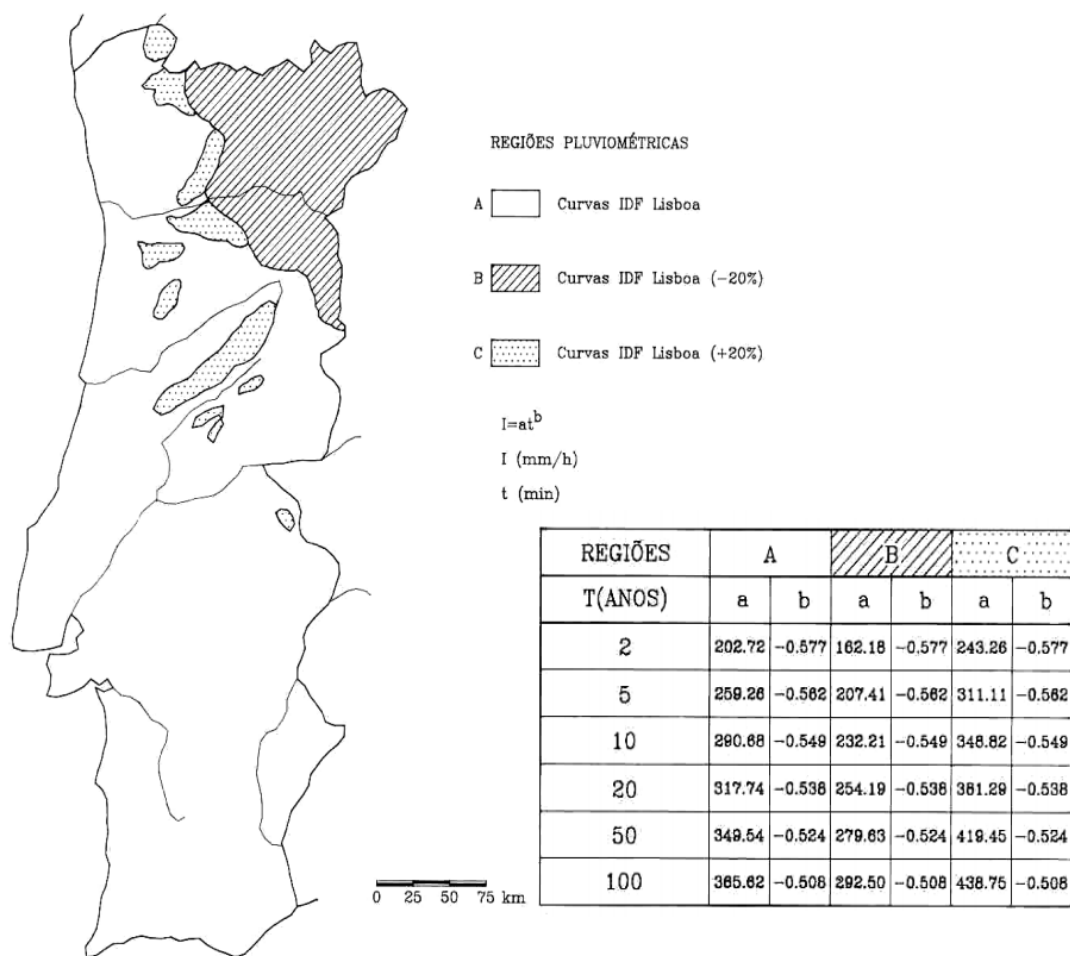


Figura 2 – Regiões pluviométricas A, B e C, apresentadas no anexo IX (Ministério das Obras Públicas, 1995)

Relativamente ao coeficiente de escoamento da superfície em análise, pode ser dado pela Figura 3.

Ocupação do solo	C
<b>Zonas Verdes</b>	
Baldios	0.10-0.30
Relvados em solos arenosos	0.05-0.20
Relvados em solos pesados	0.15-0.35
Campos desportivos	0.20-0.35
<b>Zonas Comerciais</b>	
Centro da cidade	0.70-0.95
Periferia	0.50-0.70
<b>Zonas residenciais</b>	
Habitacões individuais no centro da cidade	0.30-0.50
Habitacões individuais na periferia	0.25-0.40
Habitacões colectivas	0.50-0.70
Telhados e coberturas	0.75-0.95
<b>Zonas industriais</b>	
Dispersa	0.50-0.80
Concentrada	0.60-0.90
<b>Vias de comunicacão</b>	
Asfaltadas	0.70-0.90
De betão	0.80-0.95
Passeios	0.75-0.85

Figura 3 – Coeficientes de escoamento (Sá Marques & Sousa, 2011)

Relativamente aos ramais de descarga, estes estão apresentados no Capítulo IV Canalizações, Secção I:

**“Artigo 212.º Finalidade**

1 – ...

2 – Os ramais de descarga de águas pluviais têm por finalidade a condução destas aos respectivos tubos de queda ou, quando estes não existam, aos colectores prediais, poços absorventes, valetas ou áreas de recepção apropriadas.

**Artigo 213.º Caudais de cálculo**

1 – ...

2 – Os caudais de cálculo de ramais de descarga de águas pluviais devem basear-se nas áreas a drenar em projecção horizontal, no coeficiente de escoamento e na precipitação.

**Artigo 214.º Dimensionamento hidráulico-sanitário**

1 – ...

2 – ...

3 – ...

4 – ...

5 – No dimensionamento hidráulico dos ramais de descarga de águas pluviais deve ter-se em atenção:

a) Os caudais de cálculo;

b) As inclinações, que não devem ser inferiores a 5 mm/m;

c) A rugosidade do material.

6 – Os ramais de descarga de águas pluviais podem ser dimensionados para escoamento a secção cheia.

### **Artigo 215.º Diâmetro mínimo**

1 – ...

2 – O diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga de águas pluviais é de 40 mm, excepto quando aplicados ralos de pinha em que o diâmetro mínimo deve ser de 50 mm.

### **Artigo 216.º Sequência de secções**

A secção do ramal de descarga não pode diminuir no sentido do escoamento.

### **Artigo 217.º Traçado**

1 – O traçado dos ramais de descarga deve obedecer ao princípio dos traçados varejáveis, devendo ser feito por troços rectilíneos...”

A Secção III Algerozes e caleiras, define as regras de dimensionamento, tal como o nome indica, de algerozes e caleiras.

### **“Artigo 225.º Finalidade**

Os algerozes e caleiras têm por finalidade a recolha e condução de águas pluviais aos ramais de descarga ou aos tubos de queda.

### **Artigo 226.º Caudais de cálculo**

Os caudais de cálculo de algerozes e caleiras devem ser obtidos de acordo com as áreas a drenar, tendo em conta o determinado nos artigos 210.º e 211.º

### **Artigo 227.º Dimensionamento hidráulico**

No dimensionamento hidráulico de algerozes e caleiras deve ter-se em atenção:

- a) Os caudais referidos no artigo anterior;
- b) A inclinação;
- c) A rugosidade do material;
- d) A altura da lâmina líquida, que não deve exceder 0,7 da altura da secção transversal.

### **Artigo 228.º Natureza dos materiais**

Os algerozes e caleiras podem ser de chapa zincada, betão, fibro-cimento, PVC rígido ou outros materiais que reúnam as necessárias condições de utilização.”

Com os dados recolhidos possibilita-se o cálculo do caudal de dimensionamento das caleiras dado pela Equação 2.

$$Q = c.I.A [l/min]$$

Equação 2

Em que:

Q – Caudal [l/min]

c – Coeficiente de escoamento

I – Intensidade de precipitação [l/(min.m<sup>2</sup>)]

A – Área da superfície [m<sup>2</sup>]

Uma vez determinado o caudal de cálculo e tendo em conta o descrito na alínea d) do artigo 227.º (d) A altura da lâmina líquida, que não deve exceder 0,7 da altura da secção transversal) recorre-se à fórmula de Manning-Strickler (Quintela, 1981), Equação 3, para determinar qual o diâmetro/dimensões do tubo a usar.

$$Q = K \cdot A_h \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

Q – Caudal [m<sup>3</sup>/s]

K – Coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler

A<sub>h</sub> – Área molhada [m<sup>2</sup>]

R<sub>h</sub> – Raio hidráulico [m]

i – Inclinação [m/m]

Relativamente aos tubos de queda, o regulamento especifica as regras de dimensionamento na Secção IV.

#### **“Artigo 230.º Caudais de cálculo**

1 – ...

2 – Os caudais de cálculo de tubos de queda de águas pluviais devem ser o somatório dos caudais de cálculo dos algerozes, caleiras e ramais de descarga que para eles descarregam.

#### **Artigo 231.º Dimensionamento hidráulico-sanitário**

1 – ...

2 – ...

3 – ...

4 – No dimensionamento hidráulico dos tubos de queda de águas pluviais deve ter-se em atenção:

a) Os caudais de cálculo referidos no artigo anterior;

b) A altura de água acima de tubo de queda, ou seja a carga na coluna.

5 – No dimensionamento hidráulico dos tubos de queda previstos neste artigo, pode observar-se, a título exemplificativo, o disposto nos anexos XVIII e XIX.

#### **Artigo 232.º Diâmetro mínimo**

O diâmetro nominal dos tubos de queda de águas residuais, domésticas ou pluviais, não pode ser inferior ao maior dos diâmetros dos ramais a eles ligados, com um mínimo de 50 mm.

#### **Artigo 233.º Traçado**

1 – O traçado dos tubos de queda deve ser vertical, formando preferencialmente um único alinhamento recto.

2 – Não sendo possível evitar mudanças de direcção, estas deve ser efectuadas por curvas de concordância, não devendo o valor da translação exceder 10 vezes o diâmetro do tubo de queda.

3 – No caso de exceder aquele valor, o troço intermédio de fraca pendente deve ser tratado como colector predial.

4 – ...

5 – ...

6 – No anexo XX é apresentada uma demonstração das condições expostas.

#### **Artigo 234.º Localização**

1 – ...

2 – Os tubos de queda de águas pluviais devem ser localizados, de preferência, à vista na face exterior do edifício ou em galerias verticais acessíveis.

#### **Artigo 235.º Bocas de limpeza**

...

#### **Artigo 236.º Descarga**

1 – ...

2 – ...

3 – Os tubos de queda de águas pluviais podem descarregar:

a) Em colectores prediais através de forquilhas ou câmaras de inspecção com curvas de concordância entre os troços vertical e de fraca pendente;

b) Em valetas de arruamentos, directamente ou através de caleiras ou tubos devidamente protegidos contra sobrecargas previsíveis.

## Artigo 237.º Natureza dos materiais

1 – ...

2 – Os tubos de queda de águas pluviais podem, entre outros, ser de PVC rígido, chapa zincada e ferro fundido ou galvanizado.”

No anexo XIX do RGSPDADAR é apresentada a fórmula (Equação 4) a utilizar no dimensionamento dos tubos de queda de águas pluviais tendo em conta as regras especificadas nos parágrafos anteriores.

$$Q = \left( \alpha + \beta \cdot \frac{H}{D} \right) \cdot \pi \cdot D \cdot H \cdot \sqrt{2gh} \quad \text{Equação 4}$$

Com:

Q – Caudal escoado [m<sup>3</sup>/s]

H – Carga no tubo de queda [m]

D – Diâmetro interno do tubo de queda [m]

g – Aceleração da gravidade [m/s<sup>2</sup>]

$\alpha = \begin{cases} 0,453 & \text{Entrada de caudal no tubo de queda com aresta viva} \\ 0,579 & \text{Entrada cónica no tubo de queda} \end{cases}$

$\beta = 0,350$

## ii. Sistemas de rega

Os sistemas de rega são um ponto importante no dimensionamento de espaços verdes, pois contribuem para uma melhor gestão de recursos e manutenção do espaço. O desgaste causado quer por utilizadores, animais, bem como condições ambientais adversas consegue ser minimizado graças a uma rega eficiente, proporcionando às plantas um bem-estar hídrico necessário ao seu desenvolvimento.

Um bom plano de rega, tendo por base o referido anteriormente, não deve prever a rega em demasia, uma vez que esta é responsável pela erosão do solo, eliminação de nutrientes e escorrimentos superficiais, nem deficiência no volume de água utilizado, de forma a evitar a aridez do solo, evitando que o espaço não seja hostil para as plantas a criar.

Os tipos de rega atualmente disponíveis dividem-se em dois grupos, rega manual e rega automatizada. A rega manual, consiste, como o nome indica, na distribuição manual de água pelo espaço, através do recurso a mangueiras e/ou regadores, sendo desvantajoso na falta de controlo da água utilizada face às necessidades hídricas das plantas. A rega automatizada é por sua vez eficaz no ponto referido, caso seja bem dimensionada, devendo-se ao fato de o seu dimensionamento prever o índice de evapotranspiração do solo, capacidade de retenção e as necessidades hídricas das plantas.

A rega automatizada exterior (Figura 4) pode-se dividir em três tipos, rega por aspersão, por pulverização ou rega localizada, no caso de estufas e viveiros existem ainda sistemas por nebulização (Figura 5).

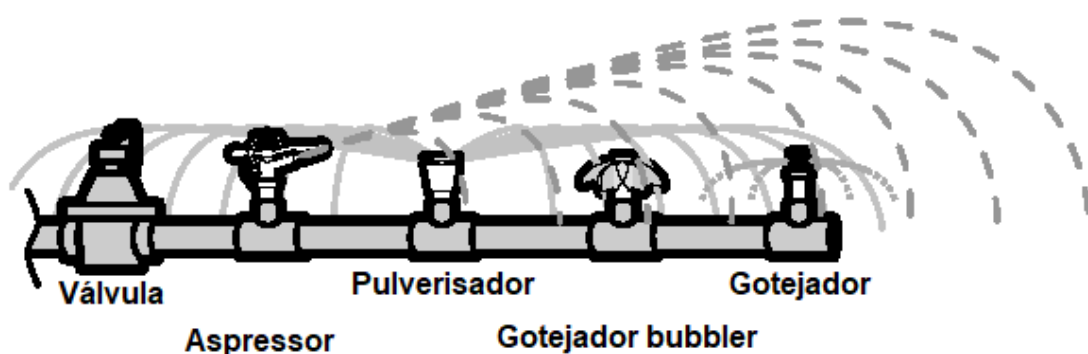
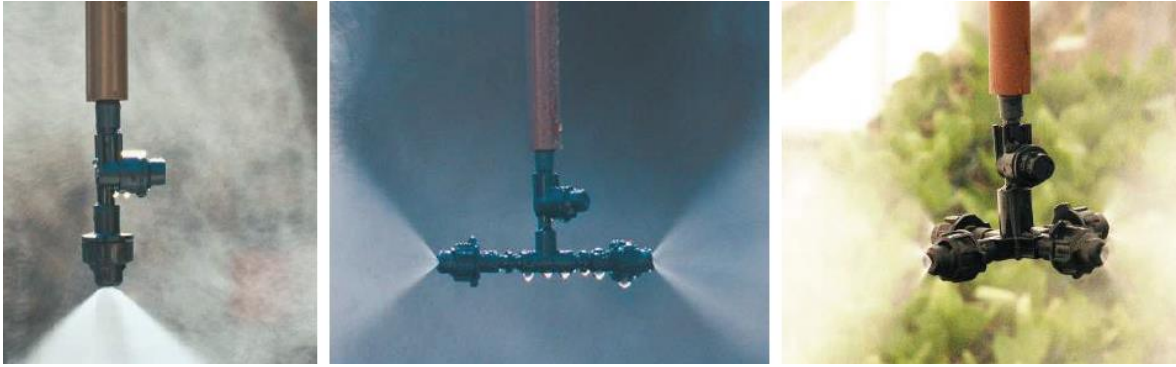


Figura 4 – Tipos de sistema de rega (Rain Bird, 2001)



**Figura 5 – Rega por nebulização (CUDELL, 2017)**

### Sistemas de rega por aspersão ou pulverização

A rega por aspersão funciona a pressões elevadas, e é uma opção para sistemas de rega espaços de grande dimensão, como por exemplo, campos desportivos, grandes áreas relvadas, nomeadamente parques e jardins.



**Figura 6 – Rega por aspersão (CUDELL, 2017)**

A rega por pulverização, ao contrário da rega por aspersão, tem como principais características o funcionamento a baixas pressões, baixo alcance e jato fixo. Este tipo de instalação é recomendado para áreas de rega pequenas e/ou canteiros. No entanto existem equipamentos que facilitam a rega nos espaços de forma similar ao sistema por aspersores.



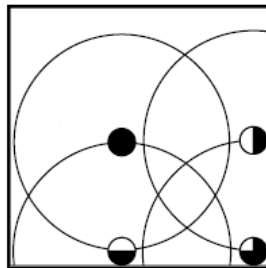
**Figura 7 – Rega por pulverização (CUDELL, 2017)**

Relativamente ao dimensionamento deste tipo de sistemas, este é realizado tendo em conta a geometria do espaço, escolhendo quais os melhores equipamentos que se adequam à rega no espaço, nomeadamente os ângulos de funcionamento de cada bico (Figura 8) e o alcance de cada equipamento.



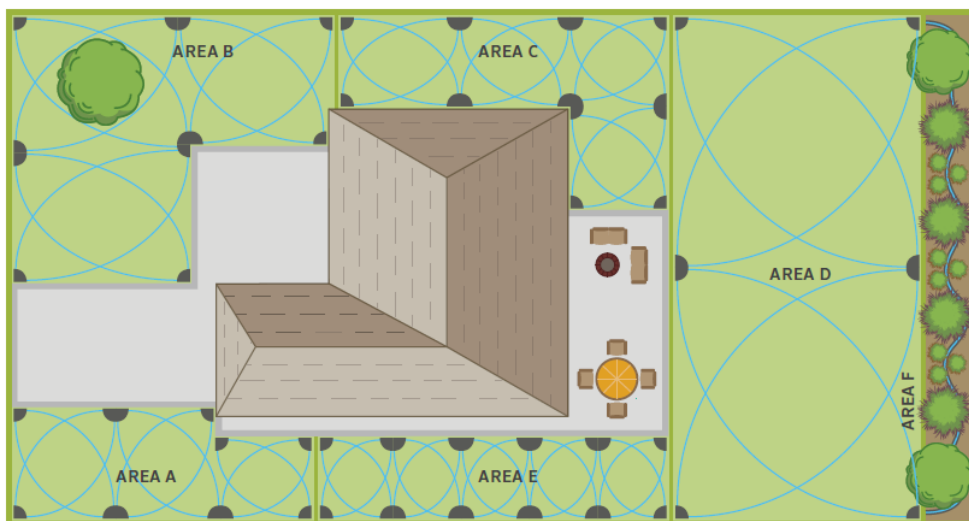
**Figura 8 – Ângulos de funcionamento de bicos de rega**

A disposição dos equipamentos deverá ser feita, tal como referido anteriormente, de acordo com a geometria do espaço tendo em conta o ângulo de funcionamento dos mesmos, Figura 9.



**Figura 9 – Exemplo de distribuição de equipamentos (Rain Bird, 2001)**

Uma vez esquematizada a planta/esquema do sistema, poder-se-á proceder ao cálculo das perdas de carga e dos diâmetros de tubagem a usar. O caudal e a pressão necessários ao funcionamento do sistema são determinados tendo em conta os catálogos de equipamentos dos fornecedores. Com esses dados e o comprimento teórico de cada tubo determina-se qual o melhor diâmetro a usar na tubagem, e a necessidade, ou não, da colocação de um sistema eletrobomba.



**Figura 10 – Esquema de um sistema de rega por aspersão (Hunter, 2017)**

### Sistemas de rega localizada

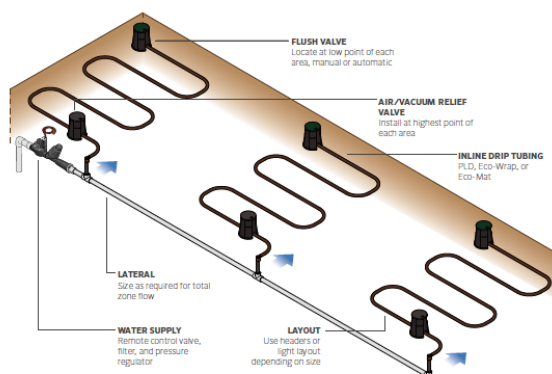
A rega localizada é realizada com recurso a tubos gotejadores, com espaçamentos preconizados, de 33 cm, 50 cm e 100 cm, ou por tubo cego onde se pode colocar diferentes tipos de bicos, nomeadamente microaspersores, alagadores e/ou gotejadores à distância desejada. Este tipo de rega é usualmente utilizado para a rega de arbustos e subarbustos.



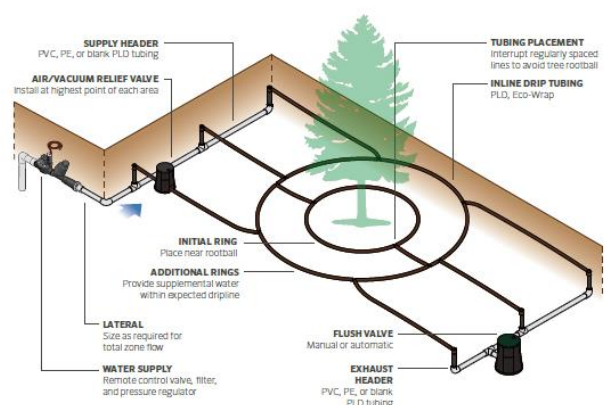
**Figura 11 – Rega localizada por tubo cego (CUDELL, 2017)**

O traçado destes sistemas deverá ser implementado tendo em conta o tipo de plantas a regar, bem como o espaçamento entre elas. No caso da rega agrícola, este tipo de sistemas consegue acompanhar as linhas de plantação, proporcionando a libertação de água diretamente no solo, o mais próximo da raiz das plantas a criar.

Alguns exemplos de esquemas de rega são apresentados nas figuras seguintes, Figura 12 e Figura 13:



**Figura 12 – Esquema de um sistema de rega por tubo gota-a-gota (Hunter, 2017)**



**Figura 13 – Esquema de um sistema de rega por tubo gota-a-gota (Hunter, 2017)**

Uma vez traçado, em planta, o esquema geral pode-se proceder ao dimensionamento do sistema de rega, de forma semelhante aos sistemas anteriores.

### Equipamentos integrantes nos sistemas de rega automáticos

Para além dos equipamentos já referidos (aspersores, pulverizadores, tubagens) é necessário também definir quais os equipamentos de segurança e funcionamento a instalar. Seguidamente são sucintamente apresentados alguns destes equipamentos.

### Programadores

Os programadores, Figura 14, são equipamentos responsáveis pela operação do sistema, são estes que através da ligação a sensores, e às válvulas existentes no sistema, ativam ou não a rega no espaço.

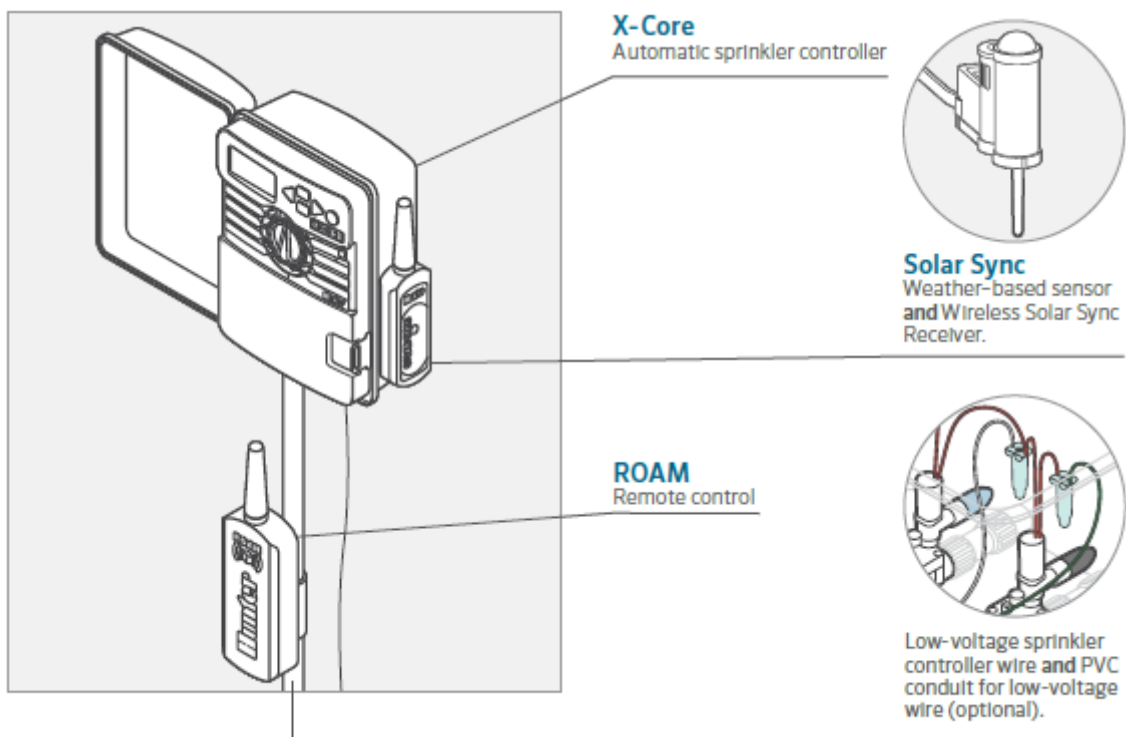


Figura 14 – Programadores (Hunter, 2017)

### Sensores

Os sensores são responsáveis pela análise das condições do espaço, instruindo ao programador, se é necessária ou não a ativação do sistema de rega no espaço.

Na Figura 15, são apresentados quatro diferentes sensores comercializados pela empresa Hunter



**Figura 15 – Sensores (Hunter, 2017)**

### Bombas

As bombas são responsáveis pela transmissão de energia ao fluído, aumentando a sua pressão de forma a permitir o seu fluxo até ao ponto de destino, vencendo desníveis e perdas de carga.



**Figura 16 – Bomba (CUDELL, 2017)**

## Válvulas

As válvulas são equipamentos responsáveis regulação dos fluxos de água no sistema, existindo um universo de diferentes tipos, responsáveis quer pelo controlo de caudais e/ou controlo de pressões, bem como, a permissão ou não do transporte de fluidos numa determinada conduta.

As válvulas mais usadas são as válvulas de corte e válvulas antirretorno, que como o nome indica, são responsáveis por impedir com que um fluido circule na direção oposta ao sistema. As válvulas são normalmente instaladas dentro de caixas de fácil acesso (Figura 17), a operadores, de forma a proporcionar uma melhor proteção destes equipamentos e uma melhor acessibilidade à sua manutenção.

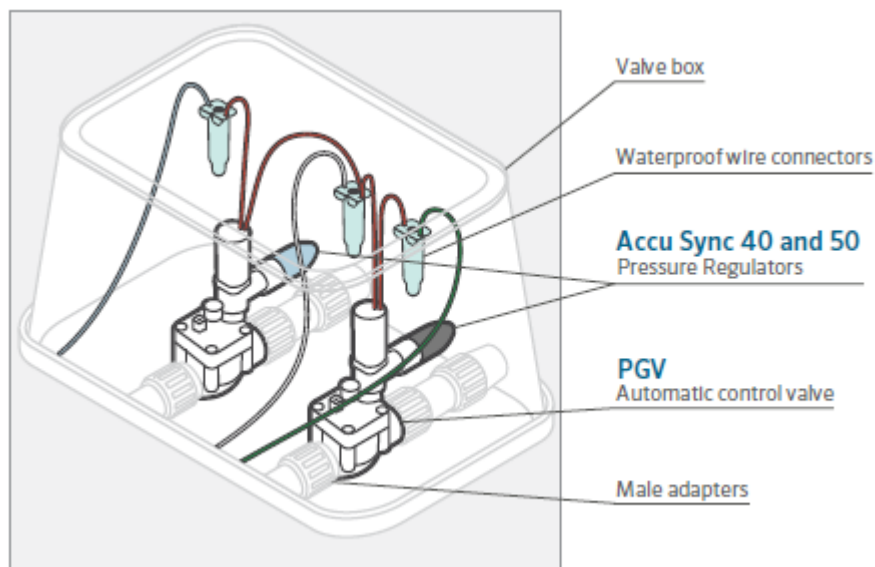


Figura 17 – Caixa de válvulas (Hunter, 2017)

### **iii. Sistemas solares fotovoltaicos**

O aproveitamento da energia solar pode ser realizado de duas maneiras distintas, a primeira consiste na transformação da energia solar em calor, sendo que a segunda transforma diretamente a luz solar em energia elétrica

Nos sistemas térmicos o calor gerado irá ser transmitido à água aquecendo-a, este sistema é comum no aquecimento de águas sanitárias. Em sistemas de maior dimensão, a água poderá ser aquecida de forma a passar ao estado gasoso, passando por uma turbina originando energia elétrica.

Os sistemas fotovoltaicos, como referido anteriormente, produzem energia através do aproveitamento da luz solar transformando a energia por ela transmitida, sob a forma de fótons, em energia elétrica, eletrões. Becquerel em 1839 verificou que determinados materiais quando expostos à luz solar produziam luz elétrica, este fenómeno ficou conhecido como efeito fotovoltaico. Atualmente o material mais utilizado para a produção de células fotovoltaicas é o silício, sendo que outros materiais têm vindo a ser estudados como substitutos.

O dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, pressupõe determinar a quantidade de painéis necessária de forma a obter a potência necessária ao funcionamento do equipamento.

Em termos legais, o Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de outubro criou novas regras referentes à implementação de painéis solares fotovoltaicos, até à data de publicação do documento referido as instalações fotovoltaicas tinham obrigatoriamente de ter um contrato com uma empresa fornecedora de energia, a qual comprava a energia produzida pelos painéis, a partir do momento em que este decreto entrou em vigor, o mesmo deixou de ser necessário.

Seguidamente serão apresentados os pontos que isentam a celebração de contratos com a empresa gestora.

Em relação às siglas mencionadas no documento as mais importantes na interpretação dos artigos a seguir transcritos são as seguintes.

- Rede elétrica de serviço público (RESP).
- Unidade de produção (UP).
- Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC).
- Unidades de Pequena Produção (UPP).
- Sistema Eletrónico de Registo da UPAC e da UPP (SERUP).

(Ministério do Ambiente, 2014)

#### **“Artigo 4.º Controlo prévio**

1 – A atividade de produção de energia elétrica regulada pelo presente decreto-lei é livre, sem prejuízo do disposto nos números seguintes.

2 – A instalação de uma UP está sujeita a registo prévio e a sua entrada em exploração sujeita à obtenção de certificado de exploração, salvo o disposto nos n.ºs 3, 6 e 7.

3 – Tratando -se de uma UPAC cuja potência instalada seja superior a 1 MW, a sua instalação e a entrada em exploração carecem de licença de produção e licença de exploração, respetivamente, considerando -se, salvo menção expressa em contrário, como reportada à licença de produção ou à licença de exploração as referências feitas no presente decreto-lei ao registo ou ao certificado de exploração, respetivamente, sempre que se trate de uma UPAC abrangida pelo limiar previsto neste número.

4 – É permitida a pluralidade de registos de UP em nome do mesmo produtor, desde que a cada instalação de utilização só esteja associada uma única UP em nome do mesmo produtor.

5 – A UP é instalada no mesmo local servido pela instalação de utilização de energia elétrica.

6 – A UPAC cuja potência instalada seja superior a 200 W e igual ou inferior a 1,5 kW ou cuja instalação elétrica de utilização não se encontre ligada à RESP está sujeita a mera comunicação prévia de exploração, nos termos do artigo 21.º

7 – A UPAC cuja potência instalada seja igual ou inferior a 200 W está isenta de controlo prévio.

8 – Sem prejuízo do disposto nos números anteriores, o titular de UPAC que pretenda fornecer energia elétrica não consumida na instalação elétrica de utilização, nos termos do artigo 24.º, e cuja potência instalada seja igual ou inferior a 1,5 kW, está sujeito a registo prévio e à obtenção de certificado de exploração, bem como às demais normas do presente decreto-lei aplicáveis aos produtores.

9 – O detentor de uma instalação elétrica de utilização sem ligação à RESP associada a uma unidade de produção que, independentemente da potência instalada, utiliza fontes de energia renovável, e pretenda transacionar garantias de origem, está sujeito a registo prévio e à obtenção de certificado de exploração, bem como às demais normas do presente decreto-lei aplicáveis aos produtores, com as devidas adaptações.”

Relativamente ao autoconsumo, o do artigo 21.º do capítulo III Vicissitudes da atividade de produção para autoconsumo refere o seguinte.

#### **“Artigo 21.º Mera comunicação prévia**

1 – Sem prejuízo do disposto nos n.ºs 8 e 9 do artigo 4.º, os titulares das UPAC com potência instalada superior a 200 W e igual ou inferior a 1,5 kW e das unidades de produção sem ligação à RESP, apresentam uma mera comunicação prévia de exploração, dirigida à DGEG, através do SERUP, estando dispensados de efetuar o registo.

2 – O comprovativo de apresentação da declaração referida no número anterior é título bastante para o início da exploração da unidade de produção.

3 – O procedimento de comunicação prévia para exploração da UPAC, incluindo os respetivos elementos instrutórios, a sua marcha, extinção e alteração, são aprovados por portaria do membro do Governo responsável pela área da energia.”

Como é possível verificar, no que respeita ao autoconsumo, existe uma liberdade para a instalação de sistemas fotovoltaicos compreendidos entre os 200 W e 1 500 W de potência. Devido a este fator começaram a ser comercializados “kits” de sistemas desta gama, que

para além de fácil instalação não necessitam de nenhum registo, apenas de uma comunicação prévia, caso não queiram fornecer a energia em excesso à rede pública.

# Capítulo III – Trabalho desenvolvido

## I. Trabalhos iniciais

### i. Pluviosidade na região

Na realização de projetos que envolvam a recolha, transporte ou tratamento de águas pluviais, é necessário, de antemão, realizar estudos de forma a compreender de que forma o comportamento pluviométrico de uma determinada região atua.

Para tal, em primeiro lugar é necessária uma recolha de dados, vindas de fontes fidedignas, e ao mesmo tempo que nela integrem registos contínuos de valores medidos. Para a sua análise, os dados obtidos deverão pertencer a um intervalo de 30 anos.

#### Entidades oficiais

As entidades oficiais responsáveis pela obtenção e registo de dados pluviométricos são o Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA), antigo Instituto de Meteorologia (IM) e a Associação Portuguesa do Ambiente (APA) através do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH).

- Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA)

No caso do IPMA a estação responsável pelas medições de dados meteorológicos era a Estação da Serra do Pilar que de acordo com a entidade gestora, foi desativada em 2007, como é possível verificar na Figura 18.

The screenshot shows the IPMA website interface. At the top, there is a navigation bar with links: 'Quem somos | Onde estamos | Conselho científico | Recrutamento | Projetos | eBiblioteca | Enci'. Below this is a secondary navigation bar with categories: 'Tempo | Mar | Sismos | Clima | Pescas e aquacultura | Aeronáutica | Agricultura | Ambiente'. The main content area features a 'Notícias' section on the left with a headline 'Tubarão "pré-histórico" capturado em águas portuguesas' dated 2017-11-06. The central focus is a page titled 'Normais Climatológicas - 1981-2010 (provisórias) - Port, Serra do Pilar'. Below the title, it provides station details: 'Estação: climatológica; Número: 546; Localização: Lat.: 41°08'N; Lon.: 08°36'W; Alt.: 93m; Período de funcionamento: 1941 a 2007.'

Figura 18 – Estação meteorológica da Serra do Pilar (IPMA, 2017)

A mesma entidade apresenta ainda relatórios de medições e perfis pluviométricos, realizados pelo Instituto de Meteorologia (IM) até ao ano de 2010, sendo que o último é referente ao período situado entre o ano de 1981 e o ano de 2010 (ano em que a estação já se encontrava desativada). Estes dados estão classificados como provisórios até à data.

The screenshot shows a specific page from the IPMA website titled 'Normais Climatológicas'. It features a navigation menu with links: 'Introdução', '1971-2000', and '1981-2010 (provisórias)'. Below the menu is a section titled 'Selecione variável' with two buttons: 'Temperatura' and 'Precipitação'.

Figura 19 – Datas dos relatórios referentes às normais meteorológicas (IPMA, 2017)

- Associação Portuguesa do Ambiente (APA)

No que toca à Agência Portuguesa do Ambiente (APA), mais em concreto ao Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), este apresenta diversas estações meteorológicas ao redor do município do Porto sendo que nenhuma delas faz parte integrante do concelho.

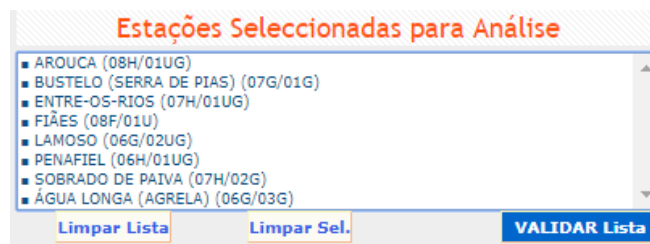


Figura 20 – Estações meteorológicas próximas do concelho do Porto (SNIRH, 2017)

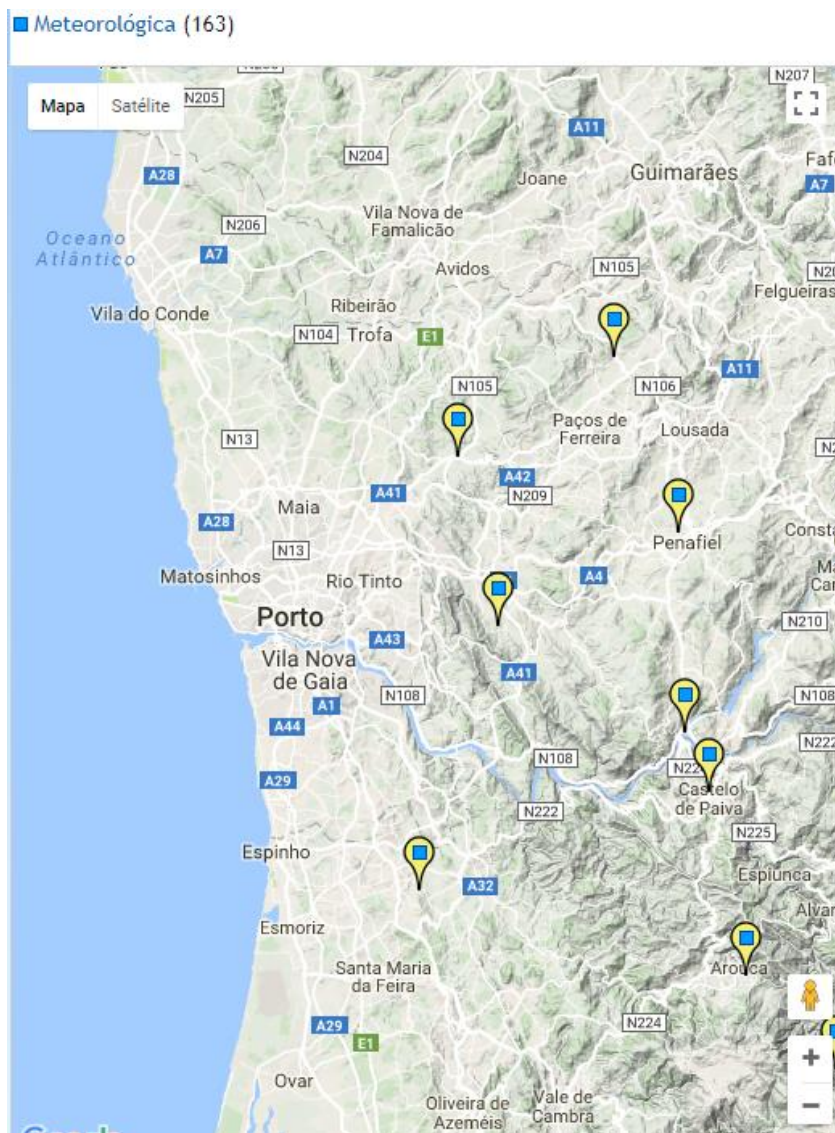
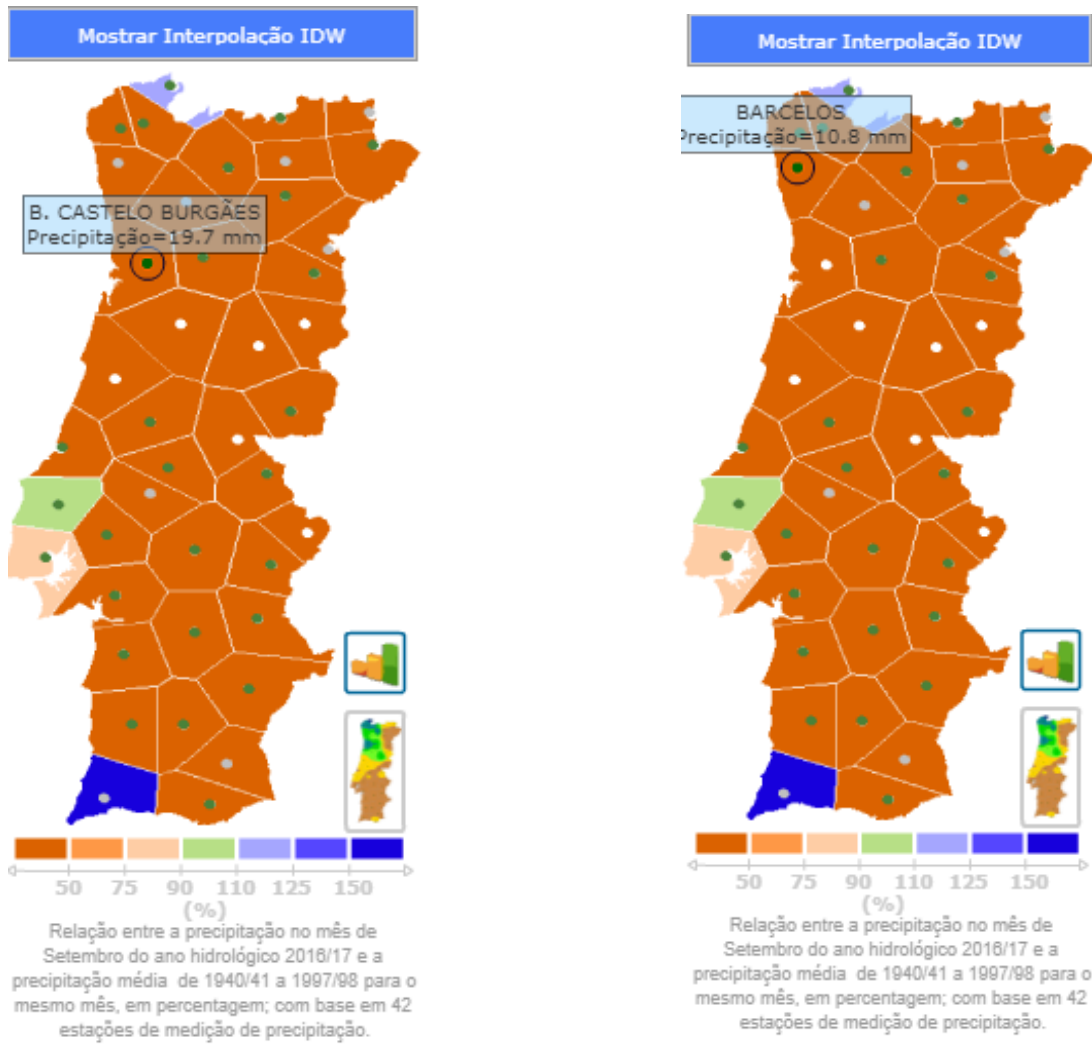


Figura 21 – Localização das estações mencionadas na Figura 20 (SNIRH, 2017)

O grande problema das estações apresentadas, corresponde à sua distância face ao concelho de análise, cidade do Porto.

Ainda no SNIRH, são apresentados boletins meteorológicos onde os dados analisados correspondem às estações de Barcelos ou B. Castelo de Burgães, como é possível verificar na Figura 22.



**Figura 22 – Instalações de análise para os boletins de precipitação do SNIRH (SNIRH, 2017)**

### Recolha de informação

Uma vez que já se passou quase uma década desde os últimos registos oficiais, a análise a ser realizada vai ser focada nos 30 anos antecedentes a 2017 (Período 1987 – 2017). Para isso e com base no descrito no capítulo anterior, para a análise de dados pluviométricos no concelho do Porto os registos adquiridos são os seguintes.

- IPMA

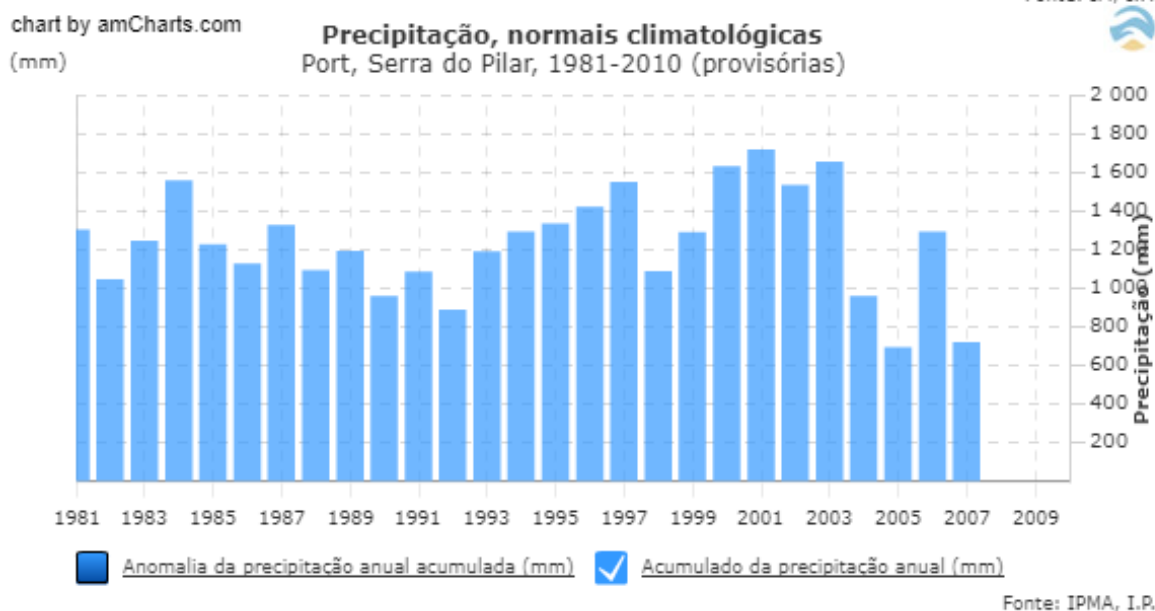
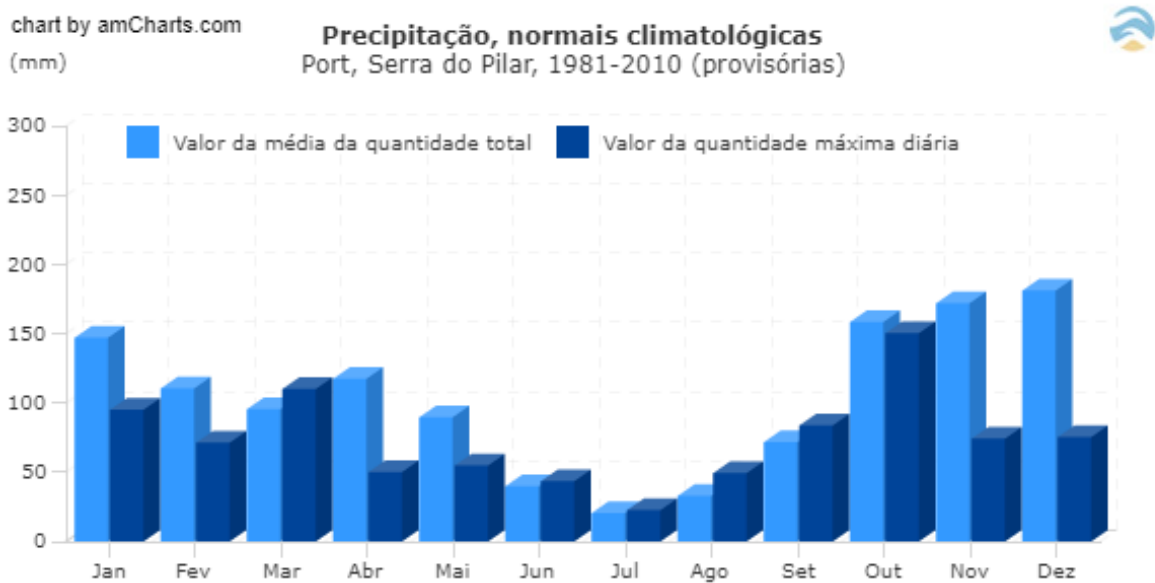


Figura 23 – Dados pluviométricos para o Porto entre 1981 e 2010 (IPMA, 2017)

- APA/SNIRH

**Tabela 1 – Dados por trimestre para cada estação meteorológica apresentada pelo SNIRH [mm]**

Ano	AROUCA	BUSTELO (SERRA DE PIAS)	ENTRE- -OS-RIOS	FIÃES	LAMOSO	PENAFIEL	SOBRADO DE PAIVA	ÁGUA LONGA (AGRELA)
<b>1987</b>	<b>1284,3</b>		<b>1175,6</b>		<b>1879,5</b>	<b>1290,3</b>	<b>1220,9</b>	
Tri1	372,5		383,1		531,8	391,0	368,0	
Tri2	216,0		179,6		270,4	177,6	174,5	
Tri3	81,2		97,2		245,0	121,0	115,2	
Tri4	614,6		515,7		832,3	600,7	563,2	
<b>1988</b>	<b>1393,3</b>		<b>1318,5</b>		<b>1494,9</b>	<b>1361,3</b>	<b>1211</b>	
Tri1	542,0		472,4		555,4	539,6	431,5	
Tri2	529,9		509,1		511,0	474,8	470,8	
Tri3	59,7		91,8		114,0	70,6	75,2	
Tri4	261,7		245,2		314,5	276,3	233,5	
<b>1989</b>	<b>1450,2</b>		<b>1265,8</b>		<b>1659</b>	<b>1229,7</b>	<b>1255,9</b>	
Tri1	320,7		293,9		361,4	299,0	296,5	
Tri2	220,5		234,6		332,4	183,0	247,7	
Tri3	75,0		54,0		17,3	25,0	45,3	
Tri4	834,0		683,3		947,9	722,7	666,4	
<b>1990</b>	<b>958,6</b>		<b>979,9</b>		<b>1228,6</b>	<b>1026,4</b>	<b>735</b>	
Tri1	351,0		270,4		361,6	310,9	217,0	
Tri2	102,0		118,2		122,8	103,8	78,5	
Tri3	59,6		100,9		85,9	49,2	85,0	
Tri4	446,0		490,4		658,3	562,5	354,5	
<b>1991</b>	<b>993,6</b>		<b>1212,2</b>		<b>1626,9</b>	<b>1291,8</b>	<b>1011,2</b>	
Tri1	601,4		571,0		792,9	602,7	472,1	
Tri2	36,6		82,1		150,3	69,2	48,2	
Tri3	88,2		131,6		149,1	190,1	116,2	
Tri4	267,4		427,5		534,6	429,8	374,7	
<b>1992</b>	<b>1116,2</b>		<b>1006,5</b>		<b>1149,7</b>	<b>1263,5</b>	<b>1240,2</b>	
Tri1	161,6		190,1		212,1	171,0	211,2	
Tri2	164,3		228,5		299,4	361,7	240,7	
Tri3	137,2		100,2		97,4	114,0	208,6	
Tri4	653,1		487,7		540,8	616,8	579,7	
<b>1993</b>	<b>1898,7</b>		<b>1289,1</b>		<b>1585,9</b>	<b>1458,3</b>	<b>1412,8</b>	
Tri1	256,4		100,7		185,8	124,1	65,5	
Tri2	781,7		459,2		497,1	403,7	563,5	
Tri3	255,4		158,8		201,3	232,4	165,3	
Tri4	605,2		570,4		701,7	698,1	618,5	

**Tabela 2 – Dados por trimestre para cada estação meteorológica apresentada pelo SNIRH [mm]  
(cont.)**

Ano	AROUCA	BUSTELO (SERRA DE PIAS)	ENTRE- -OS-RIOS	FIÃES	LAMOSO	PENAFIEL	SOBRADO DE PAIVA	ÁGUA LONGA (AGRELA)
<b>1994</b>	<b>1278,1</b>		<b>1371,7</b>		<b>1800,5</b>	<b>1465,9</b>	<b>1123,9</b>	
Tri1	297,3		513,8		714,4	542,4	430,9	
Tri2	467,0		292,3		385,3	251,8	304,9	
Tri3	74,0		92,6		145,2	167,0	60,2	
Tri4	439,8		473,0		555,6	504,7	327,9	
<b>1995</b>	<b>1958,3</b>		<b>1540,1</b>		<b>2057,6</b>	<b>1690,3</b>	<b>1555,1</b>	
Tri1	382,6		466,5		704,4	565,8	595,4	
Tri2	279,6		159,7		228,3	184,1	109,0	
Tri3	211,2		109,3		160,9	218,2	101,9	
Tri4	1084,9		804,6		964	722,2	748,8	
<b>1996</b>			<b>1580,9</b>		<b>2136,6</b>	<b>1526,1</b>		
Tri1	455,9		723,9		935,9	724,1	716,7	
Tri2	364,1		214,2		262,2	217,5	226,9	
Tri3	3,7		103,1		162,4	97,5		
Tri4			539,7		776,1	487,0		
<b>1997</b>			<b>1600,1</b>		<b>2092,8</b>	<b>1960,5</b>		
Tri1			235,1		302,2	244,0		
Tri2			338,6		432,5	473,0		
Tri3			76,6		123,3	131,0		
Tri4			949,8		1234,8	1112,5		
<b>1998</b>			<b>1190,4</b>		<b>1537,1</b>	<b>1162,8</b>		
Tri1			239,3		317,4	265,5		
Tri2			504,8		591,4	478,2		
Tri3			179,4		283,2	167,1		
Tri4			266,9		345,1	252,0		
<b>1999</b>			<b>1327,7</b>		<b>1857,0</b>	<b>1573,9</b>		
Tri1			224,9		288,9	206,6		
Tri2			248,0		344,8	303,5		
Tri3			290,2		370,1	304,6		
Tri4			564,6		853,2	759,2		
<b>2000</b>			<b>1478,5</b>		<b>2341,3</b>			
Tri1			75,3		119,2			
Tri2			402,3		664,4			
Tri3			148,9		188,2			
Tri4			852,0		1369,5			

**Tabela 3 – Dados por trimestre para cada estação meteorológica apresentada pelo SNIRH [mm]  
(cont.)**

Ano	AROUCA	BUSTELO (SERRA DE PIAS)	ENTRE- -OS-RIOS	FIÃES	LAMOSO	PENAFIEL	SOBRADO DE PAIVA	ÁGUA LONGA (AGRELA)
<b>2001</b>					<b>2422,7</b>			
Tri1			1275,6		1798,3			
Tri2			69,8		238,2			
Tri3					137,4			
Tri4					248,8			
<b>2002</b>					<b>1025,2</b>			
Tri1					502,2			
Tri2					225			
Tri3					124			
Tri4					174			
<b>2003</b>			<b>1393,9</b>					
Tri1			572,6					
Tri2			162,4			60,0		
Tri3			122,7			57,4		
Tri4			536,2			302,6		
<b>2004</b>			<b>1099,5</b>				<b>878,3</b>	
Tri1			260,4				244,4	
Tri2			157,7				148,6	
Tri3			216,7				165,8	
Tri4			464,7				319,5	
<b>2005</b>			<b>641,4</b>				<b>486,5</b>	
Tri1			86,9				93,8	
Tri2			116				104,2	
Tri3			36,4				5,4	
Tri4			402,1				283,1	
<b>2006</b>							<b>1082,0</b>	
Tri1							352,4	
Tri2		133,0	59,7				45,5	169,0
Tri3		125,1	26,1				93,7	151,3
Tri4		466,7	604,0				590,4	668,1
<b>2007</b>		<b>569,8</b>	<b>342,2</b>				<b>486,3</b>	<b>610,6</b>
Tri1		207,1	48,5				285,7	271,1
Tri2		187,1	178,3				66,6	156,1
Tri3		73,6	37,8				36,3	81,4
Tri4		102,0	77,6		108,5		97,7	102,0

**Tabela 4 – Dados por trimestre para cada estação meteorológica apresentada pelo SNIRH [mm]  
(cont.)**

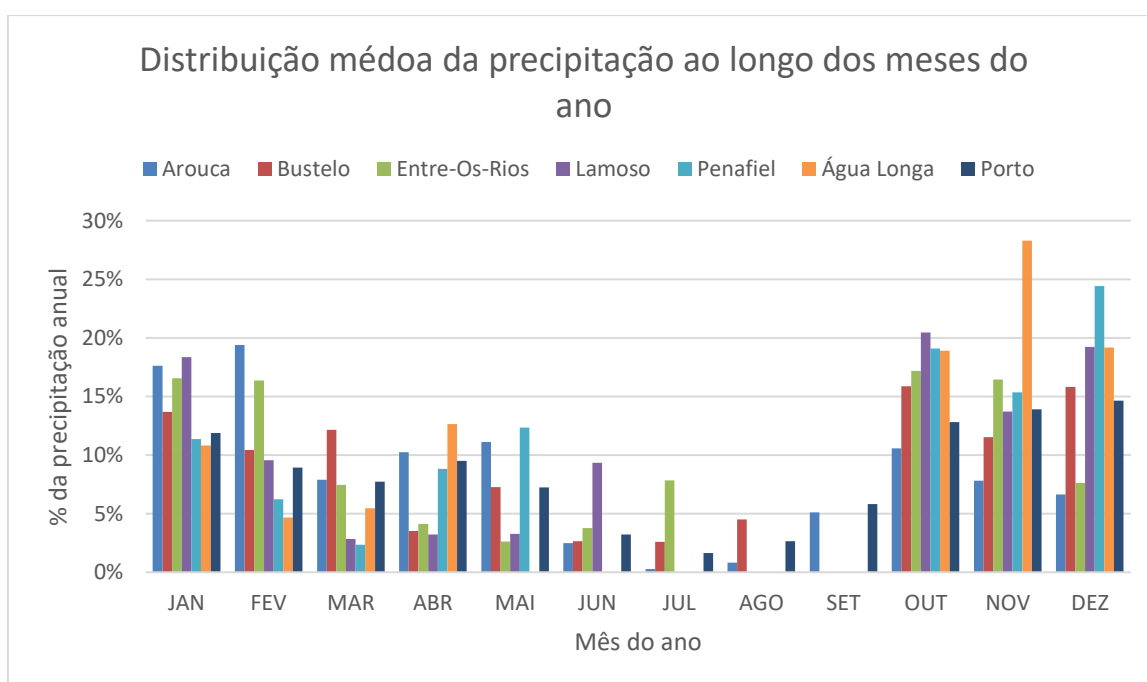
Ano	AROUCA	BUSTELO (SERRA DE PIAS)	ENTRE- -OS-RIOS	FIÃES	LAMOSO	PENAFIEL	SOBRADO DE PAIVA	ÁGUA LONGA (AGRELA)
<b>2008</b>			<b>377,3</b>			<b>783,3</b>		<b>855,2</b>
Tri1		198,6	217,1			272,6		248,9
Tri2			137,2			294,1		353,7
Tri3			16,3			37,2		148,1
Tri4			6,7			179,4		104,5
<b>2009</b>						<b>392,0</b>		<b>167,4</b>
Tri1						292,2		88,4
Tri2		87,7				83,0		60,1
Tri3		7,2	28,6			2,0		7,8
Tri4		39,6	34,2			14,8		11,1
<b>2010</b>								
Tri1						416,9		
Tri2								
Tri3								
Tri4								
<b>2011</b>								
Tri1								
Tri2								
Tri3								
Tri4								
<b>2012</b>								
Tri1								
Tri2								
Tri3								
Tri4								
<b>2013</b>								
Tri1								
Tri2								
Tri3								
Tri4								
<b>2014</b>								
Tri1								
Tri2								
Tri3								
Tri4					17,4			

**Tabela 5 – Dados por trimestre para cada estação meteorológica apresentada pelo SNIRH [mm]  
(cont.)**

Ano	AROUCA	BUSTELO (SERRA DE PIAS)	ENTRE- -OS-RIOS	FIÃES	LAMOSO	PENAFIEL	SOBRADO DE PAIVA	ÁGUA LONGA (AGRELA)
<b>2015</b>					<b>524,4</b>	<b>330,6</b>		<b>379,7</b>
Tri1					166,3	106,4		125,6
Tri2					12,0	34,6		67,3
Tri3	153,3				93,8	68,4		21,3
Tri4	364,8				252,3	121,2		165,5
<b>2016</b>	<b>1611,6</b>					<b>145,5</b>		
Tri1	840,7				809,2	33,6		229,9
Tri2	463,5				157,1	33,2		266,7
Tri3	8,1				21,7	23,6		5,8
Tri4	299,3					55,1		
<b>2017</b>								
Tri1	352,4					73,6		
Tri2	180,0					121,2		
Tri3						18,5		
Tri4								

### Análise de dados

Como é possível verificar nas tabelas apresentadas anteriormente, existem várias falhas nas diversas estações, nomeadamente no que respeita aos anos mais recentes. Uma das explicações para tal acontecer prende-se à falta de manutenção dos aparelhos de monitorização.



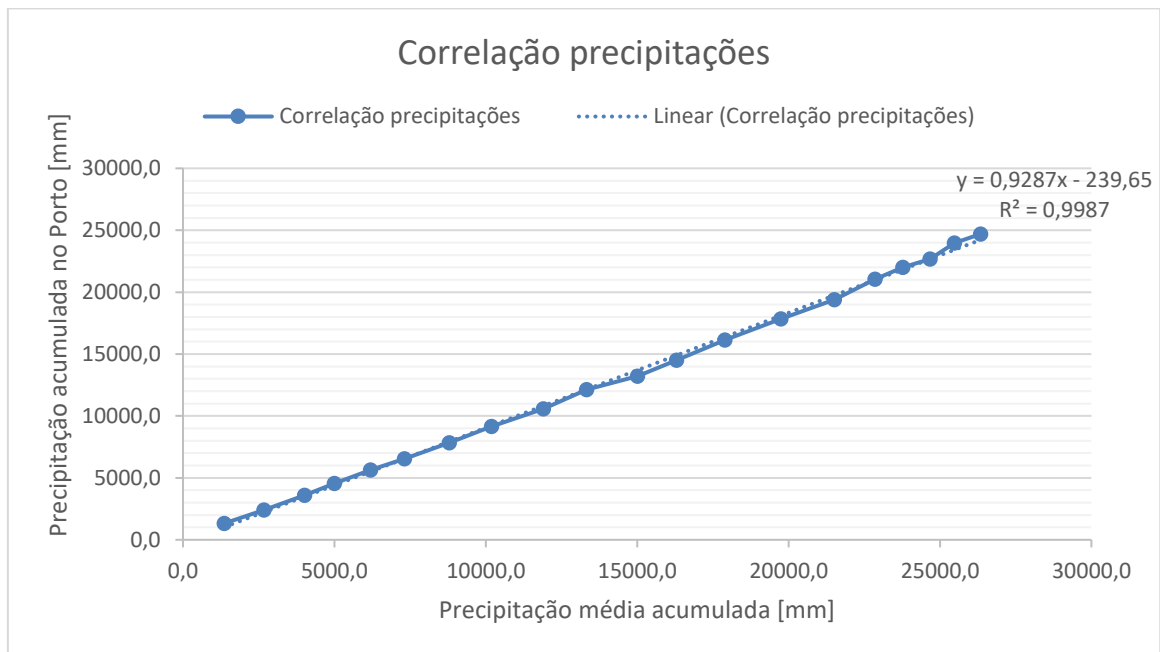
**Figura 24 – Perfil médio de distribuição da precipitação ao longo dos meses do ano**

Através da Figura 24 é possível verificar-se que as diferentes estações, apesar de estarem próximas umas das outras, apresentam uma heterogeneidade na sua distribuição média de precipitações ao longo do ano. Assim sendo a solução de um estudo a realizar baseado em estações ainda mais longínquas, faz com que os dados finais obtidos não se assemelhem à realidade.

### Preenchimento das séries temporais

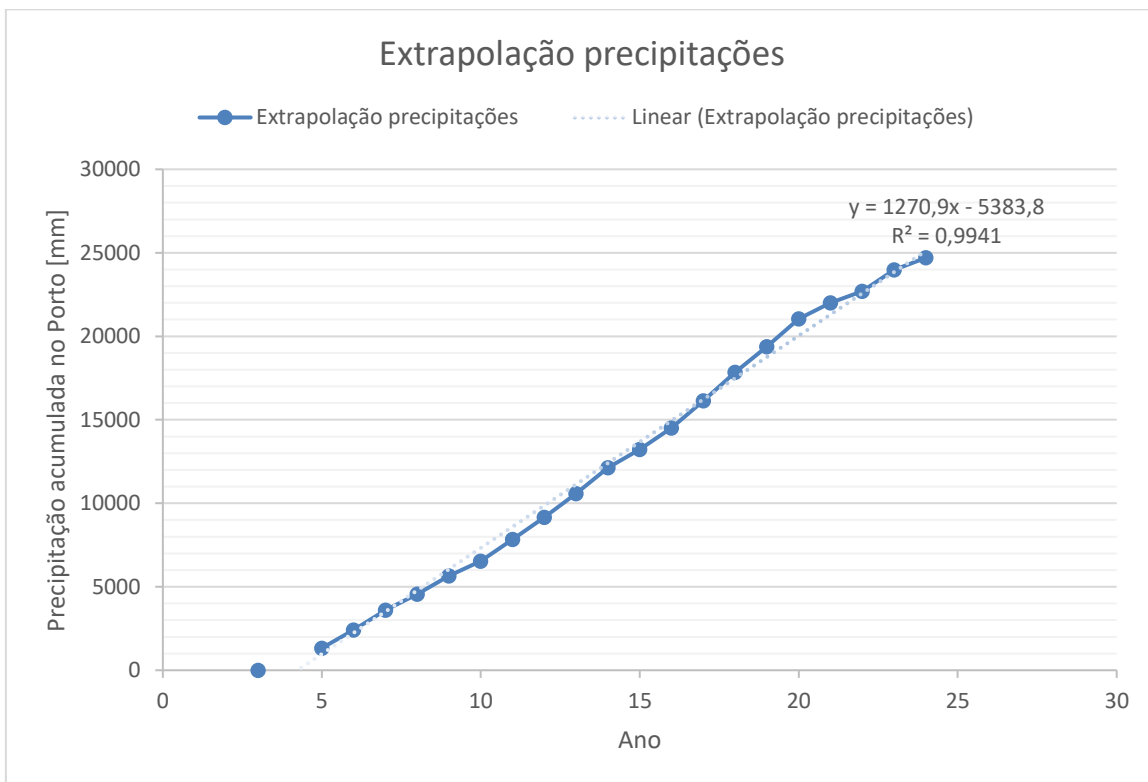
Para o preenchimento da série temporal no Porto, e uma vez que os dados registados apresentam diversas falhas poder-se-á determinar a precipitação anual para a cidade de duas maneiras distintas.

A primeira utiliza uma média com os valores das diferentes estações de forma a obter uma reta de correlação entre os valores registados no Porto e a média acumulada de precipitações, Figura 25. Com essa correlação os dados em falta são preenchidos. É de notar que este tipo de análise é tão certo quanto a validade dos registos, uma vez que alguns apresentam erros de medição.



**Figura 25 – Correlação entre a precipitação anual no Porto e a média acumulada de precipitações das estações em estudo**

A segunda solução corresponde à extrapolação direta dos dados de precipitação para o município, neste caso com uma regressão linear entre os acumulados da precipitação anual e o período em anos, Figura 26.

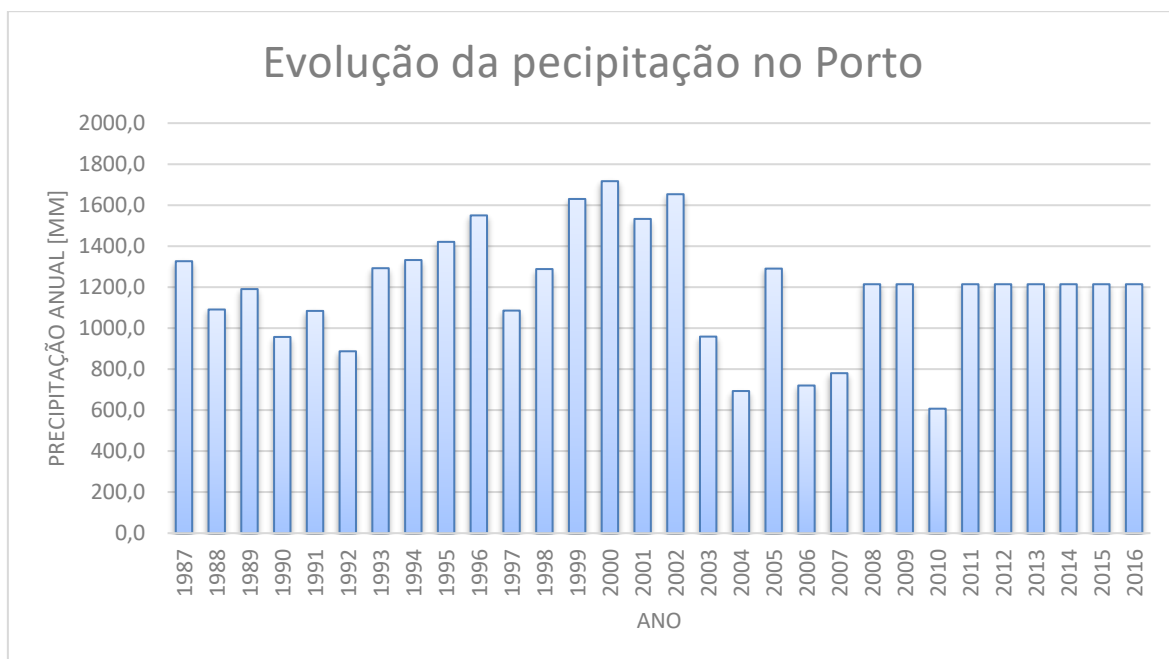


**Figura 26 – Regressão linear entre os acumulados da precipitação anual e o período em anos para a cidade do Porto**

Neste caso são usados valores correspondentes à cidade em estudo, sendo a relação mais próxima da realidade.

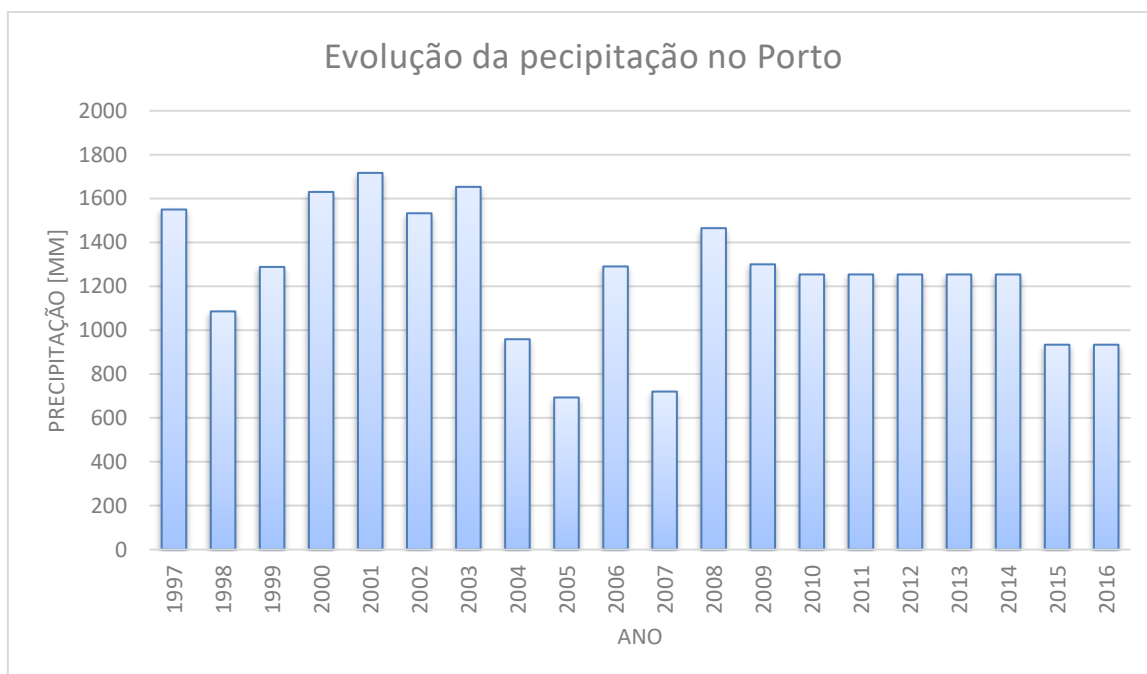
### Resultados finais

Com base nas considerações tomadas foi possível obter-se o registo de precipitações presente na Figura 27.



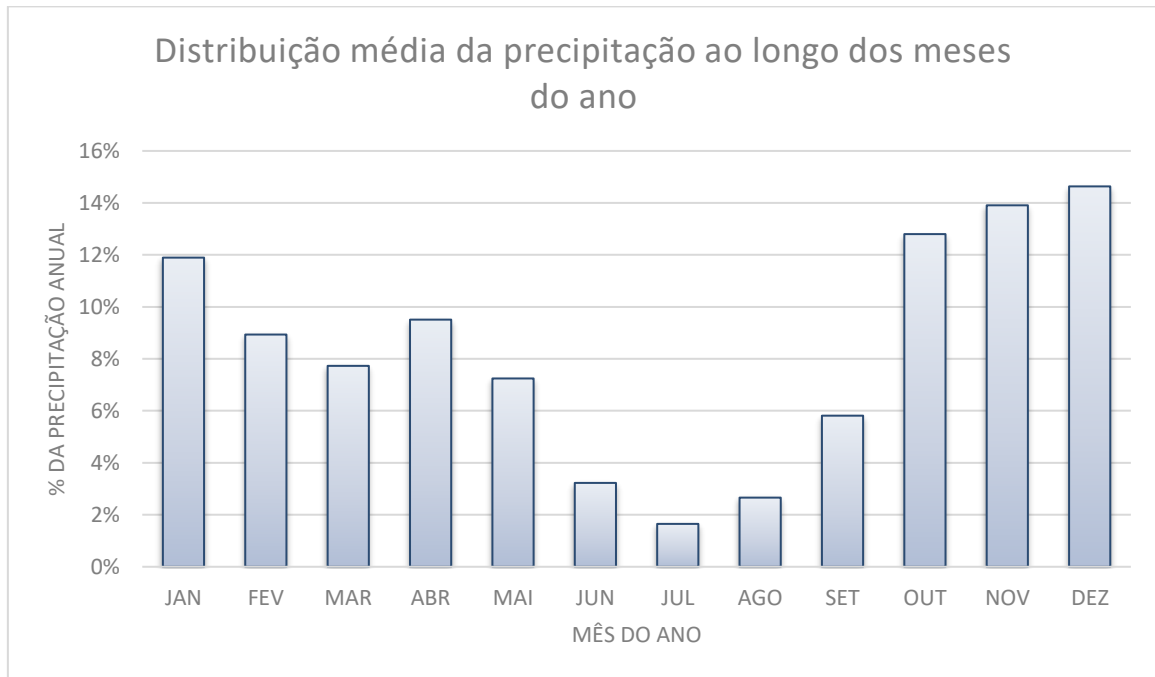
**Figura 27 – Perfil de precipitações anuais para o Porto num período de 30 anos**

Caso se reduza o período em estudo, os valores alteram, revelando um decréscimo nos anos mais recentes, Figura 28.



**Figura 28 – Perfil de precipitações anuais para o Porto num período de 20 anos**

Em relação à variação mensal, esta pode ser verificada no gráfico apresentado na Figura 29.



**Figura 29 – Distribuição média da precipitação ao longo dos meses do ano**

## ii. Localização, envolvente e caracterização do espaço

### Localização

O espaço em estudo situa-se na rua do Bonjardim, n.º 998, 4000-121 Porto. Na Figura 30 é possível verificar o local de acordo com a vista aérea da Google.



Figura 30 – Envolvente da zona em estudo (Google, 2018)

Com o recurso aos sistemas de informação geográfica da câmara municipal do Porto foi possível extrair uma imagem escalada da área de projeto, Figura 31.

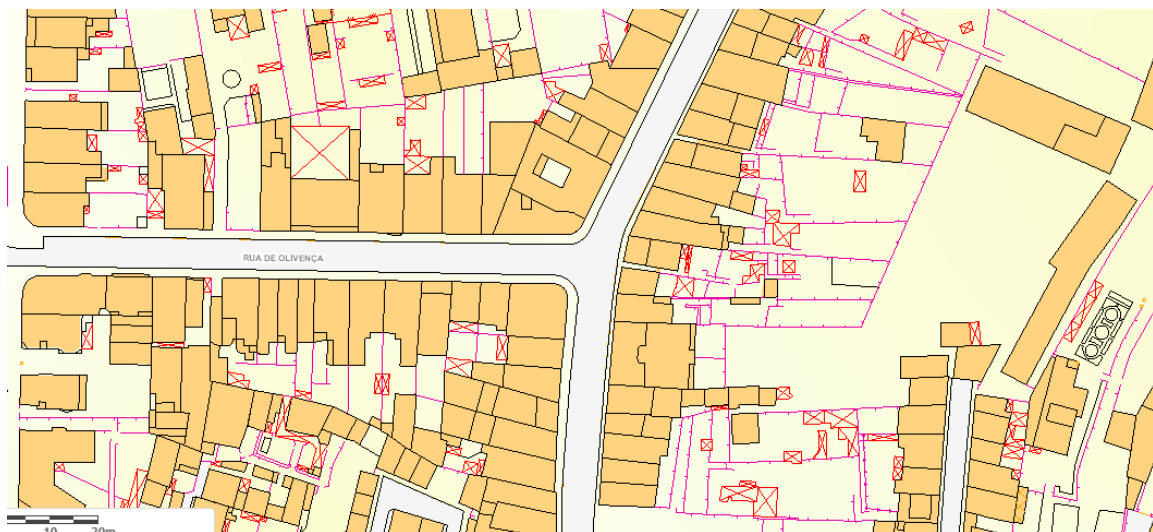


Figura 31 – Planta envolvente da área em estudo (Esri, 2017)

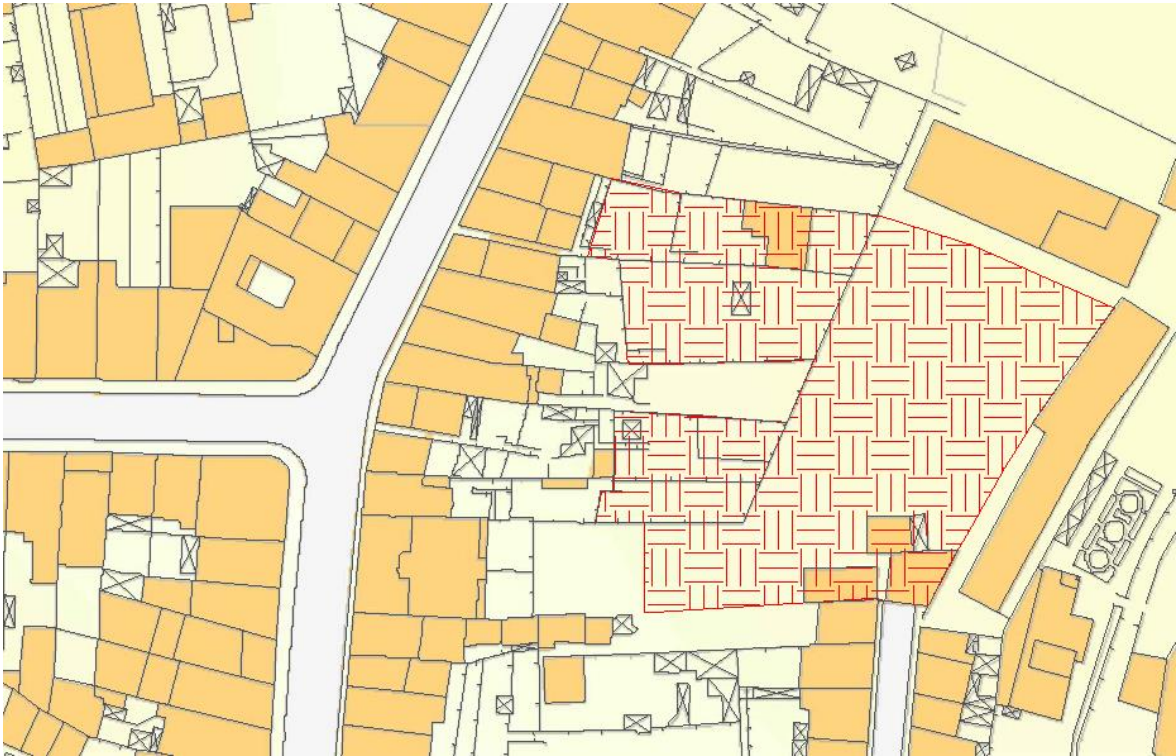
A área em estudo é apresentada na Figura 32, apresentando uma área total de 2627,55 m<sup>2</sup>. Esta corresponde à ideia inicial de desenvolvimento da horta.



**Figura 32 – Localização do espaço agrícola**

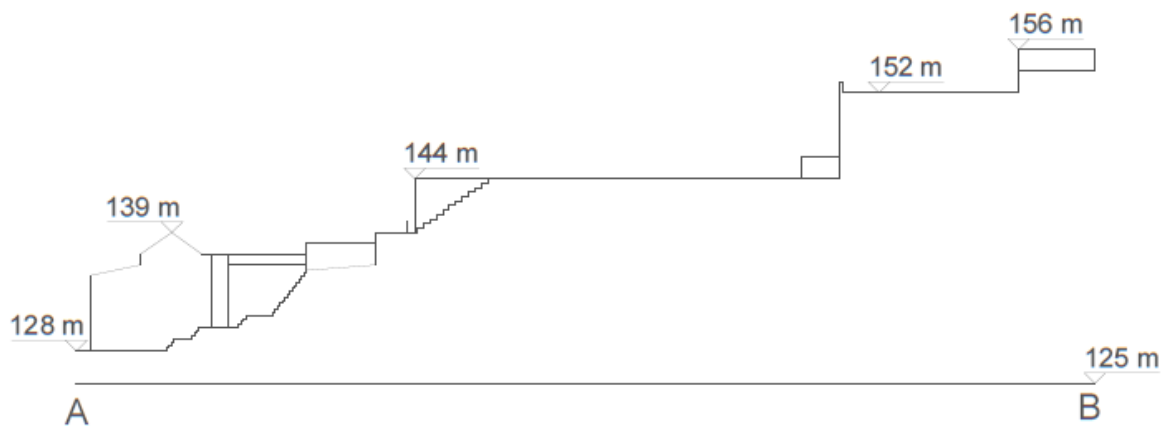
### Planta da envolvente

A Figura 33 apresenta a sobreposição da área em estudo na planta da envolvente extraída da Câmara Municipal do Porto.



**Figura 33 – Planta da envolvente sobreposta com o desenho em CAD**

A Figura 34 apresenta o corte longitudinal do terreno, onde se pode verificar a diferença de cotas da área em estudo. Visto situar-se na cidade do Porto, consegue-se confirmar que a área em estudo tem uma implantação do tipo de socalcos, originando a criação de patamares nivelados a diferentes cotas.



**Figura 34 – Corte do terreno**



## II. Dimensionamentos

### i. Sistema de drenagem/recolha de águas pluviais

#### Determinação das áreas de captação

O sistema de drenagem/recolha de águas pluviais, tal como exposto no capítulo anterior, tem como função o transporte da água da chuva para um reservatório onde poderá ser posteriormente usada para diversos fins.

Em primeiro lugar foi necessário determinar a área de captação, neste caso a área da cobertura do edifício correspondente à sede da associação, Figura 37.



Figura 37 – Edifício da associação

Este edifício é composto por três coberturas distintas, sendo que uma delas possui duas vertentes (duas águas), Figura 38. Uma vez que se contam quatro vertentes distintas, foi necessário dimensionar um total de quatro caleiras, de forma a captar a água escoada pelas telhas em direção a um depósito a definir.



**Figura 38 – Cobertura do edifício**

Uma vez delimitadas as vertentes, procedeu-se à medição das áreas de cada vertente.

**Tabela 6 – Áreas das vertentes de captação**

A1 =	26,71 m <sup>2</sup>
A2 =	19,88 m <sup>2</sup>
A3 =	24,08 m <sup>2</sup>
A3 =	3,83 m <sup>2</sup>
A <sub>captação real</sub> =	<hr/> 74,50 m <sup>2</sup>

### Determinação do caudal

O caudal é determinado através da Equação 2, para isso é necessário definir o coeficiente de escoamento (c), e calcular a intensidade de precipitação para a região de acordo com o disposto pelo RGSPDADAR.

De acordo com o proposto por Sá Marques & Sousa, Figura 39, os valores do coeficiente de escoamento a usar em telhados e coberturas deverão situar-se entre 0,75 e 0,95, visto que a associação deverá receber uma intervenção de requalificação do telhado o valor utilizado foi de 0,95, devido ao evoluir das tecnologias de construção e do rigor da mesma, as coberturas apresentam valores de impermeabilização muito próximos de 1.

Ocupação do solo	C
<b>Zonas Verdes</b>	
Baldios	0.10-0.30
Relvados em solos arenosos	0.05-0.20
Relvados em solos pesados	0.15-0.35
Campos desportivos	0.20-0.35
<b>Zonas Comerciais</b>	
Centro da cidade	0.70-0.95
Periferia	0.50-0.70
<b>Zonas residenciais</b>	
Habitacões individuais no centro da cidade	0.30-0.50
Habitacões individuais na periferia	0.25-0.40
Habitacões colectivas	0.50-0.70
<b>Telhados e coberturas</b>	<b>0.75-0.95</b>
<b>Zonas industriais</b>	
Dispersa	0.50-0.80
Concentrada	0.60-0.90
<b>Vias de comunicacão</b>	
Asfaltadas	0.70-0.90
De betão	0.80-0.95
Passeios	0.75-0.85

**Figura 39 – Coeficientes de escoamento (Sá Marques & Sousa, 2011)**

Em relacão à intensidade de precipitacão, considerou-se um tempo de precipitacão de 10 minutos para um período de retorno de 5 anos, com estes dados e visto a cidade do Porto ser integrante da região A os valores a e b a usar no cálculo foram os seguintes:

**Tabela 7 – Valores de a e b**

$$a = 259,26$$

$$b = -0,562$$

O valor para a intensidade de precipitacão calculado foi de 71,08 mm/h, como apresentado na Equacão 5.

$$I = 259,26 * 10^{-0,562} = 71,08 \text{ mm/h}$$

Equacão 5

Através dos valores acima calculados, obteve-se a seguinte expressão e os caudais a usar para as vertentes consideradas:

$$Q = 0,95 * \left[ \frac{71,08}{(1000 * 3600)} \right] * A \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Equação 6

**Tabela 8 – Caudais de cálculo para as caleiras**

$$Q1 = 5,01E-04 \text{ m}^3\text{/s}$$

$$Q2 = 3,73E-04 \text{ m}^3\text{/s}$$

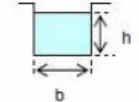
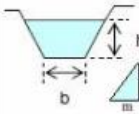
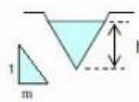
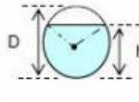
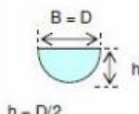
$$Q3 = 4,52E-04 \text{ m}^3\text{/s}$$

$$Q4 = 7,18E-05 \text{ m}^3\text{/s}$$

Determinação do diâmetro das caleiras

Através da equação de Manning-Strickler, Equação 3, e com os caudais de escoamento determinaram-se os diâmetros a usar nas caleiras, tendo em conta, que como estipulado no RGSPDADAR, a altura da lâmina líquida não deve exceder 0,7 da altura da secção transversal.

Para tubos de PVC, material usualmente usado em caleiras, o coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler o valor usado foi de  $90 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  (Quintela, 1981). O cálculo das áreas e raios necessários à aplicação da fórmula foram realizados de acordo com as equações pré-definidas para uma secção circular semicheia, Figura 40.

Forma da secção	Área (A) (m <sup>2</sup> )	Perímetro molhado (P) (m)	Raio hidráulico (R) (m)	Largura do Topo (B) (m)
	$b \cdot h$	$b + 2 \cdot h$	$\left(\frac{A}{P}\right) = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h}$	$b$
	$(b + m \cdot h) \cdot h$	$b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$b + 2 \cdot m \cdot h$
	$m \cdot h^2$	$2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$2 \cdot m \cdot h$
	$\frac{1}{8} \cdot (\theta - \text{sen } \theta) \cdot D^2$ $\theta = \text{RAD}$	$\frac{\theta \cdot D}{2}$	$\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right) D$	$\left(\text{sen} \frac{\theta}{2}\right) D$
	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4} = \frac{h}{2}$	$D = 2 \cdot h$

**Obs.:**  $\theta = 2 \cdot \arccos(1 - 2 \cdot h/D)$ , onde  $\theta$  deve ser calculado em **radianos**.

**Figura 40 – Elementos geométricos de condutas (Evangelista, 2013)**

Aplicando:

$$Q = 90 * A_h * R_h^{2/3} * 0,005^{1/2} \tag{Equação 7}$$

$$A_h = \frac{1}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) * D^2 \tag{Equação 8}$$

$$R_h = \frac{1}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) * D \tag{Equação 9}$$

$$\theta = 2 * \arccos\left(1 - \frac{2 * h}{D}\right)$$

Equação 10

$$h \leq 0,7 * D$$

Equação 11

Obtiveram-se os seguintes resultados:

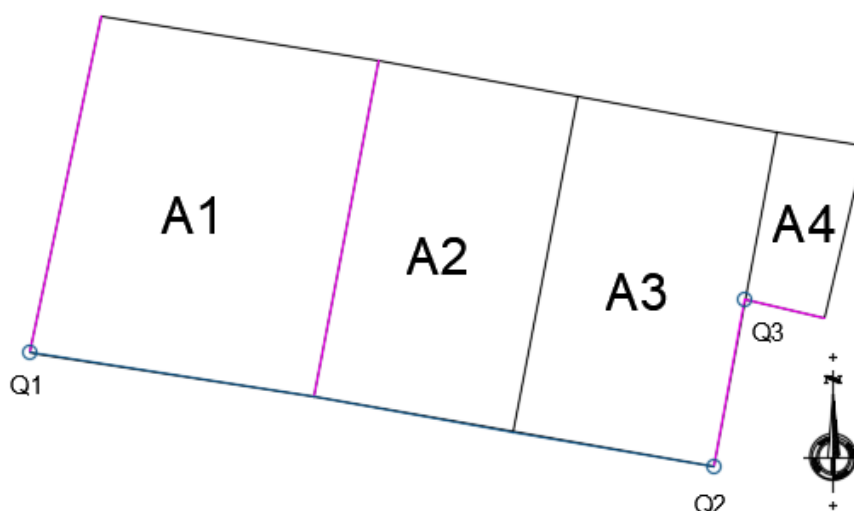
**Tabela 9 – Resultados do dimensionamento de caleiras**

<i>Vertente</i>	<i>Q<sub>vertente</sub></i> [m <sup>3</sup> /s]	<i>D<sub>calculado</sub></i> [m]	<i>D<sub>corrigido</sub></i> [m]	<i>θ</i> [rad]	<i>A<sub>h</sub></i> [m <sup>2</sup> ]	<i>R<sub>h</sub></i> [m]	<i>Q<sub>caleira</sub></i> [m <sup>3</sup> /s]
1	5,01E-04	0,048	0,125	3,965	0,009	0,037	6,49E-03
2	3,73E-04	0,043	0,125	3,965	0,009	0,037	6,49E-03
3	4,52E-04	0,046	0,125	3,965	0,009	0,037	6,49E-03
4	7,18E-05	0,023	0,125	3,965	0,009	0,037	6,49E-03

Como é possível verificar na Tabela 9, o diâmetro escolhido para as caleiras é muito superior ao mínimo exigido devendo-se ao facto dos fornecedores comercializarem modelos de caleiras de dimensões standardizadas, neste caso, de 125 mm.

### Determinação do diâmetro dos tubos de queda

Uma vez definidas as dimensões das caleiras a usar, procedeu-se à marcação da localização de instalação dos tubos de queda, denominados na planta, Figura 41, por Q1, Q2 e Q3. Sendo Q1 responsável pela evacuação da água proveniente de A1, Q2 da água vinda de A2 e Q3 da junção das vertentes A3 e A4.



**Figura 41 – Marcação dos tubos de queda**

Os diâmetros dos tubos de queda foram calculados de acordo com a Equação 4, tomando como valores de caudal, os calculados para cada vertente e a carga nos tubos de queda igual à definida pelas caleiras escolhidas.

A determinação da carga nos tubos de queda foi feita com recurso à fórmula de Manning-Strickler, de forma a encontrar a altura da lâmina para o caudal de cada vertente. A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 10 – Determinação da altura da lâmina de água nas caleiras (h)**

Vertente	$Q_{vertente}$ [m <sup>3</sup> /s]	$D_{caleira}$ [m]	$\theta$ [rad]	$A_h$ [m <sup>2</sup> ]	$R_h$ [m]	$h$ [m]
1	5,01E-04	0,125	3,0536	0,0013	0,0145	0,0598
2	3,73E-04	0,125	3,9646	0,0011	0,0127	0,0428
3	4,52E-04	0,125	3,9646	0,0012	0,0136	0,0460
4	7,18E-05	0,125	3,9646	0,0003	0,0068	0,0231

Com os valores acima definidos procedeu-se ao cálculo do diâmetro mínimo do tubo de queda.

$$D \geq \left( \frac{Q}{\pi \cdot H \cdot \sqrt{2gh}} - \beta \cdot H \right) / \alpha \quad \text{Equação 12}$$

A aplicação da Equação 12 permitiu obter os seguintes resultados:

**Tabela 11 – Resultados do dimensionamento dos tubos de queda**

<i>Tubo de queda</i>	<i>Q<sub>calculo</sub></i> <i>[m<sup>3</sup>/s]</i>	<i>H</i> <i>[m]</i>	<i>D<sub>calculado</sub></i> <i>[m]</i>	<i>D<sub>corrigido</sub></i> <i>[m]</i>	<i>Q<sub>max do tubo</sub></i> <i>[m<sup>3</sup>/s]</i>
Q1	5,01E-04	0,0598	0,032	0,075	1,31E-02
Q2	3,73E-04	0,0428	0,021	0,075	7,20E-03
Q3	5,24E-04	0,0460	0,021	0,075	8,17E-03

Mais uma vez, o diâmetro escolhido prendeu-se quer pelos valores definidos na legislação e pelos diâmetros comercializados pelos fabricantes, optando-se pelo uso de tubos de PVC com 75 mm de diâmetro.

## ii. Sistema de rega

O dimensionamento realizado para o sistema de rega do terreno, Figura 42, teve como ponto de partida, a definição de qual o melhor sistema a implementar, bem como o seu traçado.

Uma vez que se está perante uma horta comunitária, a melhor distribuição a usar foi a setorização do espaço por lotes, em que cada lote deverá ser regado por um sistema gota-a-gota. A escolha deste tipo de sistema permite a fácil alteração do traçado, permitindo atualizar o sistema face às culturas a plantar. Em relação à agrofloresta presente no terreno, esta, visto já estar na sua fase de maturação, não necessita de um sistema de rega, sendo capaz de se sustentar sem a necessidade de rega.



Figura 42 – Planta geral da horta

Definida a rota a seguir, procedeu-se ao traçado do sistema de rega, tendo em conta que cada lote é responsável por um setor, originando um total de 31 diferentes setores, para os 31 lotes existentes, Figura 43. Uma vez realizado o traçado do sistema, mediram-se os comprimentos dos tubos a instalar e calcularam-se os caudais presentes em cada setor, Tabela 12 e Tabela 13. As plantas criadas estão presentes no anexo Peças desenhadas.



Figura 43 – Planta do sistema de rega

Tabela 12 – Tabela de medição do sistema

		Área [m <sup>2</sup> ]	Comprimento Gota-a-Gota [m]	N.º de Gotejadores	Caudal [m <sup>3</sup> /h]
<b>Zona I</b>					<b><u>3,03</u></b>
Setor	1	27,06	80,44	244	0,56
	2	27,06	76,89	233	0,54
	3	28,04	79,58	242	0,56
	4	15,01	41,60	127	0,29
	5	24,18	73,87	224	0,52
	6	22,06	48,94	149	0,34
	7	12,10	32,65	99	0,23
<b>Zona II</b>					<b><u>2,39</u></b>
Setor	8	20,95	65,66	199	0,46
	9	20,95	65,58	199	0,46
	10	36,05	108,22	328	0,75
	11	25,93	74,99	228	0,52
	12	10,95	28,12	86	0,20
<b>Zona III</b>					<b><u>1,76</u></b>
Setor	13	27,31	79,69	242	0,56
	14	29,81	87,72	266	0,61
	15	27,31	84,67	257	0,59

Tabela 13 – Tabela de medição do sistema (cont.)

	Área [m <sup>2</sup> ]	Comprimento Gota-a-Gota [m]	N.º de Gotejadores	Caudal [m <sup>3</sup> /h]
<b>Zona IV</b>				<b>1,66</b>
Setor	16 41,03	123,09	373	0,86
	17 24,08	72,16	219	0,50
	18 24,09	72,10	219	0,50
	19 30,98	93,14	283	0,65
<b>Zona V</b>				<b>2,72</b>
Setor	20 44,31	126,32	383	0,88
	21 27,06	82,75	251	0,58
	22 16,70	49,40	150	0,35
	23 19,06	56,18	171	0,39
	24 24,96	74,83	227	0,52
<b>Zona VI</b>				<b>1,04</b>
Setor	25 20,03	57,89	176	0,40
	26 24,91	75,42	229	0,53
	27 24,25	73,07	222	0,51
<b>Zona VII</b>				<b>3,51</b>
Setor	28 51,63	153,69	466	1,07
	29 49,08	151,44	459	1,06
	30 30,94	90,17	274	0,63
	31 37,13	107,21	325	0,75
<b>Total</b>	<b>863,01</b>			<b>3,03</b>

Em relação ao número de gotejadores indicado nas tabelas anteriores, o seu valor foi determinado através do catálogo do fornecedor, neste caso o catálogo da empresa Cudell, Figura 44.



A - Tubo gota a gota AC com gotejador pastilha (Rolos 500 m)  
Manufactured by **AZUD**

Pormenor gotejador pastilha AC com  
**DS technology**  
Anti-clogging efficiency  
Eficácia antoboluntária

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS							
Código	Espaçamento gotejador (cm)	Caudal nominal (l/h)	Intervalo pressão funcionamento (bar)	Pressão máxima (bar)	Espessura nominal (mm)	Diâmetro interno (mm)	Rolo (m)
510173	33 x 33	2,3	0,5 a 4,0	4,0	1,0	13,70	500

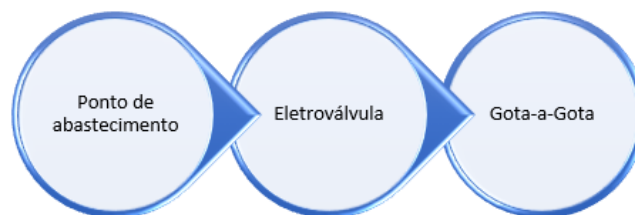
Figura 44 – Catálogo tubo gota-a-gota (CUDELL, 2017)

Para tal bastou a divisão entre o comprimento do tubo pelo espaçamento dos gotejadores, nesta situação 0,33 m, sendo que o arredondamento do resultado foi realizado por excesso às unidades. No traçado do tubo gota-a-gota optou-se pela distância de 0,30 m entre tubos, permitindo no seu intervalo a plantação de diferentes espécies hortícolas.

Devido ao facto de existirem 31 diferentes setores, optou-se pelo agrupamento dos mesmos em 7 zonas de funcionamento distintas, sendo que, enquanto numa o sistema de rega se encontra ativo, nas restantes está desativado.

O sistema de condução de água entre o ponto de abastecimento e o sistema gota-a-gota foi dimensionado tendo em conta o caudal de água em cada uma das zonas e a perda de carga criada pelo deslocamento da água na tubagem, teve-se também em atenção a homogeneidade dos tubos, evitando a variação de diâmetros ao longo do percurso. Com as perdas de carga encontrou-se a pressão inicial a ter de forma permitir o funcionamento do sistema de rega em toda a área agrícola. As perdas de carga foram calculadas através dos dados apresentados pelos fornecedores.

Nas tabelas presentes nas páginas seguintes são apresentados os resultados dos cálculos acima referidos tendo em conta o funcionamento do sistema de condução entre o ponto de abastecimento e o sistema gota-a-gota, Figura 45, e os parâmetros de funcionamento do tubo de condução de água a usar, presentes na Figura 46.



**Figura 45 – Diagrama de condução da água no sistema**

PARÂMETROS DE FUNCIONAMENTO - Tubo polietileno									
Perdas de pressão em Kg/cm <sup>2</sup> por cada 100 metros de tubagem									
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Diâmetro do tubo (exterior)								
	1/2" 16 mm	3/4" 25 mm	1" 32 mm	1.1/4" 40 mm	1.1/2" 50 mm	2" 63 mm	2.1/2" 75 mm	3" 90 mm	4" 110 mm
0,22	0,11								
0,45	0,42								
0,68	0,85								
0,90	<b>1,48</b>								
1,13	<b>2,21</b>								
1,36	<b>3,09</b>								
1,58	-								
1,81	-								
2,04	-								
2,27	-								
2,49	-								
2,72	-								
2,95	-								
3,17	-								
3,40	-								
3,63	-								
3,86	-								
4,08	-								
4,31	-								
4,54	-								
4,99	-								
5,45	-								
5,67	-								
5,90	-								
6,35	-								
6,81	-								
7,94	-								
9,08	-								
10,21	-								
11,35	-								
13,62	-								
15,89	-								
18,16	-								
20,43	-								
22,71	-								
27,25	-								
31,79	-								
36,83	-								
40,87	-								
45,42	-								
49,96	-								
54,50	-								
59,04	-								
63,58	-								
68,13	-								

**Nota:** Os valores indicados a negrito correspondem a velocidades da água superiores a 1,5 metros por segundo. Só devem ser utilizados com as devidas precauções.

Figura 46 – Parâmetros de funcionamento do tubo de polietileno (CUDELL, 2017)

**Tabela 14 – Perdas de carga entre o Ponto de abastecimento e as electroválvulas**

Zona	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	Conduto de ligação (Ponto de abastecimento - Electroválvula)					
		Características padronizadas do tubo			Correção da perda de carga		
		Diâmetro [mm]	Diâmetro	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	Perda de carga [bar] / 100 m	Comprimento [m]	Perda de carga [bar]
I	3,03	40	1.1/4"	3,17	0,3	107,00	0,307
II	2,39	40	1.1/4"	2,49	0,2	154,82	0,297
III	1,76	40	1.1/4"	1,81	0,11	98,59	0,105
IV	1,66	40	1.1/4"	1,81	0,11	95,62	0,096
V	2,72	40	1.1/4"	2,72	0,23	82,72	0,190
VI	1,04	40	1.1/4"	1,13	0,05	89,84	0,041
VII	3,51	40	1.1/4"	3,63	0,39	101,40	0,382

**Tabela 15 – Perdas de carga entre as electroválvulas e o sistema gota-a-gota**

Zona	Conduto de ligação (Electroválvula - Gota-a-Gota)				Correção da perda de carga	
	Diâmetro [mm]	Diâmetro	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	Perda de carga [bar] / 100 m	Comprimento [m]	Perda de carga [bar]
I	25	3/4"	0,68	0,22	4,65	0,008
II	25	3/4"	0,90	0,37	4,75	0,015
III	25	3/4"	0,68	0,22	4,50	0,009
IV	25	3/4"	0,90	0,37	5,40	0,019
V	25	3/4"	0,90	0,37	4,30	0,016
VI	25	3/4"	0,68	0,22	3,85	0,007
VII	25	3/4"	1,13	0,58	5,65	0,031

**Tabela 16 – Perda de carga localizada das electroválvulas**

		Electroválvula		
		Características da electroválvula		Correção da perda de carga
Zona		Caudal [m <sup>3</sup> /h]	Perda de carga [bar]	Perda de carga [bar]
	I	0,60	0,26	0,243
	II	0,60	0,26	0,327
	III	0,60	0,26	0,265
	IV	0,23	0,19	0,709
	V	0,60	0,26	0,382
	VI	0,60	0,26	0,228
	VII	0,60	0,26	0,464

Determinadas as perdas de carga, calculou-se a pressão inicial a ter no ponto de abastecimento, através da equação de Bernoulli:

$$Energia = \Delta H + P_{funcionamento} + \sum (Perdas\ de\ carga) \quad \text{Equação 13}$$

Em que:

$\Delta H$  – Diferença de cotas

$P_{funcionamento}$  – Pressão de funcionamento do sistema

$\Sigma(Perdas\ de\ carga)$  – Soma das perdas de carga no sistema

Sabendo que a pressão necessária ao funcionamento de um sistema gota-a-gota é de 3,0 bar (Figura 47), obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 17.

PARÂMETROS DE FUNCIONAMENTO								
TUBO GOTA A GOTA AUTOCOMPENSANTE COM GOTEJADOR PASTILHA								
Comprimento de linha aconselhado (m) em função da pressão (bar).								
Código Cudell	Modelo	Pressão (bar)	Inclinação (%)	25 cm	33 cm	50 cm	75 cm	100 cm
				S11011 S11021	1,6	3	0	-
S10173 S10174 S06762 S10175	2,3	-	107	155	220			279
S10971 S10972 S11007	3,5			103	-	118	168	211

Figura 47 – Parâmetros de funcionamento do sistema gota-a-gota (CUDELL, 2017)

Tabela 17 – Pressão inicial no ponto de entrega

		Diferença de cotas [m]	Pressão de adução		
			Pressão de funcionamento [bar]	Pressão inicial* [bar]	Pressão inicial* [m]
Zona	I	14,00	3,0	5,01	50,14
	II	20,00	3,0	5,70	57,03
	III	14,00	3,0	4,82	48,17
	IV	14,00	3,0	5,31	53,07
	V	14,00	3,0	5,05	50,46
	VI	15,00	3,0	4,80	48,04
	VII	22,00	3,0	6,17	61,65

\*+10% cargas localizadas

### iii. Sistema de bombagem

Consultando os valores obtidos para a pressão inicial necessária para o funcionamento do sistema presentes na Tabela 17, verificou-se que o valor máximo de pressão necessária seria de 61,65 m.c.a. para um caudal de 3,51 m<sup>3</sup>/h. Tendo por base este valor e consultando as curvas das bombas nos catálogos de vendedores deste tipo de equipamentos, Figura 48, obteve-se a seguinte relação entre os caudais e pressões de funcionamento face à curva da bomba que mais se aproximava dos valores máximos calculados, Figura 49.

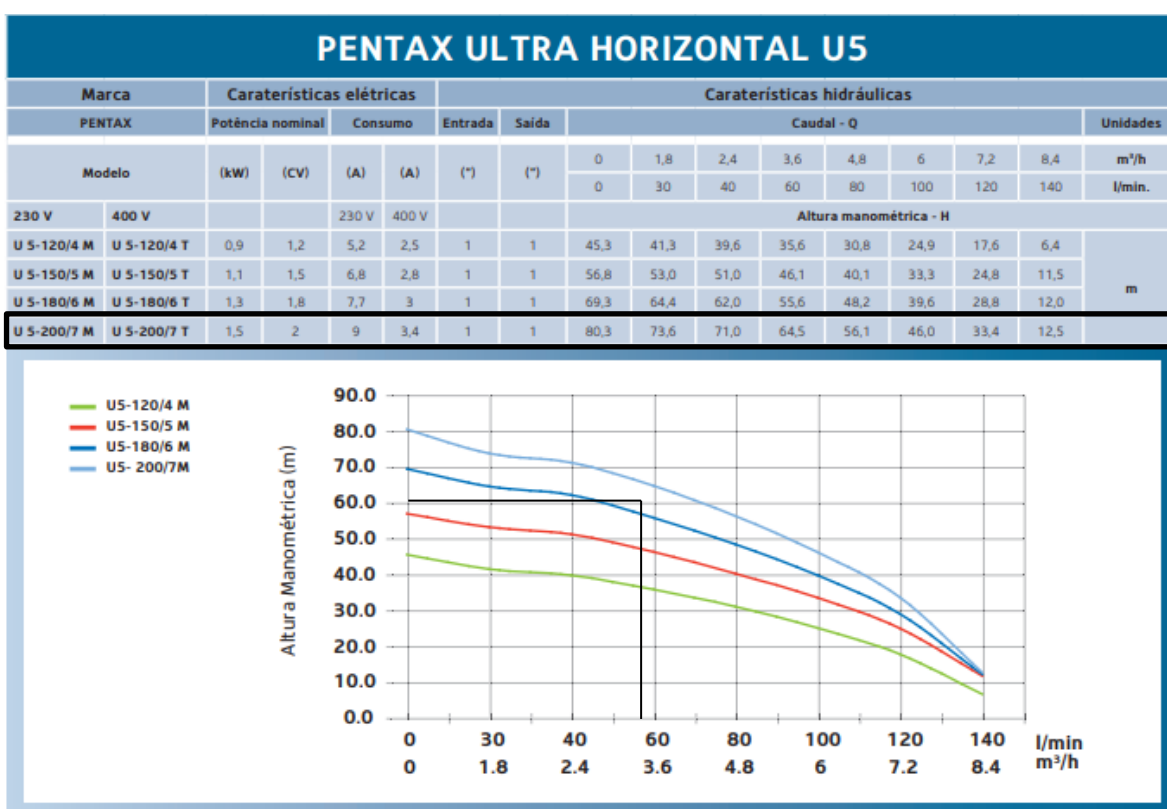
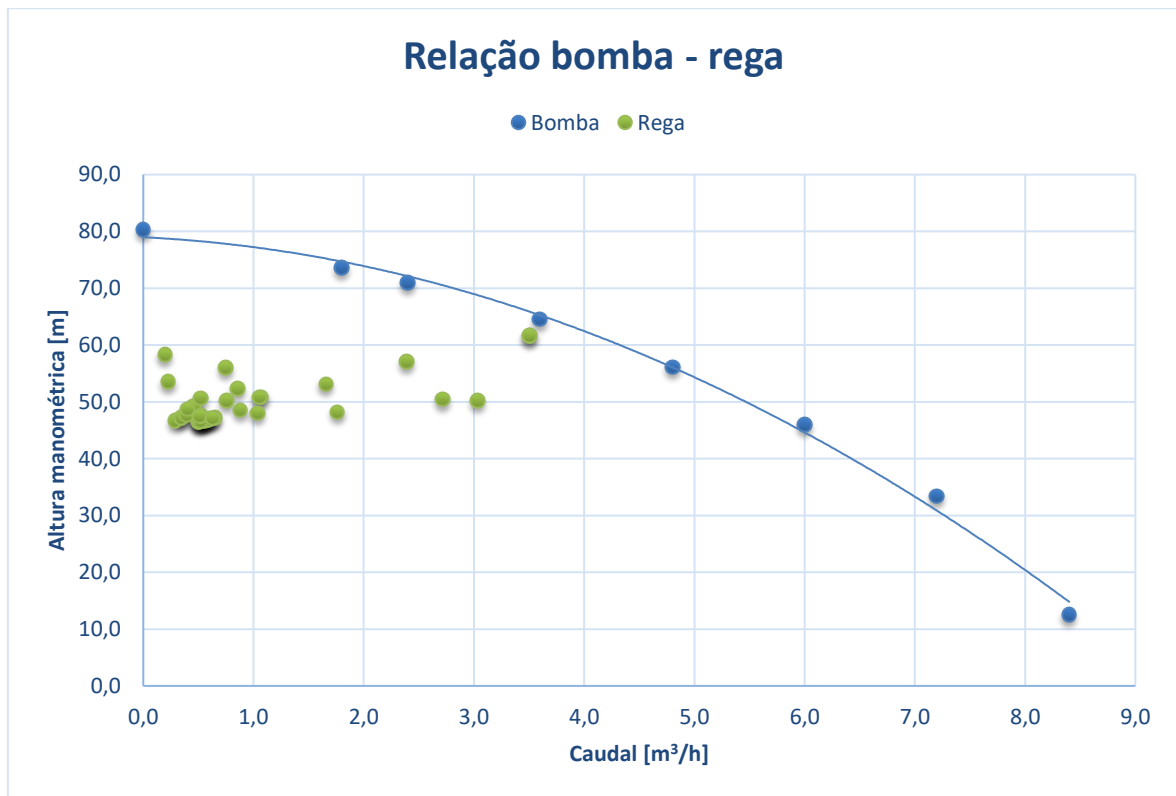


Figura 48 – Características de grupos eletrobomba (CUDELL, 2017)



**Figura 49 – Curva da bomba**

A bomba selecionada para além de verificar as pressões de funcionamento necessárias, também teve de verificar uma potência de funcionamento igual ou inferior a 1500 W de forma a possibilitar a instalação de um kit fotovoltaico de autoconsumo, de acordo com o que foi descrito no

## Capítulo II – Estado da **Arte**.

#### iv. Sistema de armazenamento

A dimensão do sistema de armazenamento tem por norma dois fatores a considerar, o primeiro é a quantidade de água a armazenar, o segundo a disponibilidade de implantação do local. No caso da área em estudo, os depósitos deverão estar localizados perto do edifício da sede, sendo este o local mais próximo do ponto de abastecimento, Figura 50. Devido ao espaço na área ser limitado, só se consegue implantar um máximo de 2 depósitos de 5 000 l, fazendo com que se consiga armazenar uma quantidade de 10 000 l, ou 10 m<sup>3</sup>. Estes depósitos receberão água proveniente do sistema de drenagem/recolha de águas pluviais e/ou, caso não exista água no depósito, da rede pública de distribuição de água. Por sua vez estará ligado ao sistema eletrobomba, que enviará a água para o sistema gota-a-gota. As características dos depósitos superficiais são apresentadas na Figura 51.

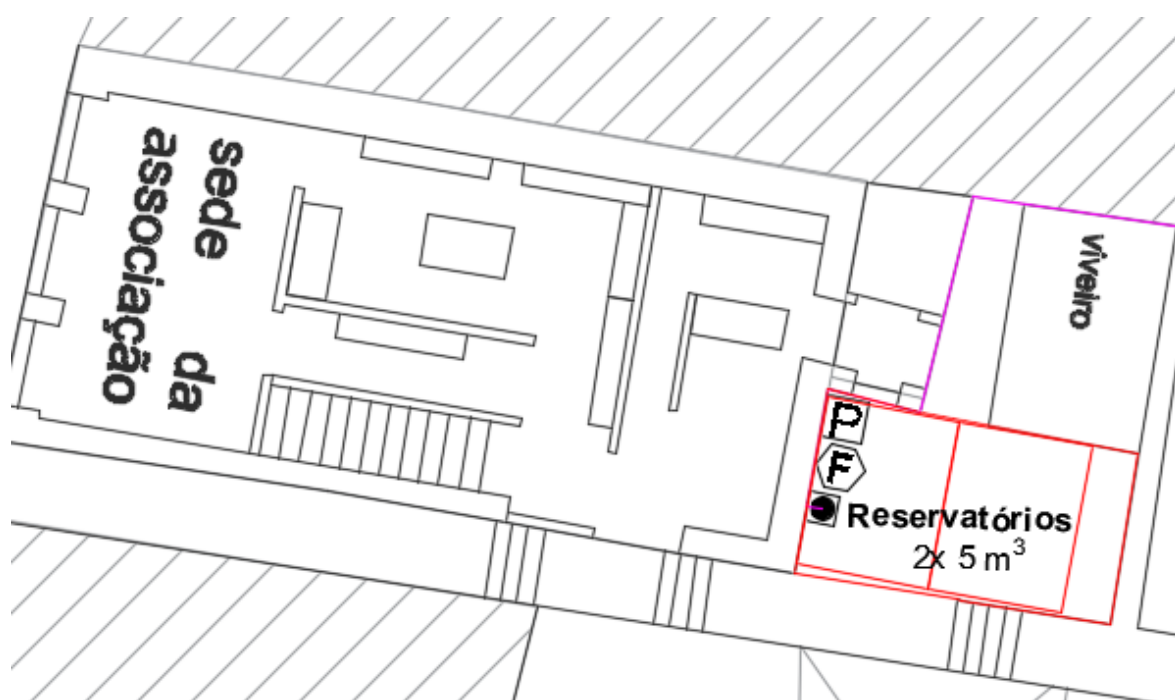


Figura 50 – Localização dos reservatórios/depósitos

## Série DHS Reforçado

**Aplicação:** Depósitos reforçados horizontais de **pequena capacidade** em Polietileno de Alta Densidade - PEAD para armazenamento de água e outros líquidos. • **Valor acrescentado:** Montagem fácil, sobre superfície lisa e plana. • Boa sustentabilidade e peso reduzido. • Tratamento Anti-U.V., imputrescível, resistentes à corrosão e fácil limpeza. • **Caraterísticas específicas:** Fabricados em Polietileno de Alta Densidade – PEAD. • **Capacidade:** 500 a 5.000 l. • Acesso ao interior por tampa colocada na parte superior. • Possibilidade de colocação de entradas e saídas nas zonas superiores e inferiores para conexão de tubagens.



A - Depósito horizontal DHS

**Figura 51 – Características de depósitos de água superficiais (CUDELL, 2017)**

#### v. Sistema solar fotovoltaico

Visto o sistema eletrobomba funcionar a uma potência de 1500 W é possível instalar um sistema solar fotovoltaico de autoconsumo de 1500 sem a necessidade de venda direta de energia à rede. Neste caso existem várias empresas que oferecem uma grande variedade de kit's com ou sem baterias de armazenamento. Estes kit's são compostos por painéis de 250/260 W, estruturas de fixação, micro inversores de 250/500 W e guias de instalação e fichas técnicas.



Figura 52 – Kit solar fotovoltaico (CHL-J2, 2018)

### III. Orçamentos

#### i. Sistema de drenagem/recolha de águas pluviais

O orçamento realizado teve por base os preços presentes no catálogo da empresa Nicolau & Rosa, Lda. (Nicolau & Rosa, 2018).

**Tabela 18 – Orçamento para sistema de drenagem de águas pluviais**

Drenagem de águas pluviais					
Morada:			Código-Postal:		
Cliente:	Espaço Musas				
Data do	maio/2018				
Orçamento:					
Orçamento para: Sistema de drenagem de águas pluviais					
Item #	Descrição	Uni.	Quantidade	Preço Unitário	Preço
1	Caleira circular 125 mm branca	m	15,28		
	Vara de 3 m		6	11,93 €	71,58 €
2	Abraçadeira cal. 125 mm branca		12	1,24 €	14,88 €
3	Tampa p/caleira branca 125 mm		4	1,06 €	4,24 €
4	Tubo desc. 75 mm branco	m	29,10		
	Tubo de 3 m		10	8,78 €	87,80 €
5	Abraç. Tubo desc. 75 mm branca		20	1,13 €	22,60 €
6	Curva interior 125 mm branca		1	9,35 €	9,35 €
7	Curva 75 mm 90º branca		2	2,40 €	4,80 €
8	Forquilha 75 branca p/caleira		3	5,78 €	17,34 €
9	Curva 75 mm 45º branca		3	2,64 €	7,92 €
10	Un. Des. p/ Cal. Cir. 125 mm branca		1	5,88 €	5,88 €
11	Baixada ext. Direita 125 mm branca		2	8,08 €	16,16 €
12	Un. Cal. Circ. 125 mm branca		3	2,57 €	7,71 €
				<b>Subtotal</b>	<b>270,26 €</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>270,26 €</b>

\*Preços com IVA incluído

## ii. Sistema de rega

Tendo em conta os catálogos da empresa Cudell (CUDELL, 2017), foi possível calcular o seguinte orçamento para o sistema de rega:

**Tabela 19 – Orçamento para sistema de rega**

Sistema de rega					
Morada:		Código-Postal:			
Cliente:	Espaço Musas				
Data do Orçamento:	maio/18				
Orçamento para:	Sistema de rega				
Item #	Descrição	Uni.	Quantidade	Preço Unitário	Preço
1	Tubo gota a gota 16 mm AC preto 33 cm pastilha 2,3 l/h	m	2487,48		
	Rolo 500 m	m	2500	0,61 €	1 525,00 €
2	Tubo PET alta densidade - ECO				
	ECO AD 40 mm 1.1/4" - 8 BAR	m	318,95		
		m	320	1,63 €	521,60 €
3	Tubo PET alta densidade - ECO				
	ECO AD 25 mm 3/4" - 10 BAR	m	121,2		
		m	130	0,88 €	114,40 €
4	Eletroválvula com solenóide 2 vias 1" NF - Bermad		31	21,23 €	658,13 €
5	Tê com rosca fêmea				
	Fêmea 40 x 1" x 40 BZP		31	4,47 €	138,57 €
6	Casquilho duplo PVC roscar				
	Macho 1"		93	1,02 €	94,86 €
7	Válvula de esfera F/F 2 anéis - Série roscar				
	Válvula de esfera F/F 2 anéis 1"		31	10,72 €	332,32 €
8	Junção simples com O'Ring				
	Fêmea 1"		31	3,51 €	108,81 €
9	União rosca macho				
	Macho 25 x 1" PN16 BZP		31	1,07 €	33,17 €
10	Tomada em carga simples				
	25 x 3/4" PN10		435	1,05 €	456,75 €
11	União rosca macho				
	Macho 16 x 3/4" - Lock Type		435	0,75 €	326,25 €
12	Joelho simples				
	16 x 16 - Lock Type		435	1,21 €	526,35 €
13	Tê simples				
	40 x 40 x 40 PN16 BZP		4	6,11 €	24,44 €

**Tabela 20 – Orçamento para sistema de rega (cont.)**

**Sistema de rega**

Morada: Código-Postal:

Cliente: Espaço Musas  
 Data do Orçamento: maio/18

Orçamento para: Sistema de rega

Item #	Descrição	Uni.	Quantidade	Preço Unitário	Preço
14	Tampão final 40 PN16 BZP		9	2,39 €	21,51 €
15	Tubo PET baixa densidade - ECO BD 16 mm 1/2" - 4 BAR	m	347,5	0,30 €	105,00 €
16	Acessórios canelados ECO Joelho canelado 16mm ECO		62	0,10 €	6,20 €
17	Acessórios canelados ECO Tê canelado 16mm ECO		373	0,10 €	37,30 €
18	Joelho simples 40 x 40 PN16 BZP		10	4,19 €	41,90 €
19	Programador Programador Mastia básico - 8 saídas configuráveis		1	1 153,95 €	1 153,95 €
20	Sensores - Agronic 2500 Sensor humidade para Agronic 2500		1	481,11 €	481,11 €
21	Caixa electroválvulas Caixa retangular 12" professional VB 1419		31	24,66 €	764,46 €

<i>Subtotal</i>	<b>6 707,62 €</b>
Taxa de IVA	0,23
IVA	1 542,75 €
<b>TOTAL</b>	<b>8 250,37 €</b>





#### v. Sistema solar fotovoltaico

O orçamento seguidamente apresentado teve por base os preços presentes na página da empresa CHL-J2, Lda. Engenharia e Distribuição, (CHL-J2, 2018).

**Tabela 23 – Orçamento para sistema solar fotovoltaico**

Sistema solar fotovoltaico					
Morada:		Código-Postal:			
Cliente:	Espaço Musas				
Data do Orçamento:	maio/18				
Orçamento para:		Sistema solar fotovoltaico			
Item #	Descrição	Uni.	Quantidade	Preço Unitário	Preço
1	Kit's Autoconsumo fotovoltaicos 1500 W		1	1 587,93 €	1 587,93 €
					<i>Subtotal</i> 1 587,93 €
					Taxa de IVA 0,23
					IVA 365,22 €
					<b>TOTAL 1 953,15 €</b>

(Página deliberadamente em branco)

# Capítulo IV – Conclusões

## I. Dimensionamento

Em termos de dimensionamento os resultados obtidos foram próximos dos esperados, sendo que a diferença de cotas e o elevado número de setores de rega face à pequena área de captação de águas pluviais e de instalação de depósitos de armazenamento de água contribuíram para a obtenção de soluções mais dispendiosas e equipamentos de gama mais elevada para garantir o funcionamento do sistema pensado inicialmente.

O facto da quantidade de tubo gota-a-gota ser elevada, prende-se com a falta informação sobre quais as plantas a cultivar na horta, uma vez que não existe um plano inicial de plantação definido e de existirem 31 espaços onde cada individuo pode cultivar o que quiser.

É de salientar que apesar de existir um sistema de captação de águas pluviais, continua a ser necessária a ligação ao sistema público de abastecimento de água, uma vez que não se consegue prever a quantidade e intensidade de chuva no local.

## II. Orçamento

Relativamente ao orçamento, verificou-se que os equipamentos integrantes dos sistemas dimensionados são dispendiosos, devendo-se maioritariamente ao facto das condições do espaço em estudo não serem as ideais, juntamente com a falta de diversidade de soluções para a implantação deste tipo de sistemas.

A grande surpresa prendeu-se com os valores dos equipamentos de rega, que apesar de parecerem acessíveis, a quantidade necessária para implantação, torna-os mais caros.

Em relação ao sistema de drenagem de águas pluviais, não apresentou grande surpresa, sendo que os preços são acessíveis face à área de implantação.

## III. Conclusões e Trabalhos Futuros

Apesar deste trabalho não ter tido o resultado esperado em termos de ideia inicial, através dele é possível compreender os passos a tomar no dimensionamento de um sistema sustentável que use águas pluviais e energias renováveis. Estes tipos de sistemas poderão ter melhor resultado em grandes áreas agrícolas, especialmente se neles se considerar o uso de águas captadas por infiltração no solo.

O facto do espaço em estudo se encontrar num grande centro urbano, implicou com que a área de captação fosse limitada à cobertura do edifício explorado, bem como o espaço de instalação dos depósitos fosse mais reduzido. O facto da diferença máxima de cotas do terreno ser de 24 m, fez com que as pressões nos troços iniciais das condutas fosse mais elevado, originando a necessidade de colocação de equipamentos mais dispendiosos de forma a garantir o funcionamento do sistema de rega.

Numa área rural os resultados serão diferentes, quer devido à disponibilidade do espaço, quer devido ao seu declive, podendo existir soluções atrativas, quer do ponto de vista ambiental, como do ponto de vista económico.

Futuramente espera-se que o desenvolvimento de soluções sustentáveis para sistemas agrícolas ganhe outra dimensão, quer em termos de dimensões de mercado, quer em termos de soluções disponíveis, de forma a qualquer indivíduo poder adquirir sistemas que se adequem às suas necessidades sendo economicamente acessíveis às carteiras de possíveis clientes.

## Referências bibliográficas

- CHL-J2, L. E. (2018, maio 25). *Kit's Autoconsumo fotovoltaicos*. Retrieved from CHL Material Elétrico Engenharia e Distribuição: <https://www.chlengenharia.pt/compra/kits-autoconsumo-fotovoltaicos-entre-250w-e-1500w-estrutura-telhado-576380>
- CUDELL. (2017, Dezembro 15). *CUDELL*. Retrieved from CUDELL OUTDOOR: <http://cudell.pt/outdoor-solutions/produtos/produtos>
- Cudell, G. (2000). *Manual de Instalação de Rega*. Lisboa: Gustavo Cudell, LDA.
- Esri, E. P. (2017, novembro). *MipWeb Porto*. Retrieved from MipWeb Porto: [http://mipweb.cm-porto.pt/MuniSIG/MuniSIGViewer/Index.html?configBase=http://mipweb.cm-porto.pt/MuniSIG/REST/sites/Urbanismo/viewers/Mipweb\\_-\\_Mobile/virtualdirectory/Resources/Config/Default](http://mipweb.cm-porto.pt/MuniSIG/MuniSIGViewer/Index.html?configBase=http://mipweb.cm-porto.pt/MuniSIG/REST/sites/Urbanismo/viewers/Mipweb_-_Mobile/virtualdirectory/Resources/Config/Default)
- Evangelista, A. W. (2013). *Condução de água*. Goiás: Universidade Federal de Goiás.
- Google. (2018). Google Earth. *Google Earth*.
- Hunter. (2017, Dezembro 20). *Hunter Industries*. Retrieved from Hunter Industries: [https://www.hunterindustries.com/en-metric/resource\\_guide/design-guides](https://www.hunterindustries.com/en-metric/resource_guide/design-guides)
- IPMA, I. P. (2017, novembro). *Normais Climatológicas*. Retrieved from IPMA: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/014/>
- Ministério das Obras Públicas, T. e. (1995). *Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto*. Lisboa: Diário da República n.º 194/1995, Série I-B de 1995-08-23. Retrieved from <http://data.dre.pt/eli/decregul/23/1995/08/23/p/dre/pt/html>
- Ministério do Ambiente, O. d. (2014). *Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro*. Lisboa: Diário da República n.º 202/2014, Série I de 2014-10-20. Retrieved from <http://data.dre.pt/eli/dec-lei/153/2014/10/20/p/dre/pt/html>
- Nicolau & Rosa, L. (2018, Março 22). *Sistemas de drenagem e esgoto*. Retrieved from Nicolau & Rosa, Lda.: <http://www.nicolaurosa.com/frontoffice/produtos.php?ID=3>
- Quintela, A. d. (1981). *Hidráulica*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Rain Bird. (2001). *Landscape Irrigation Design Manual*. Glendora, CA: Rain Bird Sprinkler Mfg. Corp.
- Sá Marques, J., & Sousa, J. (2011). *Hidráulica Urbana*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.

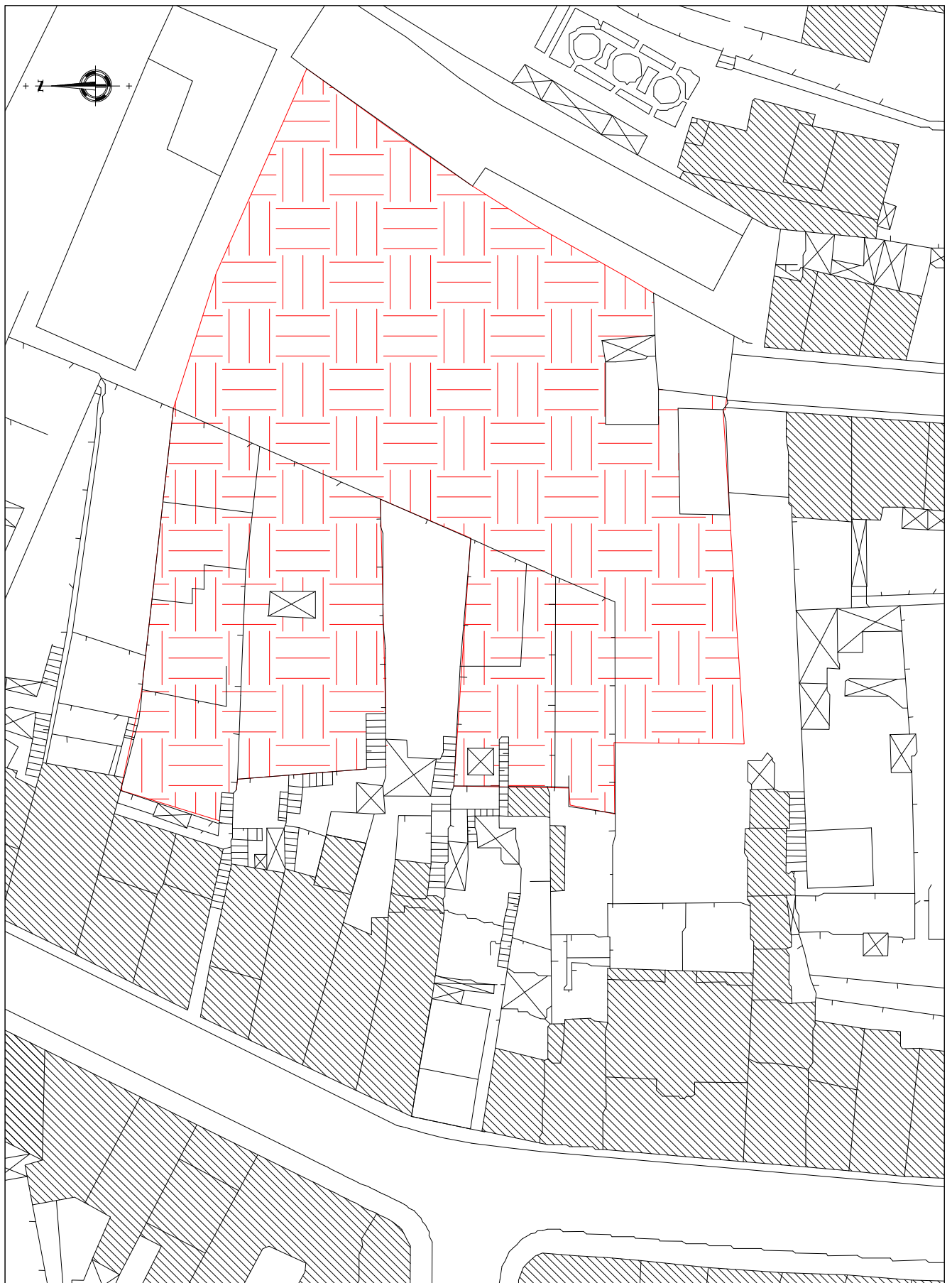
SNIRH, S. N. (2017, novembro). *Monitorização*. Retrieved from SNIRH, Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos:  
<http://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=2&idItem=1>

## *Anexos*

(Página deliberadamente em branco)

## I. Peças desenhadas

(Página deliberadamente em branco)



Sistema de irrigação águas pluviais para uma horta comunitária

**isep** Instituto Superior de Engenharia do Porto

Morada:  
Rua do Bonjardim, n.º 998, 4000-121 Porto

Requerente(s):  
ISEP - MES - DPEST

Desenho N.º:  
1

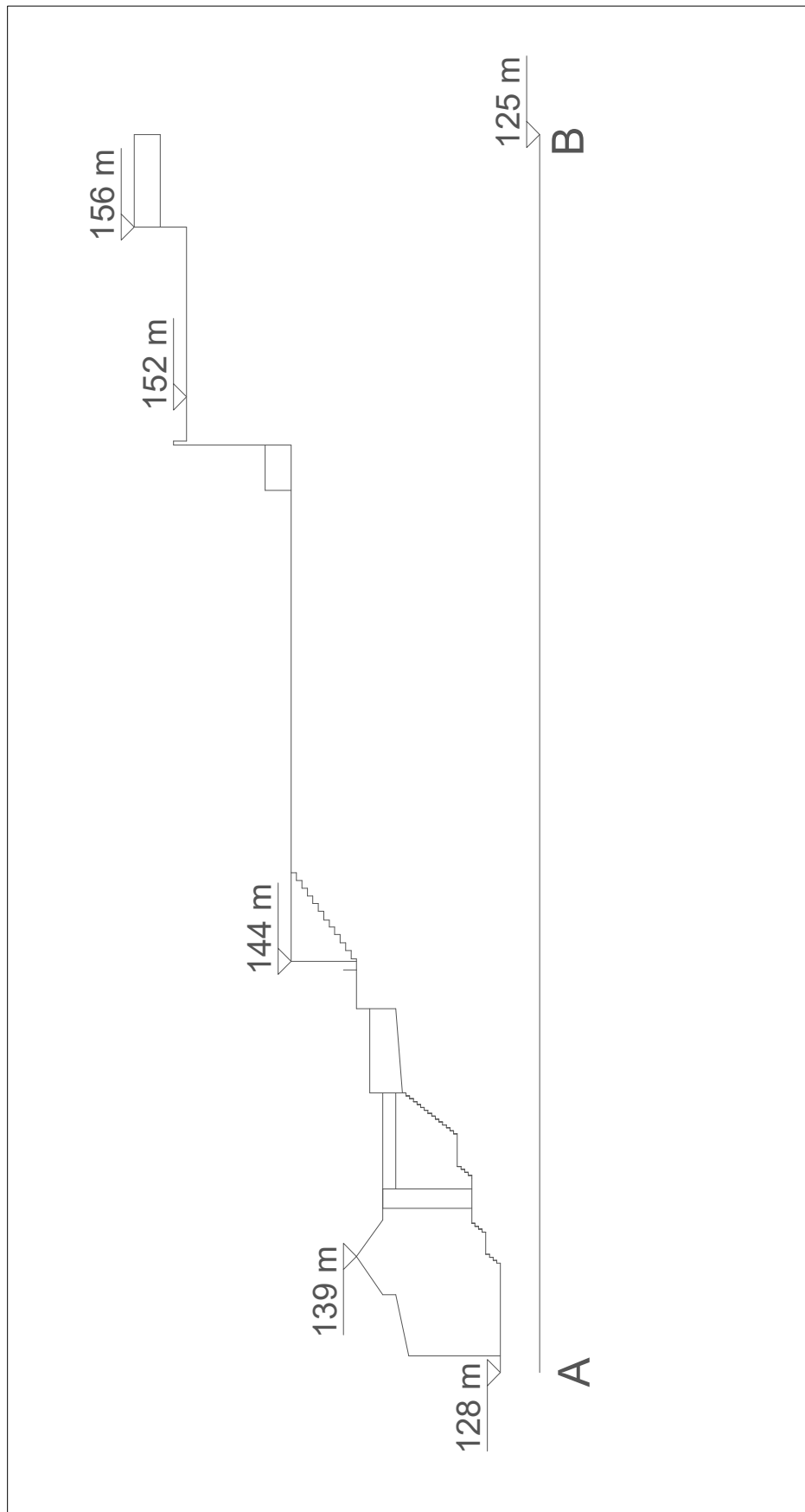
Autore(s):  
1080255 - José Trindade do Rêgo

Data:  
março 2018


Planta da evolvente

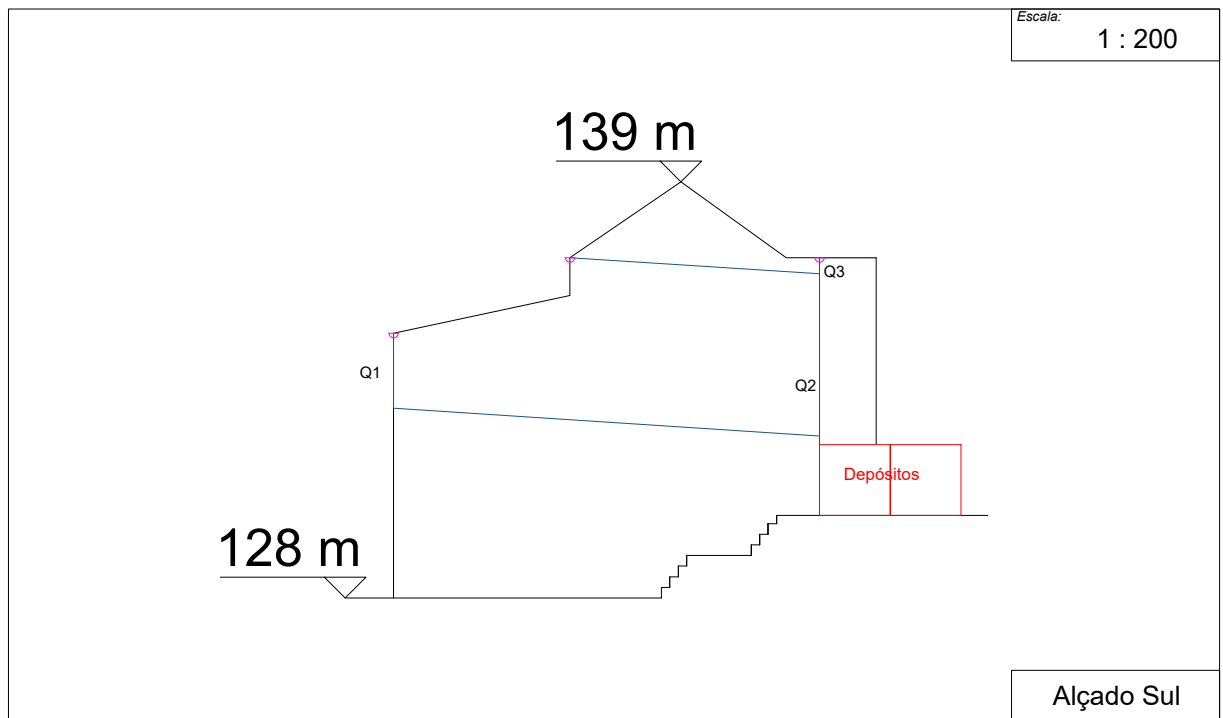
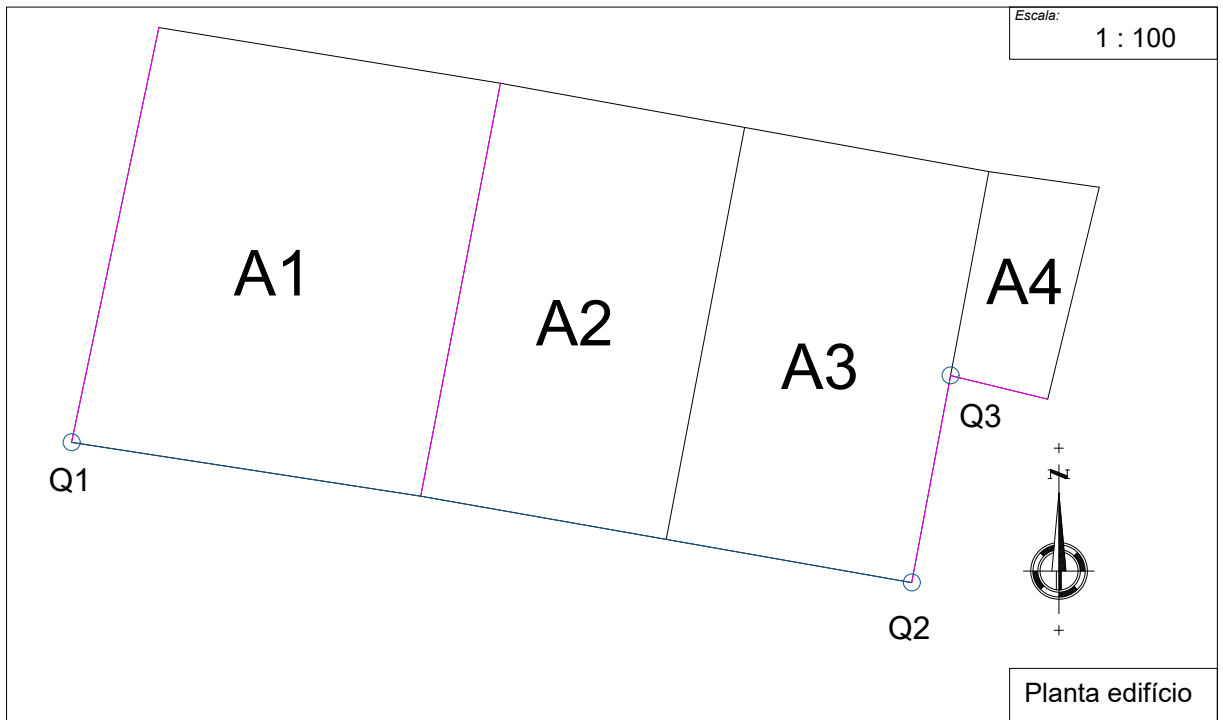
Escala:  
1 : 500




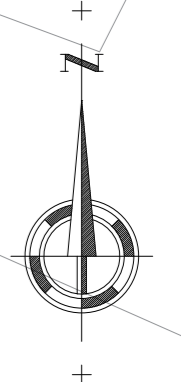


Sistema de irrigação águas pluviais para uma horta comunitária

 Instituto Superior de Engenharia do Porto	Morada:	Rua do Bonjardim, n.º 998, 4000-121 Porto	
	Requerente(s):	ISEP - MES - DPEST	
Desenho N.º:	3	Autore(s):	
		1080255 - José Trindade do Rêgo	
Data:	março 2018	Corte A - B	Escala:
			1 : 500



Sistema de irrigação águas pluviais para uma horta comunitária		
 Instituto Superior de Engenharia do Porto	Morada:	Rua do Bonjardim, n.º 998, 4000-121 Porto
	Requerente(s):	ISEP - MES - DPEST
Desenho N.º:	4	Autore(s): 1080255 - José Trindade do Rêgo
Data:	março 2018	Captação águas pluviais



- Legenda:**
- Tubo Gota-a-gota 16mm - 0,33 m x 0,33 m
  - Tubo PET-AD Ø16 - 4 bar
  - Tubo PET-AD Ø25 - 10 bar
  - Tubo PET-AD Ø40 - 10 bar
  - Electroválvula
  - Programador
  - Filtro

- Torneira de Rega
- Ponto de Água

Características Hidráulicas Necessárias no Ponto de Água:  
 Caudal Máx: x,xxx l/h  
 Pressão: x,x Kg/cm<sup>2</sup>

<b>Sistema de irrigação águas pluviais para uma horta comunitária</b>			
<b>isep</b> <small>Instituto Superior de Engenharia do Porto</small>	Morada: Rua do Bonjardim, n.º 998, 4000-121 Porto		
	Requerente(s): ISEP - MES - DPEST		
Desenho N.º:	5	Autores(s): 1080255 - José Trindade do Rêgo	
Data:	abril 2018	Planta de rega	Escala: 1 : 200