



Universidade de Aveiro
Ano 2012

Departamento de
Engenharia Mecânica

**Joana Filipa
Martins Prates**

**Desempenho de coberturas verdes em zonas
urbanas**



**Joana Filipa
Martins Prates**

**Desempenho de coberturas verdes em zonas
urbanas**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizada sob a orientação científica do Doutor António José Barbosa Samagaio, Professor associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro e sob a coorientação científica do Doutor Armando Baptista da Silva Afonso, Professor associado convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.



O Júri

Presidente

Professor Doutor Nelson Amadeu Dias Martins

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Vogal

Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Vogal

Professor Doutor António José Barbosa Samagaio

Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro (Orientador)

Vogal

Professor Doutor Armando Baptista da Silva Afonso

Professor Associado Convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro (Coorientador)



Agradecimentos

Ao meu Orientador, Professor Doutor António José Barbosa Samagaio, e coorientador, Professor Doutor Armando Baptista da Silva Afonso, pela disponibilidade e incentivo que sempre demonstraram no desenvolvimento deste trabalho, bem como as opiniões e críticas que manifestaram;

Aos Senhores Engenheiro Paulo Palha (NEOTURF), Nuno Fradique (Chefe do Gabinete de Obras e Património dos Serviços Centrais da EMEF), Engenheiro Orlando Paz (responsável pela Gestão de Edifício Picoas da Portugal Telecom), Marcos Batista e Pedro Álvaro (SIMTEJO) e Ismael Pereira (Câmara Municipal da Guarda) pela disponibilidade e amabilidade demonstradas no contacto estabelecido em facultar toda a informação referente a cada um dos edifícios;

Aos meus pais, Cecília Maria Ribeiro Martins Prates e Joaquim Manuel Prates Costa Martins pela total compreensão, força e muita paciência que demonstraram ao longo desta etapa;

Ao meu amigo e namorado João Miguel André Barata por ter estado sempre ao meu lado, pela colaboração constante no meu trabalho, pela enorme paciência tida e pelo incondicional apoio demonstrado;

Aos amigos Vânia Moura, Francisco Martins e Andreia Gerardo por todo o apoio dado e pela sempre disponibilidade em apoiar-me nas fases mais difíceis deste percurso;

Ao meu amigo Ricardo Barata pela disponibilidade e colaboração sempre presentes na realização deste trabalho;

A todos os que estiveram envolvidos na realização da minha Dissertação, o meu muito obrigado!



Palavras-chave

Cobertura verde, Retenção de água em edifício, construção sustentável, comportamento térmico, reabilitação urbana

Resumo

As coberturas ajardinadas aparecem como uma criação recente, em alguns países, sendo já utilizadas noutros países, como resultados de evoluções técnicas constantes. É no entanto verificado que a sua utilização começa na antiguidade, em que as primeiras civilizações utilizavam nos edifícios, os denominados jardins suspensos. Nesta fase, a vegetação era vista apenas com uma função ornamental, mas, ao longo dos tempos, as técnicas evoluíram e com elas vários estudos foram realizados, de modo a comprovar os benefícios associados à utilização das coberturas ajardinadas, desde benefícios ambientais e sociais a económicos. Deste modo, a criação de espaços verdes nos telhados é atualmente uma forma de valorização ecológica, de reabilitação do espaço urbano que sofre constantes perturbações por parte do Homem, bem como de conforto e saúde humana.

Na presente dissertação, pretende-se verificar os benefícios do uso de coberturas ajardinadas associado a vários exemplos práticos de aplicação na cidade de Lisboa, analisando-se o interesse na sua utilização. É também verificado neste trabalho que a impermeabilidade do solo causada pelo aumento de edificado pode ser colmatada com a aplicação desta nova tecnologia. Adicionalmente verifica-se que os benefícios não são apenas ambientais e sociais, mas também económicos, por exemplo, com a criação de hortas nos telhados, numa perspetiva de desenvolvimento sustentável.

Finalmente é pretendido com esta dissertação identificar alguns dos riscos e oportunidades da utilização de coberturas ajardinadas para Portugal, com a sugestão de novas formas para o aumento da sua utilização, bem como da recetividade a esta nova técnica de construção sustentável.



Keywords

Green Roof, Water retention in building, Sustainable Construction, thermal behavior, urban refurbishing

Abstract

Green-roofs appear as a recent finding in some countries, while in others they are commonly used as a result of constant evolution techniques. It is however verified that its use started many years ago, when early civilizations used hanging gardens in the roofs. Back then, vegetation was seen as purely decorative, but over the years techniques have been improving and with them many studies were developed as a way to prove the benefits related to green-roofs such as economic, social and environmental benefits. In this sense, the creation of green-roofs is nowadays a way of increasing ecological value, comfort and human health as well as a method of revival of the urban areas that are suffering constant disturbance caused by people.

In the present master thesis, it is verified the benefits of the use of green-roofs and its practical applications in the city of Lisbon, analysing the interest behind this use. It is also verified by this project that the watertight integrity of the ground, caused by the increasing of massive construction can be made up by the application of green-roofs. Additionally, it is verified that the benefits associated with green-roofs are not only environmental and social, but there are also economic benefits, as the creation of vegetable gardens allowing a sustainable development of cities.

Finally, it is an objective of this master thesis to identify the risks and opportunities of green-roofs use in Portugal, suggesting new ways of increasing its application and analysing the willingness of governments and companies to adopt this technique in the sustainable construction.



ÍNDICE

Índice	i
Índice de Figuras	iii
Índice de Tabelas	v
Lista de Acrónimos	vi
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Metodologia	4
1.4 Estrutura do trabalho	5
Capítulo 2 – Coberturas Verdes	6
2.1 Contexto Histórico	6
2.2 Descrição Sumária	7
2.3 Fundamentação da utilização	8
2.4 Tipologia	9
2.4.1 Coberturas verdes intensivas	10
2.4.2 Coberturas verdes extensivas	11
2.4.3 Comparação	13
2.4.4 Exemplos	14
2.5 Descrição técnica	15
2.5.1 Componentes	16
2.5.1.1 Membrana de impermeabilização	16
2.5.1.2 Camada de drenagem	17
2.5.1.3 Camada de proteção de raiz	19
2.5.1.4 Camada de substrato	20
2.5.1.5 Camada de vegetação	21
2.5.2 Legislação Aplicável	25
2.5.3 Normalização	29
2.6 Benefícios associados à aplicação	30
2.6.1 Benefícios económicos	30



2.6.2	Benefícios ambientais	32
2.6.3	Benefícios sociais	35
2.7	Limitações	37
Capítulo 3	Boas práticas na aplicação de coberturas ajardinadas	40
3.1	Metodologia	40
3.2	Análise crítica	41
3.2.1	Edifício EMEF	41
3.2.2	Edifício PT Picoas	45
3.2.3	Edifício ETAR de Alcântara	51
3.3	Contributo das coberturas ajardinadas na gestão de águas pluviais	57
3.4	Aproveitamento económico - Horta no telhado	64
Capítulo 4	Resultados	67
4.1	Análise dos exemplos de boas práticas: EMEF, PT E ETAR	67
4.2	Análise: Modelo de gestão de águas pluviais aplicado a Lisboa	71
Capítulo 5	Oportunidades	74
5.1	Delimitação territorial	74
5.2	Aspetos biofísicos	75
5.3	Projeto de implementação da coberturas	76
5.4	Isolamento térmico	81
5.5	Proposta à Autarquia	83
Conclusões		84
Bibliografia		87
Anexo A		93
Anexo B		95
Anexo C		97



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Evolução da População Rural e Urbana do Mundo, 1950 – 2050 (Adaptado de World U. P., 2010) -----	2
Figura 2.1 Jardins Suspensos da Babilónia (Fonte: Darby, 2010) -----	6
Figura 2.2 Exemplo de Cobertura Intensiva (Fonte: Coberturas verdes, 2012) -----	10
Figura 2.3 Exemplo de Cobertura Extensiva (Fonte: Coberturas verdes, 2012) -----	11
Figura 2.4 Diferentes camadas das coberturas verdes (Adaptado de Tolderlund, 2008) -----	15
Figura 2.5 Elemento de drenagem e retenção de água fabricado de polietileno reciclado, FD25, com 25 mm de altura (Fonte: Zinco Cubiertas, 2012) -----	19
Figura 2.6 Diferentes espécies de <i>Sedum</i> (<i>album</i> , <i>acre</i> , <i>reflexum</i> , <i>spurium</i>) (Adaptado de Green Garage, 2012) -----	22
Figura 2.7 Fases de implementação de políticas e programas de coberturas verdes (Adaptado de Lawlor <i>et al.</i> , 2006) -----	28
Figura 2.8 Esquema resumo de benefícios associados às coberturas verdes -----	30
Figura 2.9 Variação da temperatura causada pela Ilha de Calor (Fonte: Retzlaff <i>et al.</i> , 2011) -----	33
Figura 2.10 Exemplo de escoamento de um telhado verde (linha a tracejado) gerado por um evento de chuva (linha preta) (Adaptado de Berndtsson, 2009) -----	34
Figura 2.11 Cobertura ajardinada com problemas de encharcamento e sobrecarga (Fonte: Pereira <i>et al.</i> , 2012) -----	37
Figura 2.12 Colapso da estrutura pelo inadequado sistema de drenagem instalado (Fonte: Pereira <i>et al.</i> , 2012) -----	38
Figura 3.1 Cobertura da EMEF antes da cobertura e na fase de implementação (Fonte: Sunergetic, 2009) -----	42
Figura 3.2 Elementos constituintes da cobertura ajardinada (Fonte: Fradique, 2012)-----	42
Figura 3.3 Localização do Edifício PT Picoas (Adaptado de Google maps, 2012) -----	45
Figura 3.4 Elementos constituintes do sistema de drenagem (Fonte: Paz, 2012) -----	49
Figura 3.5 Reprodução da ocorrência de infiltração e escoamento de águas pluviais (Fonte: Paz, 2012) -----	49
Figura 3.6 Funcionamento da ETAR de Alcântara, a céu aberto (Fonte: Ambiente <i>online</i> , 2012) -	51
Figura 3.7 Cobertura utilizada na ETAR de Alcântara (Fonte: Construlink, 2012) -----	52
Figura 3.8 Algumas espécies de vegetação: (i) Choupo (<i>Populus nigra</i>); (ii) Trevo-branco (<i>Trifolium repens</i>) (Fonte: Ultimas, 2012) -----	53
Figura 3.9 Vegetação presente na cobertura da ETAR (Fonte: Ultimas, 2012) -----	54
Figura 3.10 Zonas administrativas delimitadas pelo envidraçado (Fonte: Ultimas, 2012) -----	56



Figura 3.11 Retenção de águas pluviais em diferentes tipologias de cobertura (Fonte: Husken, 2010) -----	57
Figura 3.12 Percentagem de superfície impermeável, quantidade de infiltração e escoamento superficial: (i) zona residencial; (ii) zona urbana (Adaptado de Landscape for life, 2012) ----	61
Figura 3.13 Carta de permeabilidade do Concelho de Lisboa, à escala de 1:10000 (Fonte: Caracterização Biofísica, 2010) -----	62
Figura 3.14 Horta no telhado do Edifício Autárquico da Guarda (Fonte: Tvnet, 2012) -----	65
Figura 4.1 Relação entre precipitação e escoamento de telhado verde (100 mm de substrato) e telhado com 5 cm de cascalho, durante o Verão -----	71
Figura 4.2 Relação entre precipitação e escoamento de telhado verde (100 mm de substrato) e telhado com 5 cm de cascalho, durante o Inverno -----	72
Figura 5.1 Localização da área do Plano de Pormenor da zona industrial em Vila Nova da Barquinha (Fonte: C. M. V. N. Barquinha, 2011) -----	75
Figura 5.2 Área de implantação da ZI Vila Nova da Barquinha com indicação do edifício em estudo (círculo vermelho) (Fonte: V. N. Barquinha, 2012) -----	77
Figura 5.3 Corte do edifício em estudo, nave e zona de serviços (da esquerda para a direita) (Fonte: V. N. Barquinha, 2012) -----	78
Figura 5.4 Pormenor da cobertura existente no edifício em estudo (Fonte: V. N. Barquinha, 2012) -----	78
Figura 5.5 Cobertura extensiva a aplicar (Fonte: Zinco cubiertas, 2012) -----	79



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 Comparação das Características das Coberturas Intensivas e Extensivas (Adaptado de Oberndorfer <i>et al.</i> , 2007) -----	12
Tabela 2.2 Tipologia Intensiva: Vantagens e Desvantagens (Adaptado de Peck <i>et al.</i> ; Peck <i>et al.</i> , 1999) -----	13
Tabela 2.3 Tipologia Extensiva: Vantagens e Desvantagens (Adaptado de Peck <i>et al.</i> ; Peck <i>et al.</i> , 1999) -----	13
Tabela 2.4 Exemplos de aplicação de coberturas ajardinadas e respetivas características (Adaptado de Green Roofs, 2012) -----	14
Tabela 2.5 Sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço (Adaptado de IST, 2012) -----	17
Tabela 2.6 Enumeração de algumas espécies de plantas segundo o tipo de vegetação (Adaptadas ao clima da Europa) (Adaptado de: GreenRoofs, 2012; UTAD, 2012) -----	23
Tabela 2.7 Jurisdições líderes no desenvolvimento de políticas dos telhados verdes (Adaptado de Lawlor <i>et al.</i> , 2006) -----	27
Tabela 3.1 Características específicas da cobertura (Fonte: Fradique, 2012) -----	44
Tabela 3.2 Camadas constituintes da cobertura e tipo de vegetação (Fonte: Paz, 2012) -----	47
Tabela 3.3 Características de precipitação e respetivas unidades (Adaptado de Mentens <i>et al.</i> , 2006) -----	58
Tabela 3.4 Equação de regressão linear para diferentes telhados – Precipitação vs Escoamento superficial anual (Adaptado de Mentens <i>et al.</i> , 2006) -----	59
Tabela 3.5 Percentagem de escoamento superficial para diferentes épocas sazonais (Adaptado de Mentens <i>et al.</i> , 2006) -----	60
Tabela 3.6 Equações de regressão linear para diferentes épocas sazonais – Precipitação vs Escoamento (Adaptado de Mentens <i>et al.</i> , 2006) -----	60
Tabela 3.7 Precipitação anual e sazonal para o Concelho de Lisboa, ano 2010 (Adaptado de Instituto de Meteorologia, IP Portugal) -----	63
Tabela 4.1 Vantagens e Desvantagens associadas aos 3 edifícios em estudo -----	67
Tabela 4.2 Resultados estimados de diferentes parâmetros e edifícios, em qualquer evento de precipitação (Adaptado de H2O Capture, 2012) -----	68
Tabela 4.3 Análise de relevância das vantagens associadas à aplicação da cobertura ajardinada -----	69
Tabela 5.1 Tipo de vegetação presente na zona industrial (Adaptado de C. M. V. N. Barquinha, 2011) -----	76
Tabela 5.2 Elementos constituintes da cobertura (Adaptado de Zinco cubiertas, 2012) -----	80
Tabela 5.3 Coeficiente de transmissão térmica das diferentes tipologias de coberturas (Adaptado de: V. N. Barquinha, 2012; Zinco Cubiertas, 2012) -----	81
Tabela 5.4 Perdas associadas a cada tipo de isolamento da cobertura (Adaptado de: V. N. Barquinha, 2012; Zinco Cubiertas, 2012) -----	82



LISTA DE ACRÓNIMOS

A – Área (m^2)
A23 – Auto-estrada 23
ANQIP – Associação Nacional para a qualidade nas instalações prediais
AVAC - Equipamento de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado
CO₂ – Dióxido de Carbono
DIN – Lista de normas publicadas pelo Instituto Alemão para a Normatização
EEA – Agência Europeia do Ambiente
EN – Normas Europeias
EN 110 – Estrada Nacional 110
EMEF – Empresa de Manutenção de Equipamentos Ferroviários
ETAR – Estação de tratamento de águas residuais
EUA – Estados Unidos da América
GEFEL - Gabinete de Estudos e Empreendimentos Técnicos, S.A.
IC3 – Itinerário Complementar 3
IMI – Imposto Municipal sobre Imóveis
NRDC - Natural Resources Defense Council
O₃ - Ozono
P (mm) - precipitação
p. ex. – por exemplo
PROAP - Projetos de Arquitetura Paisagística, Lda.
PROFABRIL - Empresa de Engenharia Portuguesa
PT – Portugal Telecom, PT Comunicações
PVC - Policloreto de Vinila
RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RMUE - Regulamento Municipal da Urbanização e da Edificação
RO - *Runoff* ($mm\ ano^{-1}$)
S (mm) – substrato
SST ($kg\ ano^{-1}$) – Sólidos Suspensos Totais removidos
U ($W\ m^{-2}\ K^{-1}$) – Coeficiente de Transmissão Térmica
UTL – Universidade Técnica de Lisboa
 $W\ K^{-1}$ – Fator de perdas associado à cobertura
ZI – Zona Industrial



CAPÍTULO 1 – Introdução

1.1 Enquadramento

Nos últimos anos, a preocupação com o ambiente tem sido uma constante no dia-a-dia da população, verificadas as ameaças contínuas a que o planeta se encontra sujeito e que conduzem a várias disfunções ambientais. Tais problemas ambientais são, em parte, resultado da forma como as populações ocupam as grandes cidades, provocando uma grande concentração populacional nas zonas urbanas. Assim, à vista de todos, existem grandes cidades invadidas de edifícios, colocando de parte as zonas verdes, o que resulta num efeito nefasto para o ambiente.

Na última metade do século XX, tem sido visível o grande crescimento das zonas urbanas, em decréscimo dos recursos naturais, o que, em percentagens, indica que na Europa houve um aumento de 51 para 73%, de 64 para 80% na América do Norte e em média de 29 para 48% em todo o mundo. A projeção feita para o ano 2030 aponta para que a população urbana seja de 80% no caso dos Europeus, 87% no dos Norte-Americanos e de 61% no dos residentes globais. Ainda, a projeção realizada para os EUA indica um aumento de áreas urbanas, de 3,1 para 8,1%, entre 2000 e 2050, respetivamente (Wang, 2008).

Em meados do ano de 2009, foi realizada uma projeção relativa ao crescimento de zonas urbanas, tendo como objeto de estudo o número de habitantes dos vários Continentes (v. Figura 1.1). Assim, foi verificado que o número de habitantes que viviam em zonas rurais era inferior aos que viviam em zonas urbanas (World U. P., 2010).

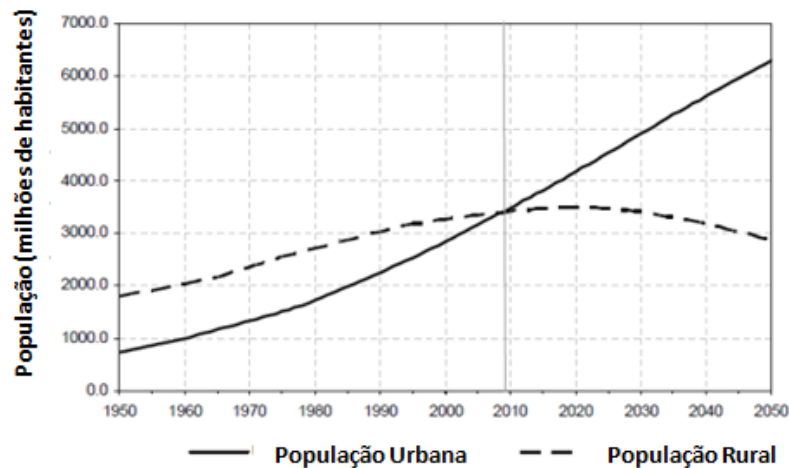


Figura 1.1 Evolução da População Rural e Urbana do Mundo, 1950 – 2050 (Adaptado de World U. P., 2010)

Para o ano 2009, no caso de Portugal, a percentagem de população urbana era de 60,1%, sendo o número total de habitantes de 10.707, divididos por zonas rurais e urbanas, entre 4.272 habitantes e 6.435 habitantes, respetivamente (World U. P., 2010).

As pressões ambientais a que o planeta e todos estamos sujeitos são possíveis de controlar, sendo necessário que todos contribuam em prol de um ambiente melhor e, deste modo, de uma melhor qualidade de vida. Começando por cada um tomar consciência do impacto ambiental que todos os seus gestos e atitudes podem ter, e chegando ao nascer do conceito de construção sustentável. Assim, tornando-se a construção sustentável prática comum, o aumento de riqueza e bem-estar será generalizado (Tirone, 2008).

A solução para os problemas ambientais, em contexto urbano, é a construção sustentável, dado que são as boas práticas na construção que terão maior efeito na prevenção e atenuação das alterações climáticas, gestão de águas e gestão de energia. A construção sustentável nas cidades é fator relevante para um percurso em que a sustentabilidade ambiental seja a meta a atingir, estando entre as recomendações da estratégia da União Europeia na temática do ambiente urbano. Esta é reconhecida como



a grande possibilidade de melhoria da eficiência energética e de promover a utilização racional dos recursos (Fioretti *et al.*, 2010).

A criação de mais áreas verdes é uma das propostas a ter em conta para uma urbanização mais ecológica, sendo uma aposta benéfica a utilização de coberturas verdes, denominadas de “telhados verdes” com um meio de crescimento de plantas e podendo ainda ser reconhecidas como jardins de cobertura, telhados vivos e eco telhados (Ollyá *et al.*, 2011). Em Portugal, esta utilização é ainda escassa, sendo colocada como uma forma de construção sustentável. No entanto, noutros países, as coberturas são utilizadas na construção e em diversos estudos há algumas décadas. A utilização de coberturas verdes é garantida como vantajosa e tal vantagem é verificada através dos incentivos dados pelo Governo para promover, ou até impor, a sua utilização em Países como Japão, Alemanha e Bélgica (Mentens, 2006).

A utilização de coberturas verdes está ainda associada a outras vantagens, como a redução do efeito da ilha de calor em áreas urbanas, a gestão do escoamento de águas pluviais e o aumento da qualidade do ar ambiente nas cidades.

1.2 Objetivos

O presente trabalho teve como principal objetivo analisar vários tipos de coberturas verdes e a sua diferenciação, permitindo verificar, de acordo com vários parâmetros, os benefícios e desvantagens associados à sua utilização. Com o fim de atingir este objetivo, o trabalho abordou vários pontos:

- Identificar os parâmetros característicos de edifícios com coberturas verdes, em particular parâmetros térmicos e hidrológicos;
- Utilizar casos de estudo existentes para posterior análise;



- Verificar a utilização de coberturas verdes em Portugal e a que função/objetivo, analisando posteriormente os resultados obtidos e eventuais alternativas;
- Apresentar, como oportunidade futura a aplicação de coberturas ajardinadas em zonas industriais, com proposta de alteração do RMUE, referente a um Município em particular.

1.3 Metodologia

Com a intenção de cumprir os objetivos delineados para o presente trabalho, a metodologia a considerar compreendeu quatro fases. A primeira fase consiste na revisão bibliográfica de toda a informação sobre o tema, - coberturas verdes, - sua implementação e estudos já efetuados.

De seguida, procedeu-se à recolha de informação sobre edifícios que, em Portugal, recorrem á utilização de coberturas ajardinadas. Numa terceira fase, concluída a fase de escolha dos edifícios, estabeleceu-se o contacto com os responsáveis pelos edifícios em causa, de modo a obter-se informação necessária para o estudo.

Numa fase final, para conclusão do estudo, desenvolvem-se algumas considerações relacionadas com os dados obtidos por levantamento. Finalmente, procedeu-se realização de um projeto de aplicação de coberturas verdes em zonas industriais, referente à realidade de um Município, procedendo-se à proposta de alteração do RMUE.



1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho apresenta um total de cinco capítulos. O Capítulo 1 denominado “Introdução” inclui o enquadramento do tema a ser abordado, os objetivos a alcançar com a elaboração do mesmo e o método utilizado para que se cumpram os objetivos traçados.

O Capítulo 2 denominado “Coberturas Verdes” inicia com uma contextualização histórica da origem das coberturas ajardinadas e desenvolvimentos seguintes e aborda ainda temas como a tipologia, os aspetos técnicos das coberturas, a legislação e normalização existente para a temática em estudo. Finalmente encontram-se as vantagens e desvantagens das coberturas verdes, e respetivas limitações e benefícios associados.

No Capítulo 3, é apresentado o caso de estudo do trabalho, que tem em conta três questões: em primeiro lugar, a utilização de coberturas ajardinadas em Portugal, concretamente, no Distrito de Lisboa; de seguida, é abordado o tema da gestão de águas pluviais, tendo em conta alguns dados reais e pressupostos para Lisboa; e, por fim, apresenta-se o caso de aplicação de uma horta num telhado na Guarda, com a intenção de mostrar uma possibilidade de desenvolvimento no futuro.

No Capítulo 4, são apresentados os resultados referentes aos temas abordados nos capítulos anteriores e respetiva análise. As oportunidades futuras nesta área são apresentadas no Capítulo 5, o qual inclui como caso de estudo a aplicação de coberturas ajardinadas em zonas industriais, analisando a realidade de um município e propondo algumas alterações ao regulamento existente. Para finalizar, são feitas considerações finais sobre o que foi estudado.



CAPÍTULO 2 – Coberturas verdes

2.1 Contexto histórico

As coberturas verdes não são um fenómeno novo na atualidade, dado que são prática recorrente na construção em muitos países há centenas, senão milhares de anos, pela melhoria estética e visual que proporcionam (Peck *et al.*, 1999). Com as antigas civilizações foram dados os primeiros passos na utilização das coberturas verdes. Por exemplo, os Romanos ornamentavam os seus telhados de jardins e, em 78 a. C., surgiam os famosos jardins suspensos da Babilónia (v. Figura 2.1) (Heneine, 2008).



Figura 2.1 Jardins Suspensos da Babilónia (Fonte: Darby, 2010)

No Império Romano, continuou a difusão das coberturas verdes, sendo que as árvores eram cultivadas na cobertura dos edifícios. A utilização de coberturas verdes passou a ser recorrente em Itália no período renascentista, na Índia entre os séculos XVI e XVII e na Escandinávia no início do século XIX (Silva, 2011).

As coberturas verdes passaram a ser também utilizadas pelos Vikings e Franceses passando a ser opção para todo o mundo, com um grande aumento no último século.



Vários arquitetos, como Le Corbusier, Frank Lloyd Wright e outros envolveram-se no desenvolvimento de projetos mais arrojados e modernos de construção de telhados verdes com o objetivo de integração paisagística, não estando conscientes do impacto ambiental que esta tecnologia poderia ter sobre o ambiente urbano (Peck *et al.*, 1999).

Em 1960, as coberturas verdes, sendo vistas como uma solução “verde”, aumentando a qualidade do ar em áreas urbanas, passam a disseminar-se na Europa do Norte. Na Alemanha, na década de 1980, a sua expansão é muito rápida, apresentando uma taxa de crescimento anual entre os 15 e os 20%, o que corresponde a um aumento de 1 para 10 milhões de m² de coberturas verdes. O crescimento observado deve-se em grande parte a incentivos do Estado. Estes incentivos são apoios também utilizados noutros países europeus (Peck *et al.*, 2012). Assim, a utilização de coberturas verdes é cada vez mais uma tendência, visto ser fundamental na melhoria da qualidade de vida, promovendo uma melhor qualidade do ar exterior e interior e ainda uma redução de escoamento de água.

2.2 Descrição sumária

As coberturas verdes aparecem como uma solução para a incorporação de vegetação nos edifícios construídos nas cidades, possibilitando o aumento de zonas verdes em áreas urbanas face à escassez de espaços livres e em oposição ao aumento da construção.

Para a instalação destas coberturas, várias componentes são instaladas no local, por meio de camadas fixas, sendo as camadas de substrato e de vegetação os principais constituintes da cobertura. A aplicação de coberturas verdes é uma forma inovadora de prática da horticultura em grandes cidades, onde normalmente se verifica a ausência de espaços suficientes para esta atividade. São ainda utilizadas com vista a melhorar aspetos relacionados com o ambiente, eficiência energética e saúde humana.



Conforme foi referido anteriormente, o aumento do recurso às coberturas verdes prende-se com o facto de estas diminuírem o efeito de ilha de calor e permitirem uma melhor gestão do escoamento das águas pluviais, entre outros benefícios. No entanto, desvantagens relacionadas com a possibilidade de construção inadequada e com a manutenção menos correta são fatores relevantes que devem ser tidos em conta. Por este motivo, é essencial que a implementação das coberturas nos telhados seja efetuada com rigor, tendo em conta todas as diretrizes impostas e de modo a alcançar-se uma estrutura bem conseguida e que funcione adequadamente. Também os cuidados de manutenção devem ser garantidos, através da utilização de sistemas de irrigação modernos e calibrados, para que a irrigação seja feita de forma ideal, em termos quantitativos.

2.3 Fundamentação da utilização

As cidades atualmente são caracterizadas pela ocupação massiva de estruturas construídas, o que resulta num impacto negativo pela diminuição de zonas verdes e, conseqüentemente, numa menor qualidade do ambiente. Assim, a utilização de coberturas ajardinadas ajuda a colmatar esta falha, permitindo a reabilitação de muitas zonas, sendo vistas não só como um fator positivo para o ambiente e saúde humana, mas também para dar um visual mais atrativo e natural às estruturas de betão dos edifícios.

Os benefícios associados à utilização das coberturas verdes são inúmeros, como o aumento da eficiência energética, o que induz uma redução dos custos energéticos (reduz em 25% as necessidades de ar condicionado) e também, o isolamento térmico, promovido pelas baixas temperaturas da membrana de isolamento (Neoturf, 2012). A capacidade de redução do fluxo de calor no interior de um edifício está associada ao bom isolamento, devido à capacidade dos telhados verdes em refletir a maior parte do espectro solar, em particular os infravermelhos. Diminuem desta forma a energia térmica absorvida no interior de um edifício, obtendo-se uma redução na carga de ar



condicionado. Assim, a melhoria do conforto térmico, diminui também a procura de eletricidade e com todos estes benefícios gera-se menos gastos financeiros. São as superfícies frias como os telhados e pavimentos que, em conjunto com a vegetação, podem potenciar uma diminuição das temperaturas urbanas, o que promove um atraso na taxa de formação de *smog* (O_3) e conseqüente efeito positivo na qualidade do ar ambiente (Akbari *et al.*, 2004; Neoturf, 2012).

As coberturas ajardinadas estão associadas a temperaturas de 25°C, enquanto para as coberturas tradicionais, as temperaturas podem chegar aos 70°C. A vegetação implica um aumento de processos de fotossíntese, o que induz um aumento de oxigénio e uma maior reciclagem de dióxido de carbono (Neoturf, 2012).

Com a aplicação de coberturas verdes conseguem-se prevenir inundações, visto que 50 a 80% da água da chuva é absorvida pelas plantas ou evaporada, sendo a restante conduzida para coletores. Importante ainda salientar que as coberturas verdes promovem um ótmo isolamento acústico e têm a capacidade de filtrar gases poluentes e partículas suspensas na atmosfera, o que conduz um aumento da qualidade do ar (Neoturf, 2012).

2.4 Tipologia

As várias formas de utilização das coberturas e o correspondente sucesso a longo prazo devem-se essencialmente ao trabalho das empresas na melhoria das suas tecnologias, o que leva à realização de produtos fiáveis que permitem que sejam comparáveis com as coberturas convencionais. Existem coberturas ideais para cada tipo de edifício, devendo ter-se em conta vários fatores, como a estrutura do edifício, a sua capacidade de carga, o uso e acessibilidade do solo e o clima da região.

Consideram-se três tipos de coberturas, as intensivas, semi-intensivas e as extensivas, sendo no entanto as intensivas e extensivas as principais, uma vez que as semi-intensivas são consideradas intermédias apresentando características comuns às duas restantes. Estas são claramente distintas no que diz respeito à capacidade de



suporte do edifício e à sua manutenção, as quais serão apresentadas nas secções seguintes, fazendo-se uma abordagem às respetivas características e uma posterior comparação entre as vantagens e desvantagens de ambas.

2.4.1 Coberturas verdes intensivas

No caso das coberturas verdes intensivas (v. Figura 2.2), a correspondente montagem é realizada de modo a parecer-se com os jardins convencionais e, portanto, de forma que permita uma fácil acessibilidade, sendo colocadas individualmente, como se de um jardim paralelo ao edifício se tratasse. Quanto à profundidade do solo recomendada é de pelo menos 15 cm, de modo a suportar o tipo de vegetação utilizada (Neoturf, 2012).



Figura 2.2 Exemplo de Cobertura Intensiva (Fonte: Coberturas verdes, 2012)

Os valores de espessura considerados atualmente devem-se à intenção de minimizar a carga na estrutura do edifício, até valores mais favoráveis, o que indica menores custos de instalação e menor probabilidade de existência de problemas futuros, devido a sobrecarga do edifício.

Os telhados verdes de tipologia intensiva, que tipicamente apresentam substratos mais profundos, assemelham-se, como foi referido anteriormente, a jardins



convencionais, com o intuito de aumentar o espaço de recreação em zonas densamente povoadas. Portanto, necessitam de um grande investimento nos cuidados com as plantas e acrescentam uma mais-valia estética relativamente às coberturas extensivas (Oberndorfer *et al.*, 2007).

2.4.2 Coberturas verdes extensivas

As coberturas verdes extensivas (v. Figura 2.3), ao contrário das intensivas, são colocadas de forma contínua, não sendo por isso acessíveis regularmente para utilização humana e, muitas vezes, nem se encontram visíveis. Quando é necessário realizar manutenção, esta é efetuada de forma global, por toda a área da cobertura. Neste caso, os valores de espessura podem variar entre os 2 e os 15 cm, o que reduz consideravelmente a carga exercida no edifício.



Figura 2.3 Exemplo de Cobertura Extensiva (Fonte: Coberturas verdes, 2012)

Este tipo de coberturas apresenta substratos mais rasos, o que exige menos manutenção. O seu *design* é também mais simples, o que faz com que sejam implementadas com muita frequência e para diferentes regiões e climas em todo o mundo (Oberndorfer *et al.*, 2007). No caso das coberturas ajardinadas e quanto ao tipo de vegetação, estas utilizam vegetação mais rasteira e habitualmente a espécie *Sedum* é das mais escolhidas, visto que, para além de ser muito resistentes à seca, apresenta também um rápido crescimento, o que permite uma ótima proteção da membrana do



telhado (Castleton *et al.*, 2010). Na Tabela 2.1, resumidamente, encontram-se as principais características referentes a cada uma das coberturas.

Tabela 2.1 Comparação das características das coberturas intensivas e extensivas (Adaptado de Oberndorfer *et al.*, 2007)

Características	Coberturas Intensivas	Coberturas Extensivas
Aplicação	Funcional e estético; Adequadas a áreas maiores	Funcional; Gestão do escoamento de águas pluviais; Isolamento térmico
Estrutura	Planeamento necessário na fase de projeto ou melhoria das estruturas; Peso adicional: 290 ÷ 970 kg m ⁻²	De acordo com a capacidade de carga do telhado; Peso Adicional: 70 ÷ 170 kg m ⁻²
Substrato	Leve a pesado; Elevada porosidade; Menor quantidade de matéria orgânica; Espessura: 15 ÷ 100 cm	Leve; Elevada porosidade; Maior quantidade de matéria orgânica; Espessura: 8 ÷ 15 cm
Vegetação	Arbustos e árvores	Plantas de baixo crescimento; Sedum e Perenes (tolerantes à seca)
Irrigação	Irrigação de acordo com a vegetação	Baixa irrigação
Manutenção	Alta necessidade de manutenção	Baixa necessidade de manutenção
Custo	Elevado	Baixo
Acessibilidade	Normalmente acessível	Mais funcional do que acessível; Base acessível para manutenção



2.4.3 Comparação

Os benefícios relacionados com as coberturas verdes são inquestionáveis a vários níveis, desde os ambientais até aos estéticos e de conforto humano. No entanto, tais benefícios estão diretamente relacionadas com a correta construção e instalação dos sistemas de coberturas, podendo daí surgir, quer vantagens, quer desvantagens que são descritas nas Tabelas 2.2 e 2.3.

Tabela 2.2 Tipologia Intensiva: Vantagens e Desvantagens (Adaptado de Peck *et al.*, 2012; Peck *et al.*, 1999)

Vantagens	Desvantagens
Maior diversidade de plantas e habitats;	Maior peso exercido sobre o edifício;
Propriedades de isolamento ótimas;	Elevada necessidade de manutenção e irrigação;
Visualmente é bastante atrativa;	Altos custos de manutenção;
Fácil acessibilidade para atividades de lazer, bem como para o cultivo de produtos alimentares;	Necessidade de manutenção frequente para garantir boas condições de funcionamento;
Grande eficiência energética e boa capacidade de retenção de águas pluviais;	Maior complexidade dos sistemas;

Tabela 2.3 Tipologia Extensiva: Vantagens e Desvantagens (Adaptado de Peck *et al.*, 2012; Peck *et al.*, 1999)



Vantagens	Desvantagens
Estrutura leve (habitualmente, o telhado não precisa de reforço);	Menos eficiente na retenção de águas pluviais;
Adequado para superfícies maiores;	Mais limitações na escolha de plantas;
Inclinação favorável entre 0 a 30°;	Menor acessibilidade para uso como espaço de jardim, entre outros;
Crescimento espontâneo de vegetação;	Pouco atrativo, especialmente no Inverno;
Baixa manutenção e apresenta vida útil elevada;	Altura de substrato, pouco adequada para picos de chuva mais agressivos, podendo provocar consequências graves no sistema instalado;
Baixa necessidade de irrigação;	
Baixo custo de instalação;	
Facilidade na renovação de coberturas, bem como na obtenção de aprovações em projetos.	



2.4.4 Exemplos

A utilização de coberturas ajardinadas, como foi referido anteriormente, representa cada vez mais um contributo para a sustentabilidade. Estas são utilizadas em todo o mundo, com mais ou menos potencialidade, sendo alvo de apoios e incentivos da parte dos Estados em alguns países, uma vez que as coberturas são vistas como vantajosas a vários níveis. Noutros países a utilização de coberturas ajardinadas encontra-se em expansão. Alguns exemplos de edifícios que têm no seu telhado um jardim, podem ser vistos na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 Exemplos de aplicação de coberturas ajardinadas e respetivas características (Adaptado de Green Roofs, 2012)

Edifícios	
<p>Projeto “8 House”, 2010</p> <p>Localização: Copenhaga, Dinamarca</p> <p>Tipo de Ocupação: Multiusos</p> <p>Tipo de Cobertura: Extensiva</p> <p>Área: 1700 m²</p> <p>Inclinação: 40%</p> <p>Acesso: Inacessível</p>	
<p>Projeto “The Folly”, 2007</p> <p>Localização: Inglaterra</p> <p>Tipo de Ocupação: Residência Unifamiliar</p> <p>Tipo de Cobertura: Semi-intensiva</p> <p>Área: 246 m²</p> <p>Inclinação: 1%</p> <p>Acesso: Acessível</p>	

2.5 Descrição técnica

Apesar de existirem vários tipos de coberturas verdes, a metodologia de implantação é comum, sendo relevante abordar alguns aspetos construtivos das coberturas. No que se refere à estrutura onde é colocada a cobertura verde, é necessário que os telhados consigam suportar o excesso de carga que a cobertura irá provocar, sendo para tal necessário efetuar cálculos prévios, para que a implementação da cobertura dê origem a uma mais-valia e não se torne num problema para o edifício em causa. A cobertura verde é constituída por várias camadas, que podem ser distinguidas na Figura 2.4.



Figura 2.4 Diferentes camadas das coberturas verdes (Adaptado de Tolderlund, 2008)

As coberturas verdes são constituídas pelas seguintes camadas (Teemusk *et al.*, 2009):

- Telhado com capacidade para suportar a carga extra introduzida pela cobertura verde;
- Um sistema de impermeabilização para proteção da estrutura do edifício;
- Uma camada de drenagem, definida como um meio poroso com capacidade de armazenamento de água, que é posteriormente absorvida pelas plantas;
- Uma camada filtrante, que funciona como meio filtrantes de partículas finas e raízes que podem provocar o entupimento da camada de drenagem;
- O substrato com as características adequadas ao tipo de clima, estrutura do edifício e é a camada considerada decisiva para o bom funcionamento da membrana.



- A vegetação promove uma maior produção de oxigénio, contribuindo para a melhoria do microclima, e é ainda meio de alimento e habitat de vários tipos de plantas e animais invertebrados (Dhalla, 2010; Teemusk *et al.*, 2009).

De seguida, serão abordados os vários constituintes das coberturas e as respetivas características.

2.5.1 Componentes

2.5.1.1 Membrana de impermeabilização

A primeira camada das componentes da cobertura é colocada imediatamente acima do telhado e denomina-se “membrana de impermeabilização”. A sua função impermeabilizante indica uma enorme capacidade de estanqueidade das águas provenientes das camadas superiores, permitindo proteger os edifícios de possíveis infiltrações. Os sistemas de impermeabilização variam na sua aplicação, de acordo com o tipo de materiais e na forma como estes são aplicados, denominando-se “sistemas de impermeabilização tradicionais” e “não-tradicionais”(IST, 2012).

Aos sistemas de impermeabilização tradicionais, encontra-se associado um desgaste mais rápido do sistema de impermeabilização, uma vez que a aplicação sobre a camada de isolamento térmico pode resultar em choques térmicos, danos mecânicos, degradação por radiação ultravioleta (caso não esteja protegida) e degradação por infiltração. Relativamente à utilização de sistemas de impermeabilização não-tradicionais, permite atenuar os efeitos negativos referidos anteriormente, dado que as variações de temperatura são bastante inferiores às coberturas tradicionais. Os materiais constituintes dos dois tipos de sistemas de impermeabilização podem ser materiais aplicados “in situ” ou produtos pré-fabricados, podendo, no entanto, distinguir-se pelos diferentes tipos de impermeabilização (v. Tabela 2.5) (IST, 2012).



Tabela 2.5 Sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço (Adaptado de IST, 2012)

Sistemas de impermeabilização	Tipos de aplicação	Materiais
Tradicionais	Aplicados “in situ”	Asfaltos ou emulsões betuminosas (camadas múltiplas);
	Pré-fabricados	Membranas, telas ou filtros betuminosos (camadas múltiplas);
Não-tradicionais	Aplicados “in situ”	Resinas acrílicas e poliméricas, emulsões de betumes modificados poliuretano (camadas múltiplas);
	Pré-fabricados	Betumes modificados, termoplásticas e elastoméricas (membranas);

2.5.1.2 Camada de drenagem

A camada de drenagem tem como função a gestão do escoamento de água, sendo responsável pela regulação da retenção de água, bem como pela drenagem rápida e eficiente do excesso desta. Assim, tem capacidade de reter uma quantidade de água definida, que é posteriormente recuperada pela vegetação e libertada por evapotranspiração.

A eficiência da camada de drenagem, no que diz respeito ao funcionamento global da cobertura está associada aos materiais que a constituem e ao ângulo de inclinação utilizado. A inclinação ótima aconselhada varia entre os 2 e os 8%. No caso de apresentar uma inclinação inferior ao valor mínimo indicado, dá origem a uma colmatção de vias, que advém de deslocamento de sedimentos ou da existência de poças na cobertura, devidas à subida de sedimentos que conseqüentemente dão entrada no sistema de drenagem (Fishburn, 2004). Esta camada é construída para permitir o armazenamento de



água, o que vai evitar a sobrecarga do telhado. Assim, apresenta como principal função a remoção do excesso de água, podendo ainda ser utilizada para controlo da humidade do ar no substrato e sendo especialmente importante para telhados planos, com uma inclinação até 5% (Dhala, 2010).

Para a camada de drenagem, as soluções técnicas possíveis, são as seguintes:

- Materiais granulares como, brita, lascas de pedra, rocha, pedras-pomes e outros, com espaço poroso;
- Tapetes porosos, os quais funcionam como esponjas, visto absorverem a água em toda a sua estrutura. Um aspeto positivo destes tapetes relaciona-se com a utilização de materiais recicláveis. No entanto, apresentam como desvantagem a possibilidade de grande absorção de humidade do substrato, prejudicando a vegetação;
- Por último, existem disponíveis os módulos de drenagem de plástico, que são leves, de poliestireno, e se apresentam sob formas diferentes. Sendo um material extremamente leve, pode ser combinado com recheios granulares, deixando espaço para o armazenamento de água. Estes módulos requerem manutenção, uma vez que devem estar livres de plantas ou outras partículas, para que não surja o problema do entupimento de tubagens e excesso de água acumulado (Dhalla, 2010.).

Atualmente, as coberturas verdes apresentam incorporadas camadas de drenagem à base de materiais pré-fabricados, como as telas *floradrain fd*¹ (v. Figura 2.5), um material de baixo peso e boa capacidade para armazenamento de água, tornando-se favorável na drenagem e retenção da mesma.

¹ Elemento de drenagem universal para coberturas de todas as tipologias



Figura 2.5 Elemento de drenagem e retenção de água fabricado de polietileno reciclado, FD25, com 25 mm de altura (Fonte: Zinco Cubiertas, 2012)

2.5.1.3 Camada de proteção de raiz

A camada de proteção de raiz tem como função controlar o crescimento de raízes que seriam prejudiciais para a estrutura dos edifícios e para os restantes constituintes da cobertura. A camada em causa não estava inicialmente prevista, no entanto, após alguns estudos de projetos de coberturas verdes, verificou-se que era necessário ser considerada e, como tal, passar a fazer parte da cobertura, em conjunto com materiais orgânicos à base de asfaltos (Fishburn, 2004).

Na instalação de coberturas intensivas, cujas raízes e vegetação são de maiores dimensões, recorre-se a técnica de confinamento, introduzindo-se os vários constituintes da cobertura ajardinada em caixas de betão. A técnica de confinamento tem como função impedir a difusão de raízes e, em consequência, a perfuração de outros constituintes. Com a aplicação de novas e mais adequadas técnicas de manutenção de coberturas, é possível aumentar o tempo de vida útil das mesmas.



2.5.1.4 Camada de substrato

A camada de substrato, na base da cobertura, é responsável pelo crescimento da vegetação, e existindo vários tipos de substrato para colmatar as diferentes necessidades de substrato e de construção. Assim, o substrato, aliado à camada de drenagem, facilita a drenagem adequada do excesso de águas pluviais (Heneine, 2008).

Na escolha do substrato deve ter-se em conta as características do edifício, uma vez que o substrato irá influenciar a estabilidade da estrutura do edifício e visto ser a camada que mais influência tem na carga adicional imposta. Tal carga associada é diferente para cada tipo de cobertura. No caso das coberturas extensivas, a carga adicional do edifício, aumenta entre 70 e 170 kg m⁻², enquanto que para as coberturas intensivas, a carga adicional varia entre 290 e 970 kg m⁻², como foi referido anteriormente (Fishburn, 2004).

De acordo com o tipo de cobertura verde pretendido e com os requisitos de construção, existem diferentes sistemas de substratos disponíveis. Devem ter-se em conta na escolha do substrato fatores como o tamanho dos grãos, a proporção do material orgânico, a resistência ao frio ou à geada, a estabilidade da estrutura, a resistência à erosão pelo vento, a permeabilidade e a capacidade máxima de retenção de água, entre outros (Heneine, 2008).

Com vista a não originar problemas associados à camada do substrato, esta pode ser constituída por uma mistura de terra vegetal e de materiais mais leves, tais como:

- Materiais de origem vegetal (p.ex., turfa);
- Materiais de origem mineral (p.ex., materiais argilosos e pedras-pomes);
- Materiais orgânicos (p.ex., resinas orgânicas provenientes de ureia);
- Derivados de petróleo;
- Materiais reciclados (p.ex., materiais cerâmicos contendo ou não argamassas).



2.5.1.5 Camada de vegetação

A camada de vegetação inserida nos telhados verdes pode fornecer um *habitat* para a fauna, permitindo também valorizar ecologicamente um espaço inutilizado e mitigar o *habitat* urbano perdido ao nível do solo (Ollyya *et al.*, 2011). Na escolha das espécies vegetais, é de extrema importância ter alguns fatores em consideração, tais como a intenção do projeto, o lado estético, as condições ambientais, os meios de composição e a profundidade, o método de instalação e a manutenção. Devem ter-se ainda em conta objetivos como a gestão das águas pluviais, bem como as condições climatéricas, uma vez que existem algumas espécies que tendem a ficar mais amareladas e até a secar e morrer, em climas mais quentes.

O clima tem grande impacto, sendo as temperaturas médias, altas ou baixas, os níveis de irradiação, o vento e a ocorrência de chuvas ao longo de todo o ano que permitem determinar a sobrevivência de uma determinada espécie numa área específica. Devem também ser considerados os microclimas do telhado, de acordo com a inclinação e orientação do mesmo, que pode influenciar a intensidade do sol e o conteúdo em humidade, que, por sua vez, têm influência no crescimento das plantas. Em suma, são as condições ambientais, tais como intensidade e distribuição de chuvas e temperaturas extremas, que irão ditar a não utilização de determinadas espécies ou a utilização de irrigação (Getter *et al.*, 2008).

Verifica-se, com a utilização da camada de vegetação nas coberturas dos edifícios, que os níveis de temperatura tendem a baixar, graças aos processos de transpiração das plantas e o aumento da refletividade, sendo possível identificar estes efeitos em regiões mais quentes e de latitude baixa, onde o ângulo de incidência solar é maior (Simmons *et al.*, 2008).

Estudos relacionados com a escolha da vegetação têm em conta a região e o clima característico da mesma, sendo, no caso das coberturas extensivas, a vegetação utilizada mais baixa. Esta forma raízes na horizontal, utilizando uma espessura menor de substrato. Assim, a vegetação escolhida apresenta maior tolerância à seca e maior capacidade de

armazenamento de água para períodos de fraca precipitação, evitando o uso de sistemas de irrigação.

Para telhados verdes do tipo intensivo, recorre-se ao uso de vegetação de mais alto porte, como, por exemplo, os arbustos. No caso dos telhados verdes do tipo extensivo, o tipo de vegetação mais usado é o da família *Sedum* (v. Figura 2.6), dado que apresenta características altamente adaptáveis a ambientes secos.



Figura 2.6 Diferentes espécies de *Sedum* (*album*, *acre*, *reflexum*, *spurium*)
(Adaptado de Green Garage, 2012)

Vários estudos demonstraram que a adaptação da espécie *Sedum* a secas severas é resultado de efeitos de fotossíntese, que reduzem a perda de água através de evapotranspiração. Por outro lado, a natureza suculenta e espessa das folhas promove uma melhor conservação da água. No entanto, o uso generalizado de *Sedum* é também uma desvantagem, visto limitar a diversidade de espécies e estudos experimentais indicarem como resultado positivo a relação entre a riqueza de espécies de plantas e a riqueza dos ecossistemas (Nagase *et al.*, 2010). Na Tabela 2.6, são enumeradas algumas espécies de vegetação mais adequadas a cada tipo de cobertura.



Tabela 2.6 Enumeração de algumas espécies de plantas segundo o tipo de vegetação (Adaptadas ao clima da Europa) (Adaptado de: GreenRoofs, 2012; UTAD, 2012)

Tipologia da Cobertura	Nome Botânico	Nome Comum
Intensiva	<i>Centranthus ruber</i>	Alfinetes
	<i>Anthemis tinctoria</i>	
	<i>Pinus mugo</i>	Pinheiro-anão
	<i>Prunus laurocerasus</i>	Loureiro-real
	<i>Prunus lusitânica</i>	Loureiro-de-Portugal
	<i>Allium sphaerocephalon</i>	Alho-bravo
	<i>Allium roseum</i>	Alho-rosado
	<i>Armeria humilis</i>	Arméria
	<i>Helianthemum nummularium</i>	Alecrim-das-paredes
Extensiva	<i>Saxifraga granulata</i>	Mosquinos
	<i>Sedum álbum</i>	Arroz-dos-telhados
	<i>Sedum acre</i>	Erva-de-cão
	<i>Sedum hybridum</i>	
	<i>Sedum reflexum</i>	
	<i>Sedum sexangulare</i>	
	<i>Sedum spurium</i>	
	<i>Thymus vulgaris</i>	Tomilho



Na Tabela 2.6, foram apresentadas algumas espécies de vegetação de acordo com a tipologia de cobertura a que melhor se adequam. No entanto, todas as espécies de vegetação adequadas à aplicação em coberturas extensivas podem também ser aplicadas em coberturas intensivas, uma vez que a maior espessura de substrato apresentada nestas últimas garante o normal crescimento de uma grande variedade de vegetação, o que, no caso das coberturas extensivas, não se verifica, dado que a baixa espessura de substrato impede o normal desenvolvimento das plantas.



2.5.2 Legislação aplicável

Em Portugal, verifica-se a inexistência de legislação sobre coberturas verdes, visto que a utilização de coberturas ajardinadas é algo ainda em desenvolvimento. A elevada utilização noutros países, tem provado, por vários estudos realizados, as competências técnicas ótimas, desvalorizando algumas limitações que contudo apresentam. Assim, há que considerar a possibilidade de se criar legislação e até incentivos financeiros por parte do governo para que, a nível nacional, se comece a pensar de forma mais séria na adesão a este novo conceito de promoção da construção sustentável.

No entanto, legislação referente à área em causa pode encontrar-se em países pioneiros na utilização das coberturas, como a Alemanha, reconhecida como líder mundial na tecnologia dos telhados verdes, verificando-se que 43% das cidades apresentam incentivos à construção das coberturas (Neoturf, 2011). Em 1982, na Alemanha, surgiram as primeiras orientações para a construção de coberturas verdes com os “Princípios de Telhados Verdes”, tendo, desde 1992, sofrido várias reformulações, que culminaram num guia denominado “FLL – Guidelines”, que contempla orientações para o planeamento, a construção e a manutenção de coberturas ajardinadas. Este guia é hoje uma referência na área dos telhados verdes, servindo de apoio para o desenvolvimento dos próprios regulamentos de países próximos (Breuning *et al.*, 2008;FLL, 2002).

Outros países que apresentam legislação referente às coberturas são nomeadamente, os Estados Unidos da América, o Japão, a Suíça e o Canadá. No caso deste último, a construção de telhados verdes era inicialmente um compromisso estritamente voluntário. No entanto, vários municípios do Canadá estão interessados em implementar políticas e incentivos que apoiem a utilização dos mesmos a uma escala mais ampla. Embora seja uma política em desenvolvimento, um projeto aplicado em Toronto é um elemento motivador para a evolução da mesma (Lawlor *et al.*, 2006). Neste caso, considera-se que 6% das coberturas das cidades deveriam ser verdes (representando 1% dos cerca de 6 milhões de metros quadrados), com uma cobertura de



0,15 m de espessura, vegetação de camada fina (relva ou prado), o que, em resultado, apresenta:

- Redução do efeito de ilha de calor urbano em 1 a 2°C;
- Redução nos gases com efeito de estufa, emitidos anualmente, em 1,56 Mton;
- Redução da ocorrência de episódios graves de *smog* em 5 a 10%;
- Capacidade de retenção de águas pluviais em mais de 3,6 milhões de metros cúbicos por ano;
- Potencial de espaços de lazer, públicos e privados é de 650.000 m² (Lawlor *et al.*, 2006).

Em 2006, no Canadá, foi criado o manual “A Resource Manual for Municipal Policy Makers” de apoio aos municípios na aplicação de legislação e apresentação de incentivos para a construção de coberturas verdes. A criação do manual referido anteriormente, deveu-se à necessidade de controlar vários fatores negativos para o ambiente, tendo como principais motivadores para a elaboração do mesmo, os enumerados em seguida (Lawlor *et al.*, 2006):

- Controlo do escoamento de águas pluviais;
- Redução do efeito de ilha de calor urbano;
- Menor consumo energético;
- Redução da poluição atmosférica;
- Aumento de espaços verdes;
- Conservação da biodiversidade.

A elaboração do manual (*A Resource Manual for Municipal Policy Makers*) teve ainda a colaboração de 12 jurisdições (v. Tabela 2.7), dado que evidenciam ser líderes no desenvolvimento de políticas de telhados verdes, encontrando-se disseminadas por todo o mundo.



Tabela 2.7 Jurisdições líderes no desenvolvimento de políticas dos telhados verdes (Adaptado de Lawlor *et al.*, 2006)

País	Cidades
Canadá	Montreal
	Toronto
	Vancouver
	Waterloo
EUA	Chicago
	Nova Iorque
	Portland
Suíça	Basileia
Alemanha	Múnster
	Estugarda
Japão	Tóquio
Singapura	Singapura

No referido manual encontram-se estabelecidas as várias fases necessárias para a constituição da política de telhados verdes, sendo as mesmas explicadas sucintamente na Figura 2.7.



Figura 2.7 Fases de implementação de políticas e programas de coberturas verdes (Adaptado de Lawlor *et al.*, 2006)



2.5.3 Normalização

Como foi referido anteriormente, orientações para a instalação de coberturas ajardinadas encontram-se no guia “FLL – Guidelines” (Lawlor *et al.*, 2006). Às orientações dadas estão associadas normas DIN, EN e outras publicações relacionadas com ensaios realizados com as próprias coberturas verdes, os dados dos edifícios e normas de construção. Em 2002, surgiu uma nova reformulação e, mais tarde, em 2008, os conteúdos devidamente testados e comprovados foram mantidos, tendo apenas sido introduzidos os mais recentes desenvolvimentos e conhecimentos na área (Breuning *et al.*, 2008; FLL, 2002).

DIN 1055 - Projeto de carga da estrutura

DIN 1986 – Propriedades e instalação de sistemas de drenagem para edifícios

DIN 1988 – Normas técnicas de instalação de água potável

DIN 4095 - Drenagem para a proteção da planta da construção: planeamento, determinação de requisitos e execução

DIN 4102 – Comportamento de materiais de construção e componentes sob a ação de fogo

DIN 4108 – Isolamento térmico em edifícios

DIN 4109 – Isolamento acústico em edifícios

DIN EN 12056 – Instalação de sistemas de drenagem em edifícios (Breuning *et al.*, 2008; FLL, 2002)

No guia “FLL – Guidelines” são apresentadas várias normas referentes às características técnicas das coberturas ajardinadas, por exemplo, os sistemas de proteção anti raiz apresentam, com base em estudos previamente realizados, as seguintes duas normas: UNE-EN ISO 846:1998 e UNE-EN 13948:2008, sendo este apresentado como essencial para a implementação de uma cobertura verde que não apresente problemas futuros. Não existem registos de quaisquer defeitos em coberturas ajardinadas, instaladas em sistemas modernos, realizadas segundo as normas presentes no “FLL Guidelines” (Pereira *et al.*, 2012).

2.6 Benefícios associados à aplicação

A implementação de coberturas verdes, em comparação com os telhados convencionais, gera uma grande variedade de benefícios, quer ambientais, quer económicos, ou mesmo estéticos. Estes benefícios, resumidos na Figura 2.8, podem ser divididos em várias subcategorias, de forma a evidenciar os aspetos de maior importância.

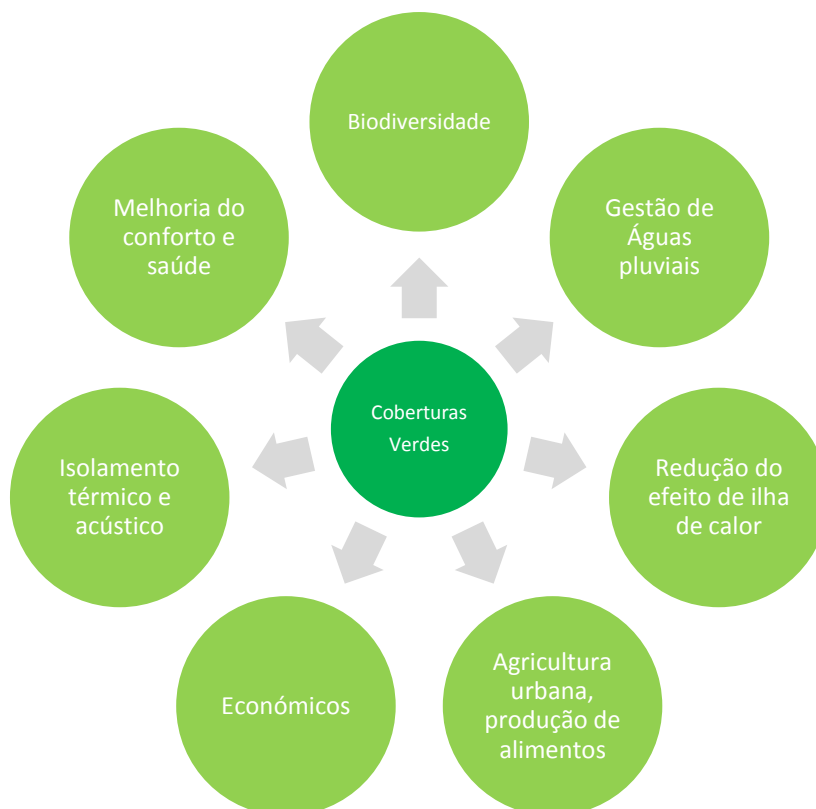


Figura 2.8 Esquema resumo de benefícios associados às coberturas verdes

2.6.1 Benefícios económicos

A eficiência energética dos telhados está relacionada com o seu isolamento, pelo que coberturas ineficientes resultam em perdas de calor no Inverno e absorção de calor no Verão. Nos sistemas de coberturas verdes consegue-se a redução do consumo de energia para aquecer ou arrefecer o edifício, através do controle do fluxo de calor. No



Canadá, estudos realizados permitiram concluir que a redução do fluxo de calor de 70% a 90% no Inverno e de 10% a 30% no Verão, reduzindo o consumo de energia no edifício, até 75%. Não só as condições interiores do edifício são afetadas, mas também a superfície do telhado com coberturas ajardinadas reduz a temperatura deste, o que resulta num melhor desempenho dos sistemas de AVAC² (Tolderlund, 2008).

A eficiência dos painéis solares é significativamente melhorada quando em conjunto com uma cobertura ajardinada, sendo que a estrutura base para os painéis solares permite que a energia solar seja integrada no sistema de coberturas, sem causar danos na membrana de impermeabilização. A base solar utilizada para os painéis solares, podendo ser utilizada para energia fotovoltaica, pode também ser utilizada para aplicação em sistemas de aquecimento de águas. Os painéis fotovoltaicos têm como função converter a luz solar em energia elétrica, apresentando uma eficácia de 0,5% por cada grau acima dos 25°C, no entanto, a utilização em conjunto com a cobertura ajardinada pode melhorar de forma significativa a eficácia dos mesmos, dado o efeito de arrefecimento promovido pela cobertura (Zinco Cubiertas, 2012).

A durabilidade da membrana de impermeabilização deve-se aos telhados verdes ajudarem na sua proteção contra flutuações extremas de temperatura, impacto negativo da radiação ultravioleta e outras disfunções ambientais a que está sujeita. Nos telhados verdes, a vida útil da membrana pode ser duas vezes superior à de um telhado tradicional, o que implica menos manutenção e um aumento do tempo para a sua substituição. Em suma, a redução de custos será significativa (Peck *et al.*, 2012).

A prevenção de incêndios é também fator de sucesso, se a cobertura verde for projetada de forma correta. Existem, no entanto, plantas menos resistentes ao fogo que outras, pelo que é necessário garantir a instalação de camadas com material não combustível, como cascalho e outros. Outra solução é o uso de plantas como os *sedum*, apresentados anteriormente, que apresentam um elevado teor de água, ou um sistema de irrigação (Peck *et al.*, 2012). As plantas com as características referidas anteriormente, são ótimas na prevenção do risco de incêndio, no entanto, quando estas se encontram no

² Equipamento de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado (AVAC)



período estival são fator de elevado risco para o sistema instalado, bem como para o edifício.

A criação de mais postos de trabalho está diretamente relacionada com o aumento de utilização de coberturas verdes (80% entre 2004-2005), uma vez que estas implicam a necessidade de trabalhadores em diferentes áreas, como o fabrico, *design*, instalação e manutenção (Tolderlund, 2008).

A implementação de coberturas ajardinadas não permite apenas reduzir os custos no aquecimento e arrefecimento dos edifícios, mas também possibilita uma redução nos custos de construção, dado que minimizam as necessidades de isolamento e de potência de ar condicionados. Nos EUA, em 2002, o custo por metro quadrado das coberturas ajardinadas variava entre os 34 e os 71 €, o que para um sistema com uma durabilidade de 15 a 20 anos, é um investimento sustentável. O custo de uma cobertura extensiva varia entre os 80 e os 160 € por metro quadrado, indicando uma duração de 50 a 100 anos. No caso de uma cobertura intensiva, o custo de instalação pode variar entre os 80 e os 320 € (Cit. por Broili, 2002).

2.6.2 Benefícios ambientais

A implementação de telhados verdes é um incentivo à biodiversidade, bem como uma forma benéfica de garantir que a expansão urbana não é levada ao extremo, em detrimento da qualidade de vida e saúde humana e ambiente. Assim, estes são considerados *habitats* alternativos, ainda que nunca sejam suficientes para eliminar o *habitat* natural.

Coberturas ajardinadas de grande extensão e na ausência de perturbação humana, são vistas como mais protegidas, podendo tornar-se o *habitat* de plantas mais sensíveis e facilmente danificáveis, devido ao movimento das aves, e por este habitat

permanecer inacessível. A biodiversidade de uma cobertura aumenta de acordo com o aumento da profundidade do solo e também com o tipo de plantas de que é constituída.

O efeito urbano denominado “ilha de calor” (v. Figura 2.9), relaciona-se com o sobreaquecimento de zonas urbanas, devido ao aumento de superfícies pavimentadas e de zonas extremamente edificadas, o que, como consequência, leva ao acentuar das temperaturas elevadas, tendo-se tornado ao longo dos anos um problema nefasto para o planeta. Este efeito é causa de grandes problemas ao nível da qualidade de vida, dado que temperaturas elevadas induzem uma maior rapidez de processos químicos, o que implica um aumento de poluentes gerados, como, por exemplo o ozono troposférico, do qual advêm doenças respiratórias e cardíacas. Além disso, este aumento de temperatura contribui para um maior consumo de energia por parte dos equipamentos de ar condicionado.

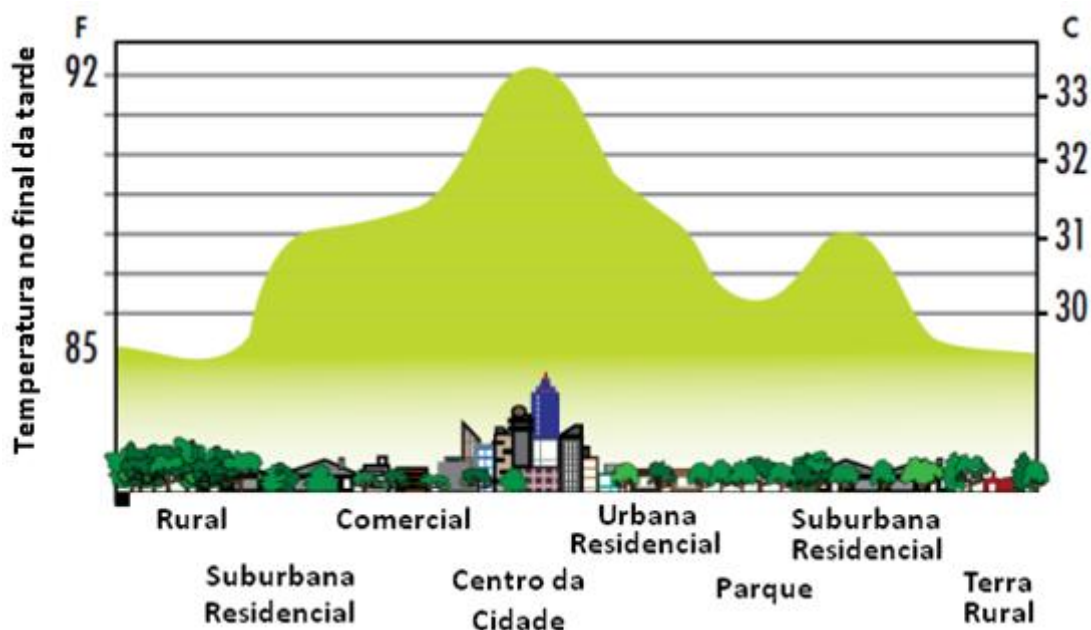


Figura 2.9 Variação da temperatura causada pela Ilha de Calor (Fonte: Retzlaff *et al.*, 2011)

Com a aplicação de coberturas ajardinadas, é possível intercetar a radiação solar, visto que estas são superfícies que permitem absorver e refletir a radiação solar, conservando energia. É possível reduzir temperaturas, quer por processos de



evapotranspiração, quer com a inclusão de superfícies menos absorventes em telhados pré-existentes (Retzlaff *et al.*, 2011).

O decréscimo da qualidade do ar, devido ao aumento das emissões de transportes, construções e das mais variadas indústrias, conduz a um aumento da concentração de partículas no ar. Assim, de forma a combater a poluição atmosférica, os edifícios devem tornar-se mais eficientes e reduzir as emissões. Através da vegetação, que tem como função a absorção de gases e partículas, dar-se-á uma redução da temperatura ambiente, dado que, de acordo com a altura da vegetação, as partículas permanecerão suspensas, ficando presas na área de superfície da cobertura.

No que diz respeito à gestão de águas pluviais, existem diferenças entre um telhado convencional e um telhado verde, verificando-se no último caso uma atenuação do escoamento de pico de águas pluviais, dado que parte da água é retida pela cobertura através do processo de infiltração (Berndtsson, 2009). Na Figura 2.10, encontra-se ilustrado um evento de precipitação e a retenção de águas pluviais pela presença de um telhado verde. Assim, com a presença de uma cobertura ajardinada, o escoamento é influenciado, causando o atraso do mesmo, o que é provocado pela infiltração de águas pluviais e pela evapotranspiração das plantas.

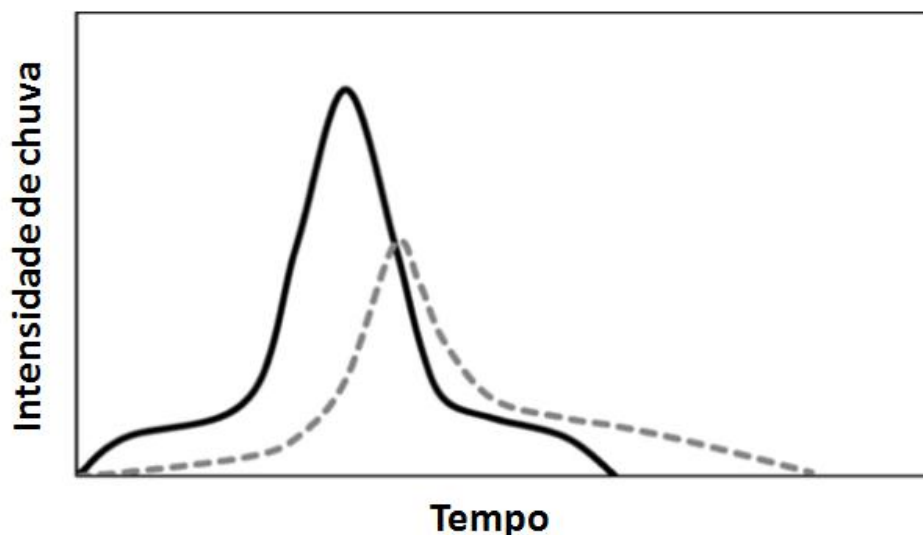


Figura 2.10 Exemplo de escoamento de um telhado verde (linha a tracejado) gerado por um evento de chuva (linha preta) (Adaptado de Berndtsson, 2009)



No caso de bacias urbanas e devido à elevada ocupação do terreno com edificado, causando o aumento de zonas impermeáveis, o escoamento superficial é antecipado, existindo um aumento do volume de água, bem como a vazão de pico. (Berndtsson, 2009)

2.6.3 Benefícios sociais

Nos últimos anos, assiste-se a uma grande consolidação urbana, verificando-se um ambiente urbano muito uniforme, sem diferenças na forma e na utilização de materiais, para as mais variadas ocupações, quer laborais, quer residenciais ou recreativas. As coberturas ajardinadas surgem como uma solução interessante de planeamento urbano, promovendo maior comodidade e espaços verdes e criando nas características abordadas para a construção uma qualidade visual única e significativa. Espaços verdes para a saúde humana são sinónimo de redução de *stress*, maior satisfação no trabalho e produtividade extra, permitindo ao Homem desfrutar de um ambiente natural, promovendo um incentivo à atividade social e física.

Os centros urbanos encontram-se cada vez mais distanciados do produtor e, assim, a distribuição dos produtos realiza-se a cada vez maiores distâncias, sendo este um fator depreciativo a vários níveis, desde os gastos, até à poluição adjacente aos transportes. Com vista a reduzir este impacto, surgiu a ideia de produzir alguns alimentos em pequena escala. Obviamente que não substituem produtores em grande escala, mas permite um desenvolvimento mais sustentável. Assim, tal iniciativa será interessante de ser implementada em restaurantes, escolas e outros. No entanto, devem ser tidos em conta pequenas alterações, como:

- Profundidade do meio de cultivo, por forma a garantir a capacidade para manter as plantas;
- Cuidado adicional com a membrana de impermeabilização, devido à utilização frequente de ferramentas de jardinagem;



Os telhados verdes podem ser adotados com a intenção de se atingir objetivos educacionais, sendo, por isso, um meio de demonstração de que as coberturas ajardinadas afetam de forma positiva o ambiente. Os jardins poderão ser utilizados como hortas e meios de recreação (Peck *et al.*, 2012).



2.7 Limitações

Os benefícios relacionados com a aplicação de telhados verdes são inúmeros. No entanto, também lhes estão associadas algumas limitações, quer seja de cariz técnico ou ambiental, quer seja económico/financeiro. Os jardins dos telhados são construídos sobre uma laje, o que influencia o comportamento natural do solo, impedindo a realização completa dos diferentes ciclos naturais, nomeadamente, o ciclo da água. A aplicação de coberturas ajardinadas apresenta ainda limitações técnicas, relativas às funções de impermeabilização e drenagem (v. Figura 2.11), recorrendo-se ao uso de camadas filtrantes, drenantes e revestimento de impermeabilização, de modo a garantir o ótimo funcionamento.



Figura 2.11 Cobertura ajardinada com problemas de encharcamento e sobrecarga (Fonte: Pereira *et al.*, 2012)

As grandes limitações das coberturas verdes são de cariz técnico e são numerosas. Os exemplos que se podem referir, nomeadamente são situações como sistemas inadequados devido a um dimensionamento incorreto, elementos de drenagem inadequados que levam a uma grande sobrecarga exercida e possível colapso da estrutura (v. Figura 2.12). A utilização de solos no lugar de substratos técnicos e a utilização de botânica inadequada são também fatores prejudiciais ao bom funcionamento deste sistema (Pereira *et al.*, 2012).



Figura 2.12 Colapso da estrutura pelo inadequado sistema de drenagem instalado (Fonte: Pereira *et al.*, 2012)

Os riscos inerentes à instalação e posterior funcionamento de todo o sistema da cobertura são possíveis de evitar se forem tidas em conta algumas medidas relevantes para o planeamento do projeto, a instalação e a manutenção do sistema. De modo a evitar riscos de instalação do sistema de coberturas verdes, diminuindo a possibilidade de problemas futuros, existem algumas medidas a ter em conta, tais como (Pereira *et al.*, 2012):

- Realizar projetos de acordo com Normas;
- Consultar especialistas e envolver no planeamento da obra técnicos das diversas especialidades (Engenheiros, Arquitetos, Paisagistas e outros);
- Recorrer a sistemas previamente testados;
- Recorrer a empresas e técnicos de instalação certificados;
- Planear a correta manutenção da cobertura (Pereira *et al.*, 2012);

Este tipo de jardins não pode ser visto como substituto dos espaços verdes urbanos permeáveis, mas apenas como um elemento inserido na estrutura verde urbana. Não pode, por isso, ser considerado numa alternativa à estrutura responsável pela preservação dos ecossistemas. E ainda, deve ser perceptível que uma cobertura ajardinada



instalada de forma isolada não é solução. Por exemplo, no que diz respeito ao isolamento térmico, este, apenas terá resultados ótimos, caso o seu funcionamento esteja sustentado com o complemento de um bom isolamento das fachadas do edifício. Em conclusão, sendo os problemas técnicos considerados os grandes limitadores do bom funcionamento dos sistemas de coberturas ajardinadas, há necessidade de manutenção frequente e adequada.



CAPÍTULO 3. Boas práticas na aplicação de coberturas verdes

3.1 Metodologia

Com o objetivo de fazer uma análise crítica da influência das coberturas ajardinadas nas cidades mais urbanizadas, foi necessário escolher uma cidade com essas características. Foi escolhida a cidade de Lisboa, devido ao seu carácter urbano acentuado, ao constante crescimento em termos de território edificado e, com isso, a supressão de espaços verdes. Definida a cidade de estudo, houve necessidade de uma procura de edifícios que apresentassem telhados verdes.

Seguidamente, optou-se por três edifícios, localizados em zonas distintas de Lisboa e, após estabelecido o contacto, obtiveram-se as informações necessárias para posterior análise. Os edifícios em causa foram: o Edifício da EMEF na Amadora, indicado como o primeiro a implementar uma cobertura ultraleve, em Portugal; outra escolha foi o Edifício PT Picoas, por se localizar numa zona sujeita a uma grande variedade de *stress* ambiental e ser um edifício de maior escala; e por último, foi escolhida a ETAR de Alcântara, dado que é uma das coberturas ajardinadas mais recentemente implementadas.

De seguida, é abordado o assunto relativo à gestão de águas pluviais, frisando as diferenças entre telhados ajardinados e telhados convencionais. Numa referência mais direta à zona urbana de Lisboa, serão abordados vários estudos relativos à retenção de água e escoamento superficial, de acordo com um modelo linear realizado para Bruxelas e que pode ser utilizado para a Europa Central e Ocidental.

Aquando do levantamento realizado, encontraram-se não só as coberturas ajardinadas aqui abordadas, mas também novas alternativas de utilização dos telhados dos edifícios, como, por exemplo, uma horta no telhado. A abordagem deste caso tem como objetivo mostrar uma outra vertente e benefício claro de sensibilização da população para uma mais-valia económica e de utilização de espaços, visto que o espaço utilizado para agricultura estava anteriormente inutilizado e atualmente os produtos ali cultivados são utilizados no refeitório de uma autarquia.



3.2 Análise crítica

3.2.1 Edifício da EMEF

A Empresa EMEF apresenta um edifício laboral, localizado na Amadora, que visa trilhar um percurso de maior sustentabilidade ambiental, sendo a primeira a implementar uma cobertura ultraleve, em Portugal, promovendo com esta ação as energias renováveis e o aproveitamento dos recursos naturais.

i) Colocação da cobertura ajardinada

Esta cobertura ajardinada foi colocada com os seguintes objetivos:

- Melhorar o ambiente envolvente em termos ambientais, estéticos e paisagísticos;
- Melhorar as condições térmicas da construção, de modo a proporcionar melhores condições de trabalho;
- Aumentar a eficiência energética do edifício.

ii) Características da cobertura

Inicialmente, o edifício apresentava uma cobertura plana tradicional (v. Figura 3.1), o que à primeira vista causava um efeito visual negativo. Com a intenção de colocar um jardim no telhado, promoveu-se desde logo a beleza deste espaço, bem como se incrementou a biodiversidade com a colocação de vegetação que vem integrar-se num espaço verde pré-existente, mas ao nível do solo. Para a instalação da cobertura ajardinada, foi escolhida como responsável a empresa Sunergetic³.

³ Empresa de Aproveitamento de Recursos Naturais (Sunergetic)



Figura 3.1 Cobertura da EMEF antes da cobertura e na fase de implementação
(Fonte: Sunergetic, 2009)

A tipologia da cobertura é a extensiva (v. Figura 3.2), que não requer praticamente nenhuma manutenção, no que diz respeito a irrigação. Segundo a empresa responsável, esta cobertura precisa apenas ser regada nos primeiros 20 dias de vida, tornando-se após esse período autossuficiente. Apresenta uma área total de jardim de 400 m², com uma inclinação de 3%.

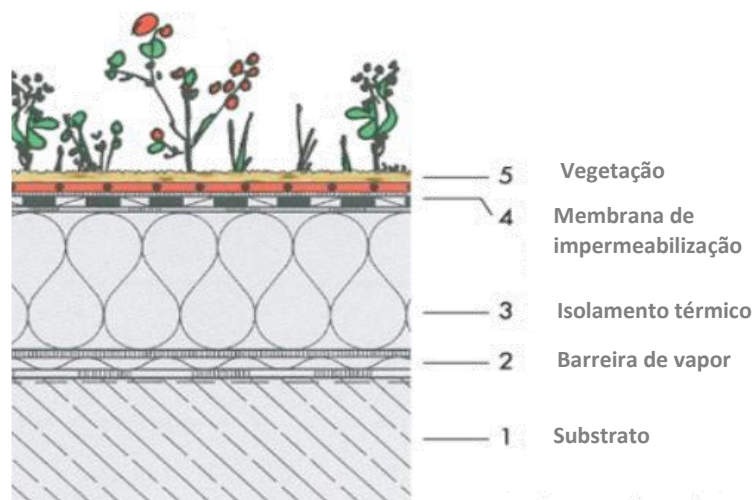


Figura 3.2 Elementos constituintes da cobertura ajardinada (Fonte: Fradique, 2012)



A cobertura ajardinada apresenta características específicas⁴ relacionadas com os seus constituintes principais e função associada, sendo algumas relevantes para o estudo em causa e, como tal, serão abordadas em seguida. Quanto ao tipo de vegetação, a escolhida foi a espécie *sedum*, visto ser uma planta que apresenta elevada resistência a condições meteorológicas extremas.

iii) Estrutura/estabilidade do edifício

Esta não é uma cobertura que cause qualquer instabilidade no edifício, visto não apresentar peso muito elevado, sendo o peso exercido pela cobertura ajardinada de 6 kg m^{-2} (Sunergetic 2009). No entanto, é sempre necessário ter em conta o peso extra causado pela ocorrência de chuva, e portanto, a acumulação de águas pluviais. Devem assim verificar-se, por questões de segurança, os estados limites de deformação, bem como o valor da flexa, que deverá ser compatível com o tipo de impermeabilizações. Estes sistemas devem ser elásticos para acompanharem a flexa e não surgirem fissuras, evitando ao máximo impermeabilizações de bases cimentícias.

iv) Reaproveitamento de águas pluviais e sistema de rega

Neste caso é feito o reaproveitamento de água da chuva, a não ser na natural acumulação de água na cobertura e conseqüente rega. Sendo assim, os gastos de água para rega tendem a ser pouco consideráveis. Aquando do levantamento de informação e de acordo com indicações dadas pela empresa, a cobertura quase não necessita de manutenção, indicando uma economia de água entre os 90 a 95%, em comparação com um jardim normal.

Em suma, não existe o reaproveitamento de águas da chuva, a não ser na manutenção do próprio jardim, apresentando para este tipo de soluções características como as presentes na Tabela 3.1, em que, por exemplo, a capacidade de retenção desta cobertura é de 15 l m^{-2} .

⁴ Consultar em Anexo.



Tabela 3.1 Características específicas da cobertura (Fonte: Fradique, 2012)

Ingredientes	Produtos à base de cereal/mineral e fibras naturais
Desempenho de armazenamento de água	Tapete de plantação – até 15 litros m ⁻²
Peso específico	Cerca de 110 kg m ⁻³ ou 1,7 kg m ⁻² (16 mm de espessura)
Espessura	14-20 mm
Demanda de água	15 litros por hora e por m ² , aproximadamente 3 a 5 minutos por dia.

Ainda no que diz respeito à rega do jardim, a empresa tinha como um dos principais requisitos pretendidos a autossuficiência do jardim. Como foi referido anteriormente, a escolha da espécie *sedum* deveu-se a este requisito pretendido, visto que esta espécie se adapta ao clima de Portugal, onde se observam meses de muita chuva, mas também meses em que a pluviosidade é escassa ou até nula.

v) *Resultados de implementação*

A implementação da cobertura resultou num aumento da eficiência energética do edifício, uma vez que a sua presença mantém a temperatura interna do mesmo, não havendo perdas de calor no Inverno e aumento de temperatura no Verão.

Em suma, não existe atualmente necessidade de recorrer com a frequência habitual aos sistemas de AVAC instalados. A melhoria térmica conseguida na construção induz um aumento do período de vida expectado da cobertura, bem como implica baixos custos de manutenção. Finalmente, a espessura da cobertura garante um ótimo isolamento acústico.

3.2.2 Edifício PT Picoas

O edifício PT Picoas (v. Figura 3.3) localiza-se na Avenida Fontes Pereira de Melo, em Lisboa, tendo sido projetado pelos Arquitetos Luís Borges de Sousa e António Abrantes, no ano de 1977 e é abordado como símbolo de modernização, face à colocação de jardins na sua cobertura. Apresenta uma cobertura do tipo intensiva, sendo constituído por dois Blocos, A e B, onde trabalham 1.100 pessoas, sendo notório todo o espaço envolvente, quer pelas fachadas bem marcadas, as proporções dos vãos, os jardins suspensos, bem como todos os elementos de construção selecionados de forma a se atingir uma ótima integração urbana. Como foi referido anteriormente, o edifício encontra-se dividido em dois blocos, o Bloco A, que se trata da parte mais alta do edifício, onde se encontram os serviços administrativos e que perfaz uma área total de 31.119 m^2 , e o Bloco B, que se destina à central telefónica, apresentando uma área de 21.863 m^2 (Marcas das Ciências, 2012).



Figura 3.3 Localização do Edifício PT Picoas (Adaptado de Google maps, 2012)

Para a construção do edifício em causa, foram cedidos pela Câmara os terrenos inseridos no jardim da Praça José Fontana. Tal cedência teve implicações no que diz respeito à diminuição de espaços verdes, surgindo assim a ideia de criar uma espécie de jardim no topo do edifício, de forma a compensar a perda do jardim ao nível do solo. A área ajardinada no topo da cobertura ocupa uma área de 2.000 m^2 , o que permite criar a



ideia de continuidade com a área envolvente. O jardim foi devidamente implementado com os equipamentos técnicos necessários, de modo a garantir um bom isolamento térmico.

i) Colocação da cobertura ajardinada

Esta cobertura foi colocada com os seguintes objetivos:

- Evitar o impacto visual da inserção de um bloco de betão, com a aplicação do jardim em vários níveis, mais inserido na zona que rodeia o edifício;
- Reconhecer o equilíbrio dos níveis de temperatura permitido pela vegetação, o que permite regular a temperatura ambiente das divisões interiores sob a cobertura;
- Preservar o conceito de sustentabilidade com a gestão dos recursos, com a adoção de um sistema de drenagem eficiente;
- Atender a aspetos ecológicos e estéticos importantes, aumentando a biodiversidade e a motivação dos funcionários, que conseguem trabalhar num ambiente mais saudável e natural.

ii) Estrutura/estabilidade do edifício

Este é um edifício que representa uma área maior em termos taxa de ocupação do solo, bem como de maior volumetria, tornando o edifício com uma configuração pouco uniformizada e com diferentes alturas, o que faz com que tenha um ótimo aproveitamento da cobertura, como um terraço. Assim, a tipologia escolhida foi a intensiva, mais apropriada a este tipo de edifícios, que apresentam capacidade de carga para a instalação de uma cobertura de espessura maior. Assim, foram instalados canteiros e bolsas de retenção de água dispersas e colocadas com intervalos regulares, existindo também zonas de passagem para quando haja necessidade de manutenção.



iii) *Características da cobertura*

A recetividade na implementação do jardim não era um ponto forte, visto que para a manutenção do mesmo é necessário regá-lo e a água poderá colocar em causa o bom funcionamento dos equipamentos eletrónicos. Desta forma, foi necessário reunir uma equipa de trabalho e foram escolhidas as empresas Gefel e PROFABRIL para que demonstrassem que a execução do jardim era possível, e sem levantar quaisquer problemas.

Após colocados em prática todos os procedimentos necessários, os equipamentos foram escolhidos, colocados e devidamente testados. Assim, de modo a garantir a eficácia do sistema implementado, foi colocada uma camada de água durante vários dias, verificando-se se existiria ou não qualquer tipo de infiltração. Verificada a eficiência do sistema colocado por cima da laje do edifício, englobando a várias camadas de telas de PVC, seguiu-se a aplicação da terra e da vegetação. Na Tabela 3.2, são enumerados os vários constituintes da cobertura ajardinada implementada no edifício.

Tabela 3.2 Camadas constituintes da cobertura e tipo de vegetação (Fonte: Paz, 2012)

- Camada de Impermeabilização
- Camada de drenagem
- Camada Filtrante
- Manta geotêxtil
- Laje

Substrato

A camada de terra vegetal varia entre os 0,30 e 0,40 m.

Vegetação

Iris germânica (Lírios)

Olea europaea var. sylvestri;

Viburnum tinus;

Tamarix africana.



Relativamente ao tipo de vegetação escolhida, foram utilizadas algumas plantas que pertencem à flora portuguesa, que foram colocadas em várias zonas de retenção constituídas, não só por plantas, mas também por calhaus rolados brancos e negros. Com o tempo, algum tipo de vegetação foi desaparecendo, por falta de manutenção e porque, devido ao elevado porte, algumas foram cortadas. O jardim sofreu ainda a proliferação de espécies exóticas, como, por exemplo, a palmeira (*Phoenix canariensis*) (Paz, 2012).

iv) Reaproveitamento de águas pluviais e sistema de rega

A resposta obtida por parte do responsável da empresa foi de que não existia qualquer aproveitamento de águas da chuva, a não ser o aproveitamento natural que está diretamente ligado com a infiltração da água no substrato. A possibilidade de se vir a aproveitar água com a função de reutilização para outros gastos não é tida em conta, dado o elevado investimento que seria necessário. No entanto, o consumo de água pelos sistemas de AVAC instalados é elevadíssimo, podendo-se obviamente ponderar o aproveitamento de águas pluviais, sendo, de momento, incomportável financeiramente (Paz, 2012).

Apesar da ausência de reutilização da água escoada, o edifício integra o jardim em diferentes níveis, apresentando um sistema de drenagem bastante eficaz na acumulação de volumes elevados de água. O sistema de drenagem, que pode ser visualizado na Figura 3.4, é composto por calhaus rolados de cor negra e branca, que são colocados a diferentes profundidades para uma maior retenção de água. Assim, o escoamento ocorre em condições mais estáveis, sendo a água lentamente conduzida para as zonas de recolha (delimitam as zonas verdes, onde a água continua a circular).

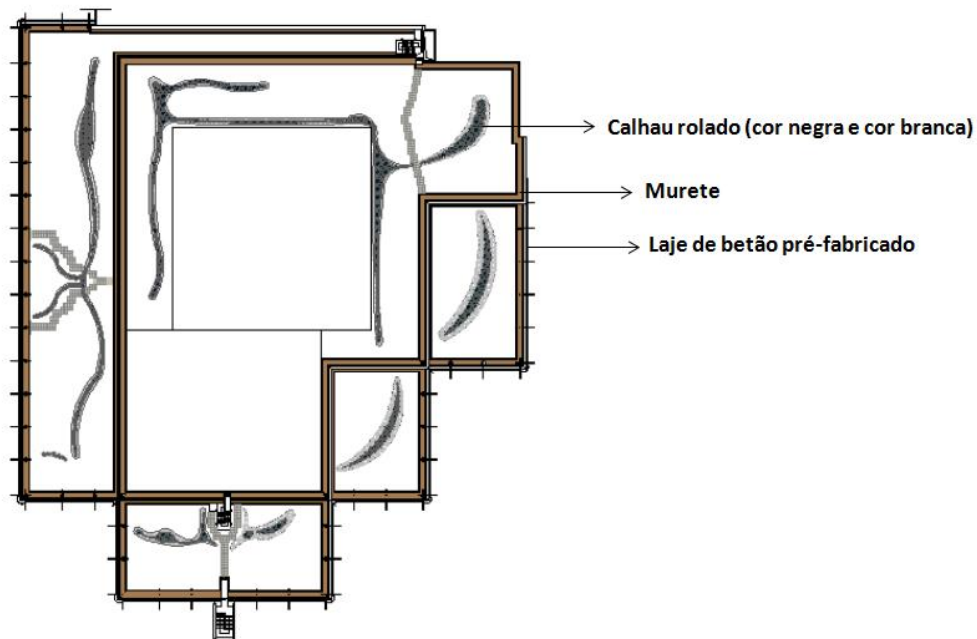


Figura 3.4 Elementos constituintes do sistema de drenagem (Fonte: Varela, 2011)

O escoamento de águas da chuva (v. Figura 3.5) é um fator importante no atraso do caudal escoado e, portanto, no contributo para o decréscimo dos picos de cheia. No presente caso, a cobertura do tipo intensiva apresenta desníveis topográficos, o que permite criar zonas mais baixas, onde haverá maior infiltração de águas e consequente atraso no escoamento.

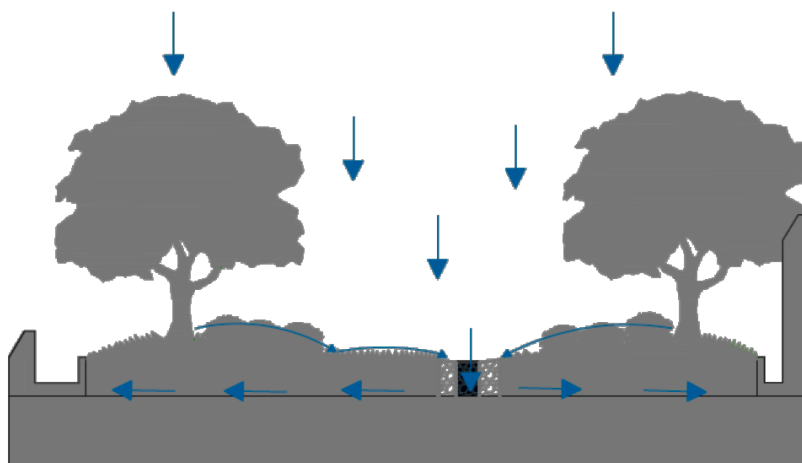


Figura 3.5 Reprodução da ocorrência de infiltração e escoamento de águas pluviais (Fonte: Varela, 2011)



v) Estratégia para a manutenção da cobertura

Para que a utilização da cobertura continue a ser vantajosa, há necessidade de manter a vegetação, não só em termos de garantia de rega, não permitindo chegar a situações de seca, mas também no que se refere ao corte ou poda de plantas, para que não exista uma grande concentração de plantas.

Relativamente à acumulação de água, é necessário manter a modelação do terreno, de modo a conseguir que o terreno tenha diferentes níveis de profundidade para reter mais água e, em consequência, causar um atraso no escoamento superficial. Deve-se também proceder periodicamente à limpeza dos sistemas de rega e de drenagem, bem como das caldeiras.



3.2.3 ETAR de Alcântara

A ETAR estabelecida no Vale de Alcântara, inicialmente, proporcionava apenas um tratamento primário de matéria orgânica. A SIMTEJO, responsável pela mesma, procurou beneficiar as estruturas e equipamentos da ETAR, de modo a obter um resultado eficaz a todos os níveis.

A ETAR de Alcântara (v. Figura 3.6), que se encontrava a céu aberto e proporcionava à população envolvente e ao estuário do Tejo vários fatores negativos, potenciava portanto, a necessidade de cobrir a libertação de odores provenientes da mesma. Por todos estes fatores, o projeto de cobertura da ETAR foi aprovado.



Figura 3.6 Funcionamento da ETAR de Alcântara, a céu aberto
(Fonte: Ambiente *online*, 2012)

A nova ETAR de Alcântara foi construída sob um telhado verde, com cerca de dois hectares, onde se encontram sediados, não só os serviços de exploração, mas também a sede da SIMTEJO. Os projetistas desta obra foram os Arquitetos Frederico Valsassina e Aires Mateus, apoiados pela PROAP nos elementos paisagísticos.

i) Colocação da cobertura ajardinada

A implementação de um jardim na cobertura permite:

- Diminuir a impermeabilidade do solo, sujeito às águas pluviais, contribuindo desta forma para uma atenuação das cheias;
- Diminuir o consumo energético nos edifícios, devido à ótima capacidade de isolamento térmico inerente aos telhados verdes;
- Diminuir os efeitos de poluição sonora, devido ao tráfego (Avenida de Ceuta, viaduto Duarte Pacheco, acesso à ponte 25 de Abril) e à proximidade do aeroporto de Lisboa, tendo em conta que os telhados vivos são bons isolantes acústicos;
- Minimizar o impacte visual associado à implantação de um bloco de betão no coração da urbe.

ii) Características da cobertura

A tipologia adoptada é a extensiva (v. Figura 3.7), tendo sido implementada pela empresa *Argex* e formando o corredor verde, que é causa de um incremento na biodiversidade. No que diz respeito ao substrato, apresenta uma profundidade de 50 cm, encontrando-se nos padrões considerados para a tipologia em causa.



Figura 3.7 Cobertura utilizada na ETAR de Alcântara (Fonte: Construlink, 2012)



Quanto ao tipo de vegetação utilizada, teve-se em conta as espécies existentes no Vale de Alcântara, para que a cobertura se assemelhasse à paisagem envolvente. Assim, algumas das espécies são ilustradas na Figura 3.8 e as espécies aplicadas na cobertura são as seguintes (Batista, 2012):

- *Agropirum repens*;
- *Arbutus unedo* (*medronheiro*);
- *Medicago sp*;
- *Olea europaea Sylvestris*;
- *Plumbago capensis*;
- *Potentilla fruticosa*;
- *Rosmarinus officinalis var prostratus* (*Alecrim*);
- *Ruscus aculeatus*;
- *Trifolium repens*.



(i) Choupo



(ii) Trevo-branco

Figura 3.8 Algumas espécies de vegetação: (i) Choupo (*Populus nigra*); (ii) Trevo-branco (*Trifolium repens*)
(Fonte: UTAD, 2012)

O “jardim” (v. Figura 3.9) é constituído por espécies de vegetação que se enquadram na zona ribeirinha envolvente, sendo o enquadramento tal que atualmente quem passa próximo da ETAR, não se apercebe que ali se encontra uma “fábrica” que trata diariamente muitos milhões de litros de águas residuais de uma grande parte de Lisboa.



Figura 3.9 Vegetação presente na cobertura da ETAR (Fonte: Ultimas, 2012)

iii) Estrutura/estabilidade do edifício

A ETAR de Alcântara apresenta uma extensa área de implantação, pelo que na intervenção foram tidos em conta aspetos de estabilidade do edifício, em virtude de a colocação de uma cobertura ajardinada, que exerce um peso extra na cobertura tradicional do edifício. No entanto, sendo a tipologia extensiva a escolhida para a cobertura, o peso exercido é reduzido, uma vez que apresenta uma espessura de cobertura mínima, em comparação com a tipologia intensiva.

iv) Reaproveitamento de águas pluviais e sistema de rega

A colocação do jardim teve em conta o tipo de vegetação, de acordo com os *habitats* a que se adaptam, mas também teve em especial atenção a necessidade de rega. Neste caso, a rega é feita com águas da ETAR, que sofrem os tratamentos adequados, apresentando, no final dos mesmos, qualidade compatível com a rega de espaços verdes (Batista, 2012). Em relação ao reaproveitamento de águas da chuva, de momento não existe, com a exceção da água que é de imediato aproveitada para a rega do espaço



verde, podendo, no entanto, vir a ser uma possibilidade, visto a cobertura ser dotada de uma rede de rega. O sistema escolhido é do tipo de rega gota-a-gota, que diminui a exposição a agentes biológicos e contribui para preservação da água residual tratada, que é reutilizada de forma segura e sustentável (Batista, 2012).

A água da chuva que é rejeitada pela cobertura é também utilizada para a rega do jardim. Esta segue para um dreno, pela zona de menor inclinação da cobertura, e, para que a água não caia na laje das plataformas exteriores, existe uma grelha para captá-la. A queda de água pela referida grelha, encaminha-a para um reservatório público, onde se mantém, para que possa posteriormente entrar num ciclo de rega, sendo que, as grelhas de recolha de água garantem a inexistência de desperdícios de água. Na zona interna do edifício, a inclinação não foi mantida e os tubos de queda não são perceptíveis, não só por questões estéticas, mas também de segurança dos funcionários da ETAR (Hugo Martins, 2011).

O estudo relativo ao reaproveitamento de águas pluviais associado aos telhados verdes permite concluir que, em média, a ocorrência direta de chuvas permite um aproveitamento de 75% das águas pluviais. Atualmente, o caudal pluvial estimado para um evento de precipitação, para a área coberta em análise, é de 70 l s^{-1} (Batista, 2012).

v) *Resultados de implementação*

A colocação do jardim na cobertura permitiu amenizar fatores paisagísticos, estéticos e outros que se tornariam negativos para os que residem na proximidade da ETAR e para os que ali passam todos os dias. Esta promoveu não só a requalificação do espaço onde está implantada, mas também permitiu uma melhor desodorização, reduzindo muito significativamente a libertação de odores para o exterior (Batista, 2012).

Como se verifica com base em diferentes fontes bibliográficas, os telhados vivos apresentam características como o isolamento, que é 25% melhor nestes telhados que em telhados convencionais. Também mantêm a temperatura dos edifícios, baixando as temperaturas no Verão e isolando-os no Inverno, reduzindo as perdas de calor em 50%, por ação do vento (Batista, 2012). Assim, no caso da ETAR, as reduções médias estimadas



são de 25% em custos com a energia. O projeto prevê uma cobertura habitável, visto prolongar as encostas verdes do Vale de Alcântara. Nas vias, existem partes da cobertura rasgadas, de forma a criar mais iluminação e zonas mais ventiladas, mas nunca expondo o trabalho que se realiza. Existe um muro-limite com vidro que divide as zonas administrativas internas, dos espaços de trabalho (v. Figura 3.10).



Figura 3.10 Zonas administrativas delimitadas pelo envidraçado (Fonte: Ultimas, 2012)

3.3 Contributo das coberturas verdes na gestão de águas pluviais

As coberturas ajardinadas ajudam a colmatar os mais variados problemas. Neste caso e visto o estudo ter maior incidência no desempenho hidrológico, pretende-se estudar o impacto da aplicação de telhados verdes na melhoria dos sistemas de drenagem urbana e consequente permeabilização do solo. São inúmeros os estudos realizados sobre o escoamento de águas pluviais e muitos os resultados obtidos por diferentes autores (Berndtsson, 2009). Estes estudos devem-se à elevada possibilidade das coberturas ajardinadas serem uma mais-valia no amortecimento dos picos de cheia. Deste modo, será realizado um estudo para a cidade de Lisboa, tendo em conta a valores de precipitação referentes ao ano 2010 e diferentes tipologias de telhado, de forma a avaliar a capacidade de retenção de águas pluviais, bem como o atraso causado no escoamento.

Em comparação com os telhados convencionais, os telhados verdes conseguem, por serem constituídos por várias camadas, um atraso do fluxo de escoamento, e, como tal, uma melhoria na gestão dos sistemas de drenagem urbana, impedindo que haja um excesso de água nos sistemas de esgotos (v. Figura 3.11).

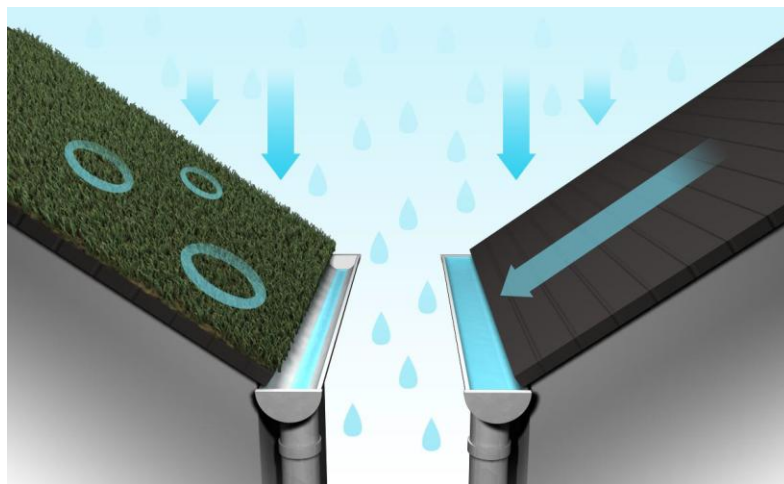


Figura 3.11 Retenção de águas pluviais em diferentes tipologias de cobertura (Fonte: Husken, 2010)



As diferenças conceptuais têm uma grande influência nos resultados obtidos, nomeadamente no potencial de retenção de águas pluviais das coberturas ajardinadas. Com base em vários resultados, existe um modelo de simulação para Bruxelas, que pode ser utilizado para outros países com as condições climáticas da Europa Central e Ocidental (Mentens *et al*, 2006). Para a criação do modelo, foram consideradas diferentes características. Numa primeira fase, características dos telhados, como o tipo de substrato, profundidade, número de camadas e declive (%). Na segunda fase, os valores de referência foram a precipitação e o respetivo escoamento, associado a uma ou várias escalas temporais (evento anual, sazonal ou de chuva extrema) (Husken, 2010; Mentens *et al*, 2006). No que diz respeito aos resultados pretendidos, é importante ter em conta a definição dada a um evento de chuva forte (tempestade⁵) e ainda incluir no mesmo estudo as características de precipitação (v. Tabela 3.3).

Tabela 3.3 Características de precipitação e respetivas unidades (Adaptado de Mentens *et al.*, 2006)

Intensidade	mm h ⁻¹
Duração do evento de chuva	minutos
Escoamento total durante o evento de chuva	mm
Quantidade total de escoamento	mm
Pico de escoamento⁶	mm

Todos os resultados foram obtidos experimentalmente e foram devidamente controlados. Foi realizada a análise de variância e, para cada escala temporal, foi obtida uma regressão linear, tendo sido os métodos testados, de modo a garantir a validade do modelo (Mentens *et al.*, 2006).

⁵ Evento de precipitação de 300l s⁻¹ ha⁻¹, com a duração de 15 minutos, o que equivale a 27mm em 15 minutos.

⁶ Quantidade de escoamento ocorrido durante os últimos 5 minutos do evento de chuva.



3.3.1 Escoamento anual

O escoamento superficial pode variar muito, desde valores muito elevados, até valores bastante baixos, sendo, no caso dos telhados convencionais, a percentagem de *runoff*, ou seja, o escoamento resultante da não infiltração de águas pluviais, de 91% e, para telhados verdes, de 15%. Para a aplicação de equações (Tabela 3.4) de regressão linear de escoamento anual de águas pluviais é necessário ter em conta determinadas variáveis, ou seja, no caso dos telhados verdes, a profundidade do substrato e valores de precipitação. Já para os telhados tradicionais, apenas são considerados valores de precipitação (Mentens *et al.*, 2006.).

Tabela 3.4 Equação de regressão linear para diferentes telhados – Precipitação vs Escoamento superficial anual (Adaptado de Mentens *et al.*, 2006)

Tipo de cobertura	Varição de Precipitação	<i>Runoff</i>	R^2	<i>N</i>
Telhado tradicional	670 – 918	$RO = 0,81P$	0,99	5
Telhado com 5cm de cascalho	644 – 1347	$RO = 0,77P$	0,99	8
Telhado verde	544 – 1347	$RO = 693 - 1,15P^2 - 0,8S$	0,78	125

Nota: - *P*, precipitação (mm)

- *S*, Substrato mm de substrato (entre 30 a 380 mm)

- *RO*, *runoff* (mm ano⁻¹) – relação entre escoamento e precipitação



3.3.2 Escoamento sazonal

Devido às condições climáticas diferentes em cada estação do ano, e, portanto, à variação da duração da chuva, verificam-se valores distintos de escoamento de águas pluviais para as várias épocas sazonais. Para o modelo de simulação efetuado para Bruxelas, foram comparadas duas estações do ano, Inverno (1 de Outubro a 30 de Março) e Verão (1 de Abril a 30 de Setembro) e dois tipos de telhado, um com 5 cm de cascalho e outro, o telhado ajardinado, com 100 mm de substrato, tendo ambos um declive de 2%. Os resultados, em ambos os casos, demonstraram que a percentagem de escoamento é maior no Inverno (v. Tabela 3.5) (Mentens *et al.*, 2006).

Tabela 3.5 Percentagem de escoamento superficial para diferentes épocas sazonais (Adaptado de Mentens *et al.*, 2006)

Tipologia	Inverno	Verão
Telhado com 5cm de cascalho	86%	70%
Telhado verde com 100mm de substrato	80%	52%

As equações de regressão linear para cada estação do ano (v. Tabela 3.6), podem ser utilizadas para estudos futuros, tendo em conta diferentes tipologias de coberturas e valores médios de precipitação, para cada uma das estações do ano, respetivamente Inverno e Verão.

Tabela 1.6 Equações de regressão linear para diferentes épocas sazonais – Precipitação vs Escoamento (Adaptado de Mentens *et al.*, 2006)

Estação do Ano	Runoff	R ²	N
Verão	$RO = 89 + 0,36P + 89G$	0,64	32
Inverno	$RO = -61 + 0,94P + 22G$	0,97	24

Nota: - *P*, precipitação
- *G*=1 (telhado com 5cm de cascalho)
- *G*=0 (telhado verde com 100mm de substrato)
- *RO*, runoff (mm ano⁻¹) – relação entre escoamento e precipitação

3.3.3. escoamento superficial

O grande desenvolvimento da construção e a diminuição de zonas verdes é prejudicial para os solos e superfícies impermeáveis, visto que existe uma grande compactação dos solos, dificultando a infiltração de águas pluviais nos mesmos, o que resulta em superfícies mais impermeáveis, numa menor infiltração e num aumento do escoamento superficial. Na Figura 3.12, são comparadas duas superfícies de permeabilidade distinta.

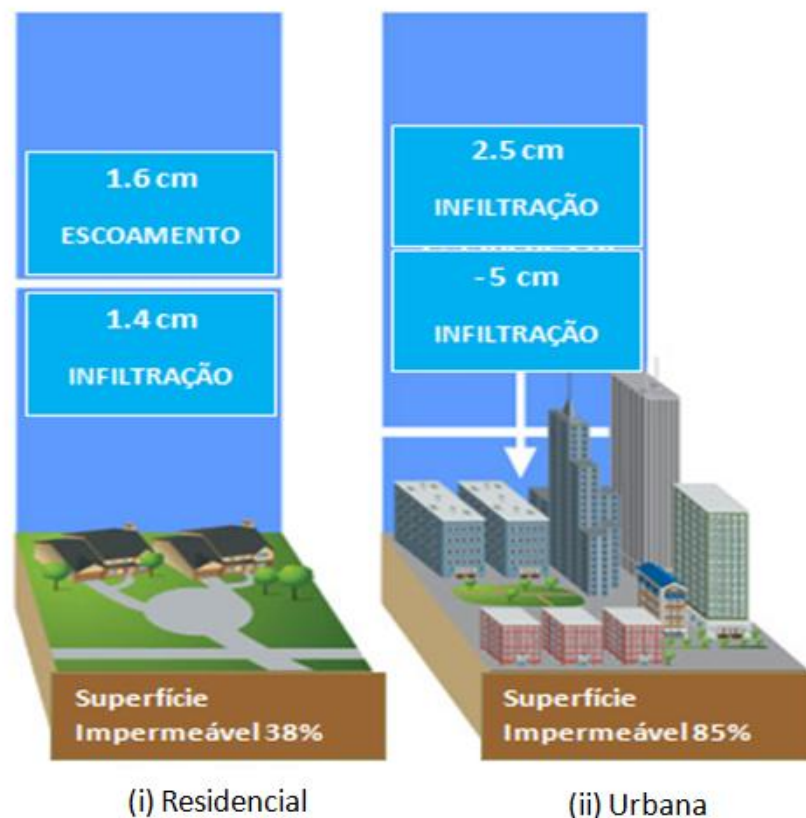


Figura 3.12 Percentagem de superfície impermeável, quantidade de infiltração e escoamento superficial: (i) zona residencial; (ii) zona urbana (Adaptado de Landscape for life, 2012)

Nos grandes centros urbanos, encontram-se os maiores problemas que influenciam negativamente os ecossistemas, provocando a contaminação da água e do ar. As chuvas intensas são fator negativo para os centros urbanos, visto a bacia hidrográfica

urbana apresentar fraca capacidade de resposta a extremos hidrológicos. Assim e dado o grande desenvolvimento de áreas impermeabilizadas, verifica-se que o contributo do espaço urbano para o reaproveitamento dos recursos hídricos é limitado.

De acordo com a EEA, o Concelho de Lisboa, no ano 2006, apresentava características de elevada impermeabilização do solo, distribuindo-se a ocupação do solo em 38,5% de florestas, 32,5% para produção agrícola, 14,7% de agricultura em áreas naturais, 8,6% de vegetação natural, 3,5% de áreas artificiais e 2,2% noutras áreas (EEA, 2012). Relativamente à permeabilidade do solo, foram consideradas 5 classes (Baixa, Baixa a Média, Média, Média a Alta e Alta), estando as mesmas relacionadas com a textura e composição do solo. Ao solo mais rico em compostos argilosos correspondem permeabilidades baixas, já às permeabilidades altas estão associados compostos calcários cretácicos, aluviões e aterros. Na figura 3.13, encontra-se a carta de permeabilidade do

Concelho de Lisboa.

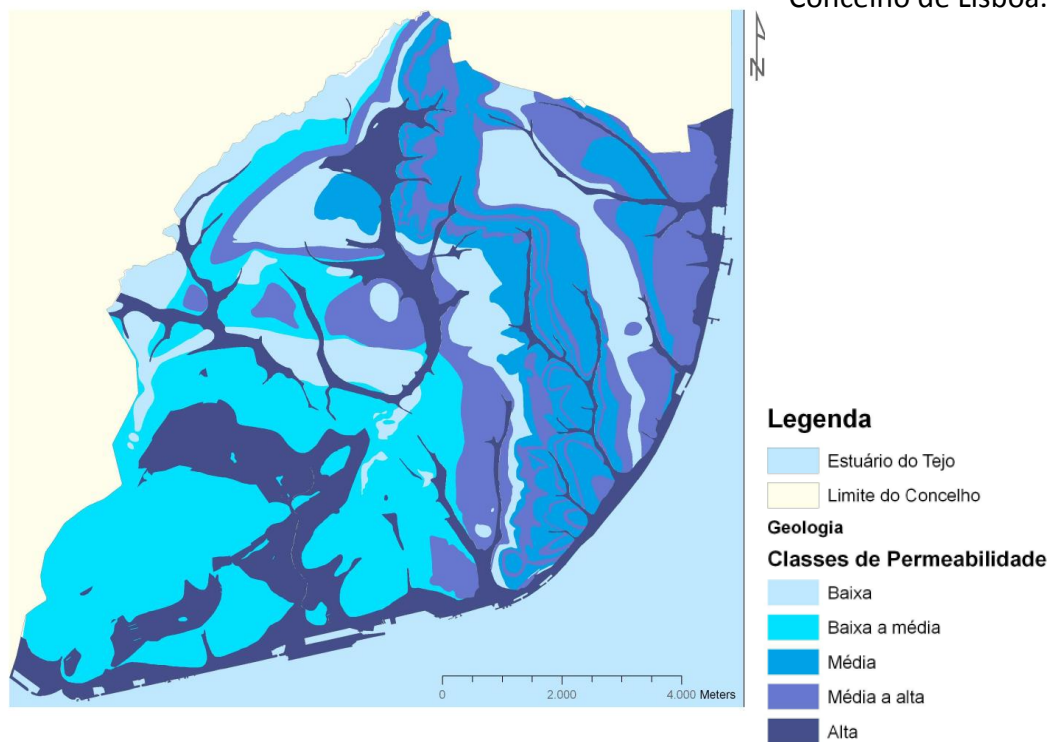


Figura 3.13 Carta de permeabilidade do Concelho de Lisboa, à escala de 1:10000 (Fonte: Caracterização Biofísica, 2010)

Ainda quanto à permeabilidade do solo, segundo a Agência Europeia do Ambiente, em 2006, Lisboa é a quarta cidade mais impermeabilizada da Europa. No ano de 2006,



Lisboa apresentava uma área impermeabilizada de 60,66% em relação à sua área total. Assim, os riscos de catástrofes naturais são elevados, revelando uma má política de ordenamento, sem preocupação com a ocupação de zonas onde há grande risco de cheias (Green Savers, 2011).

Para o presente estudo foi necessário considerar valores de precipitação anuais, sendo escolhido o ano de 2010, dado que, segundo o Instituto de Meteorologia, IP Portugal, o ano de 2010 foi o mais chuvoso da última década, com 1477 mm, superando em 20% o valor normal referente a 1971-2000. Sendo a intensidade média de precipitação mensal de 111, 93 mm, para o mesmo ano. Em suma, foram considerados os valores de precipitação referentes ao ano de 2010 (v. Tabela 3.7), para em seguida serem calculados valores de escoamento associados a telhados verdes e outros telhados.

Tabela 3.7 Precipitação anual e sazonal para o Concelho de Lisboa, ano 2010 (Adaptado de Instituto de Meteorologia, IP Portugal)

Estação	Mês	Precipitação
Inverno	Outubro	205,4
	Novembro	191,0
	Dezembro	293,2
	Janeiro	133,9
	Fevereiro	282,3
	Março	208,8
	Média	219,1
Verão	Abril	0,0
	Maio	1,0
	Junho	1,1
	Julho	31,5
	Agosto	38,5
	Setembro	90,3
	Média	27,07

Para os níveis de precipitação indicados anteriormente, foram calculados valores de escoamento associados a duas tipologias de telhados, tendo como base de cálculo o modelo linear criado para a Europa Ocidental e Central (Mentens *et al*, 2006).



3.4 Aproveitamento económico - Horta no telhado

Aquando da pesquisa de informação referente a edifícios que utilizam coberturas ajardinadas, surgiam em vários jornais *online* notícias que indicavam que um telhado de uma autarquia, localizada na Guarda, era agora utilizado para a agricultura, surgindo uma horta no telhado deste edifício (Alves, A. 2012). O conceito de uma horta no telhado poderá fazer parte de uma solução promissora, futuramente, sensibilizando as pessoas para a possibilidade de terem uma horta em casa, que será uma mais-valia económica, evitando a compra de alguns produtos alimentares.

O espaço, onde atualmente se encontra implementada a horta, era um jardim. No entanto, a sua manutenção foi dificultada pela localização e a exposição solar a que estava sujeito. Dada a falta de condições ideais para a continuidade do jardim, o espaço ficou sem qualquer utilização. Assim, no ano de 2011, surgiu o projeto da implementação da horta, que teve como mentor o Vereador responsável peloouro das zonas verdes, Gonçalo Amaral (Pereira, I. 2012;Tvnet, 2012).

i) Função da implementação de uma horta no telhado

A implementação da horta no telhado do edifício teve os seguintes objetivos:

- Promover a reabilitação de um espaço que estava inutilizado;
- Sensibilizar as pessoas para a possibilidade de terem uma horta em casa, mas num espaço pouco provável;
- Dar um exemplo à sociedade, visto que a autarquia já tinha implementado hortas urbanas e sociais, constituindo assim mais um exemplo de responsabilidade social que cumpre com objetivos.



Figura 3.14 Horta no telhado do Edifício Autárquico da Guarda (Fonte: Tvnet, 2012)

ii) Características do espaço e do tipo de impermeabilização

A horta foi implementada numa área total de 150 m², com a colocação de dois canteiros elevados a 0,65 m. O espaço da horta foi instalado no 2º andar do edifício, em forma de U, encontrando-se virado a Norte e apresentando um elevado ensombramento. Aquando a construção do Edifício dos Passos do Concelho, o projeto teve em consideração a impermeabilização do edifício, que é constituída por laje maciça em betão armado, betonilha de regularização, com inclinação na direção dos tubos de queda, tela de impermeabilização, tela xistosa cruzada, betonilha armada, manta geotêxtil e terra vegetal.

iii) Manutenção do espaço hortícola

Após o cultivo dos produtos hortícolas, houve necessidade de mantê-los, pelo que a rega periódica foi um fator de extrema importância. Para além dos produtos para alimentação, foram ainda plantadas algumas flores, que melhoram o aspeto estético, mas também, principalmente, porque protegem os produtos para consumo humano de algumas pragas a que estão sujeitos. Todo o tipo de vegetação apresenta características



específicas de diferentes etapas de maturação e desenvolvimento, o que faz de cada jardim um jardim diferente, no que diz respeito à textura natural e à volumetria que os diferentes portes de vegetação permitem recriar.

Finalmente, não estando diretamente relacionado com o cultivo da horta, é fator determinante o tipo de impermeabilização. A impermeabilização deve ser feita nas condições ótimas e de acordo com as diretrizes de construção, para que não ocorram efeitos negativos para o edifício. No presente caso, o edifício tem acoplado um bom sistema de impermeabilização, uma vez que até à data e desde da inauguração do edifício, há mais de 19 anos, não foram registadas quaisquer infiltrações.

iv) Resultados obtidos com a criação da horta no telhado

No ano de 2011, esta horta com uma área reduzida, produziu cerca de 150 kg de produtos hortícolas, como tomates, pimentos, alfaces, couves de repolho, *courgettes* e cebolas, que foram utilizados para consumo no refeitório da Câmara Municipal da Guarda. Com o sucesso da horta, que resultou numa excelente alternativa ao inicial jardim e pela elevada qualidade dos produtos produzidos, resolveu-se repetir a experiência. Ainda são considerados fatores económicos, visto que a autarquia colheu praticamente sete toneladas de produtos alimentares da horta localizada no telhado e da Horta da Quinta da Maúncia, o que equivale a uma poupança de cerca de 5.000 €, de acordo com Gonçalo Amaral (Tvnet, 2012).

No ano de 2012, foram plantadas as seguintes hortícolas: acelga, chalotes, alface, repolho, alho-francês, tomate, batata, cebolo e flor de temporada. Em Anexo, encontram-se valores das despesas e receitas detalhadas, previstas pela Autarquia da Guarda para o ano 2012.



CAPÍTULO 4 – Resultados

4.1 Análise dos exemplos de boas práticas: EMEF, PT E ETAR

No que diz respeito à aplicação de coberturas verdes no Distrito de Lisboa, são abordadas diferentes análises para cada um dos edifícios. Na Tabela 4.1, é possível verificar a análise de vantagens e desvantagens dos edifícios em causa.

Tabela 4.1 Vantagens e Desvantagens associadas aos 3 edifícios em estudo

EDIFÍCIO EMEF	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none">- Aumento da eficiência energética do edifício;- Melhoria das condições térmicas da construção;- Diminuição da necessidade irrigação, sendo considerada autossuficiente;- Economia de água entre os 90 a 95%, quando comparado com um jardim normal;	<ul style="list-style-type: none">- Menor diversidade de vegetação;- Ausência de coletores de águas pluviais, que serão escoadas da cobertura, quando esta atingir a sua capacidade máxima;
EDIFÍCIO PICOAS PT	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none">- Grande diversidade de vegetação;- Maior espessura do substrato;- Grande capacidade de retenção de água, o que contribui para um atraso do escoamento superficial e consequente redução de caudal;	<ul style="list-style-type: none">- Grande complexidade ao nível de projeto;- Custos elevados;- A cobertura exerce bastante peso sobre o edifício;- Requer mais manutenção;
EDIFÍCIO ETAR DE ALCÂNTARA	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none">- Aumento da biodiversidade;- Rega é feita com águas afluentes à ETAR, que sofrem os tratamentos adequados;- Melhoria das condições paisagísticas e de saúde ambiental e humana;- Reduz significativamente a libertação de odores;- Redução de consumos energéticos, estimados em 25%;	<ul style="list-style-type: none">- Requer manutenção elevada; (grande extensão e número de espécies)- Não há reaproveitamento de águas pluviais, a não ser na ocorrência direta de chuva (rega);



O NRDC e o Shaw Group⁷ desenvolveram uma ferramenta que permite estimar alguns resultados para uma cobertura verde, tendo em conta o tipo de utilização do edifício e a área de jardim que apresenta. Assim, com a utilização desta ferramenta foi possível estabelecer uma comparação entre os edifícios em estudo, obtendo-se resultados, por exemplo, quanto à água que pode ser armazenada por um telhado verde e o consumo de energia (H2O Capture, 2012).

No presente estudo, estabeleceu-se a comparação entre o Edifício EMEF e o Edifício PT Picoas, visto que são os edifícios que têm uma área ajardinada total mais próxima e apresentam diferente tipologia da cobertura, extensiva e intensiva, respetivamente (v. Tabela 4.2).

Tabela 4.2 Resultados estimados de diferentes parâmetros e edifícios, em qualquer evento de precipitação (Adaptado de H2O Capture, 2012)

EDIFÍCIO	EMEF	PT PICOAS
Tipo de ocupação	Comercial	Comercial
Área ajardinada total (m ²)	400	2200
Consumo de energia (KWh _{eq} /ano)	66,7	333,4
Redução de CO ₂ (kg/ano)	95,5	477,4
Redução média de escoamento (%/ano)	60%	60%
Retenção de água por ano (litros/ano)	210,47	1051,59
SST removidos (kg/ano)	21,18	105,82
Capacidade de retenção (litros)	48,89	244,47

⁷ Uma das principais empresas internacionais na área da arquitetura, engenharia e planeamento.



Depois de obtidos os resultados, através da ferramenta de cálculo referida anteriormente, verifica-se como seria de esperar, que a cobertura que apresenta características mais vantajosas é a implementada no edifício PT Picoas, com maior capacidade de retenção de água, com uma maior capacidade de redução de CO₂ e de remoção de sólidos suspensos. Verifica-se, no entanto, que os consumos de energia associados a esta cobertura são mais elevados que na cobertura do edifício da EMEF. Os resultados estimados são os esperados, visto tratar-se da comparação entre uma cobertura extensiva e intensiva, do que advêm imediatamente diferenças, como a profundidade de substrato, o tipo de vegetação (mais rasteira ou de maior porte) e a diferente capacidade da camada de drenagem.

A implementação de uma cobertura ajardinada permite obter fatores vantajosos ou desvantajosos, tendo em conta a localização e as características dos edifícios, segue-se uma análise qualitativa referente às vantagens mais relevantes oriundas da implementação da cobertura verde (v. Tabela 4.3).

Tabela 4.3 Análise de relevância das vantagens associadas à aplicação da cobertura ajardinada

	Edifício EMEF	Edifício PT PICOAS	Edifício ETAR de Alcântara
Aumento da área verde em contexto urbano	●	●	●
Melhoria da qualidade visual	●	●	●
Manutenção	●	●	●
Isolamento Acústico	●	●	●
Redução de risco de inundação	●	●	●
Redução de efeito de ilha de calor	●	●	●
	Elevada ●	Média ●	Baixa ●



Uma vez efetuada a análise dos parâmetros associados à implementação da cobertura ajardinada que apresentam maior relevância para o edifício e sua localização, verifica-se que a maioria dos parâmetros tem extrema relevância para o Edifício PT Picoas, visto que este está localizado no centro urbano, muito sujeito a pressões ambientais negativas. Deste modo, a cobertura ajardinada vem contribuir significativamente para o enquadramento urbano, para a reabilitação de um espaço que à primeira vista seria apenas mais um edifício e para um aumento da qualidade do ambiente envolvente.

A cobertura verde da ETAR de Alcântara contribui de forma muito significativa para a garantia da manutenção do Vale de Alcântara e do seu *habitat* natural, mitigando a existência de uma massa de betão importante no coração da urbe. Assim, a cobertura ajardinada apresenta um contributo relevante na amenização de todos os problemas acústicos e ambientais. Por exemplo, o isolamento acústico devido à cobertura verde é muito relevante sobretudo tendo em conta os efeitos de poluição sonora provocados pelo tráfego e a proximidade do aeroporto de Lisboa.

Por último, o edifício da EMEF não apresenta necessidades tão relevantes como os anteriores, e por isso, apresenta apenas uma pequena cobertura ajardinada. Claro que inerente à sua colocação estão vantagens, anteriormente enumeradas, o que será sempre um benefício para o ambiente.

4.2 Análise: Modelo de gestão de águas pluviais aplicado a Lisboa

Relativamente ao modelo linear adotado para a Cidade de Bruxelas, recorrendo às equações lineares anteriormente apresentadas (v. Tabela 3.6) e aos dados de precipitação para o Concelho de Lisboa (ano 2010), presentes na Tabela 12, foram calculados valores de *runoff* (mm) para cada uma das estações do ano e para dois tipos de telhado, nomeadamente um telhado verde com 100 mm de substrato e um telhado com 5 cm de cascalho (denominado convencional). Resultados referentes à relação entre precipitação sazonal ocorrida e tipologia de telhado utilizada são possíveis de observar nas Figuras 4.1 e 4.2.

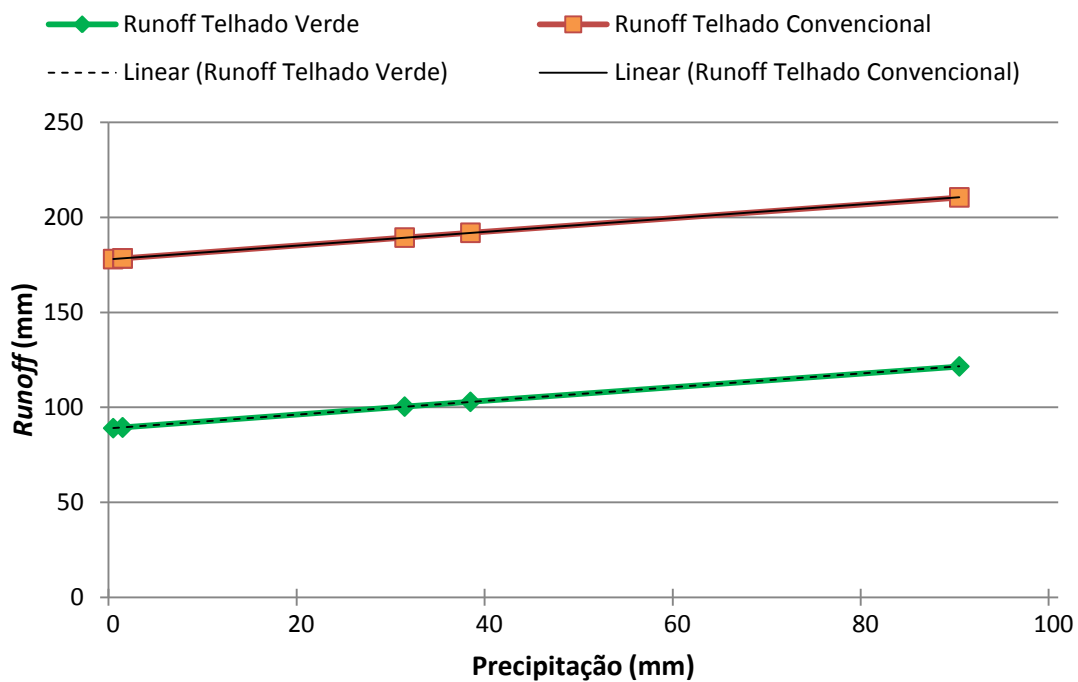


Figura 4.1 Relação entre precipitação e escoamento de telhado verde (100 mm de substrato) e telhado com 5 cm de cascalho, durante o Verão

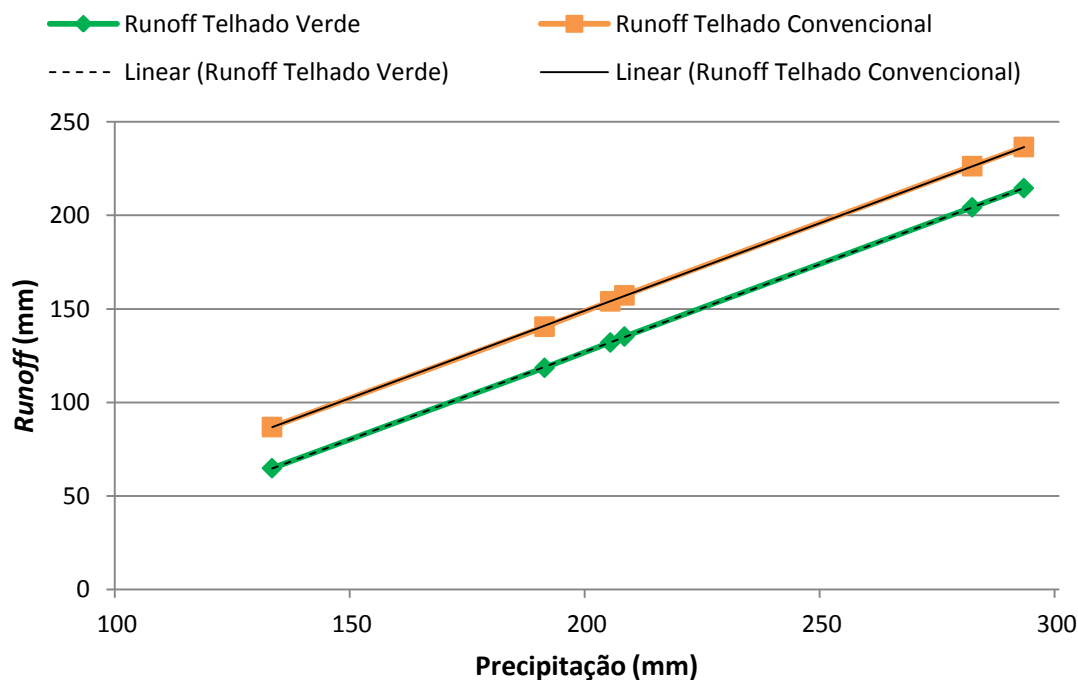


Figura 4.2 Relação entre precipitação e escoamento de telhado verde (100 mm de substrato) e telhado com 5 cm de cascalho, durante o Inverno

Analisando os resultados das Figuras 4.1 e 4.2, verifica-se que o escoamento é muito maior nos períodos de Inverno. O escoamento sazonal no período do Verão apresenta uma percentagem de escoamento muito mais baixa para os telhados verdes do que para os telhados com 5 cm de cascalho, respetivamente, 34% e 66% (Mentens *et al.*, 2006). Nos meses de Inverno, a percentagem de escoamento é também superior nos telhados convencionais, embora a diferença não seja tão notória como nos meses de Verão.

Na época de Verão, os períodos de seca são maiores, sendo a precipitação de fraca intensidade, pelo que os telhados verdes apresentam uma ótima capacidade de retenção de águas, visto a sua camada de drenagem ser suficiente para atenuar os picos de fluxo do caudal escoado. No Inverno, a precipitação é mais longa e também de maior intensidade, o que implica que para os telhados convencionais, que não apresentam qualquer forma de atenuação do escoamento pluvial, o caudal seja demasiado forte e



prejudique os sistemas de drenagem urbana. Em contrapartida, os telhados verdes apresentam uma elevada capacidade de retenção de águas diminuindo drasticamente o escoamento pluvial, devido à infiltração de água no substrato que posteriormente é escoado para as camadas restantes. Quando as coberturas verdes atingem a capacidade de retenção máxima libertam lentamente a água, que segue para as caleiras.



CAPÍTULO 5 – Oportunidades

As coberturas verdes podem ser vistas como uma estratégia que permite amenizar vários problemas causados pelo Homem e que implicam vantagens económicas, ambientais e sociais, conforme foi referido anteriormente. Em Portugal, este é um sistema novo, por estudar, com pouca aplicação e baixa recetividade. É necessário recorrer à sensibilização da população para o uso deste sistema, ao mesmo tempo que é necessário aplicá-lo, de modo a promover as boas práticas.

Assim, a estratégia para que esta tecnologia seja percecionada como uma mais-valia em termos ambientais, estéticos e de conforto para a saúde humana, poderá passar por incentivos governamentais à aplicação deste tipo de coberturas. Não só as infraestruturas estatais poderão adotar o uso de coberturas ajardinadas, servindo como exemplo de eficiência ecológica, mas deverão existir incentivos para que as empresas e os privados passem a adotar este tipo de medidas.

De forma a avaliar a recetividade das autarquias no incentivo da aplicação de coberturas verdes, estudou-se a realidade das zonas industriais, sendo estas, habitualmente, fator de desequilíbrio para o ambiente e o ordenamento do território. Deste modo, partindo de uma perspetiva particular, possível de generalizar a outras autarquias, abordou-se a realidade da Zona Industrial de Vila Nova da Barquinha, recorrendo ao estudo da zona de escritórios de um determinado edifício, tendo sido comparadas duas soluções distintas para a cobertura: a cobertura existente em terraço e uma cobertura ajardinada.

5.1 Delimitação Territorial

A zona industrial de Vila Nova da Barquinha está inserida num Plano de Pormenor que abrange uma área de cerca de 54,3 hectares, e localiza-se na periferia de uma zona urbana, na Estrada Nacional 110, na freguesia da Atalaia (Parte Norte/Poente do Concelho), estando estrategicamente posicionada relativamente a acessos viários, próxima da autoestrada A23 e do IC3 (v. Figura 5.1) (C. M. V. N. Barquinha, 2011).



Figura 5.1 Localização da área do Plano de Pormenor da zona industrial em Vila Nova da Barquinha
(Fonte: C. M. V. N. Barquinha, 2011)

5.2 Aspetos Biofísicos

O relevo do terreno é ligeiramente acidentado, agravando-se com o afastamento da EN 110. Para a execução do Plano de Intervenção, o terreno foi modelado, criando-se duas plataformas, onde foram implantados os lotes industriais, tendo as linhas de água sido desviadas e canalizadas. No que diz respeito à envolvente da zona industrial, a vegetação é predominante, estando rodeada de eucaliptos. A zona de intervenção também estava densamente preenchida por espécies de vegetação, que foram abatidas com o objetivo de intervenção do terreno (C. M. V. N. Barquinha, 2011). O tipo de vegetação presente é detalhado na Tabela 5.1.



Tabela 5.1 Tipo de vegetação presente na zona industrial (Adaptado de C. M. V. N. Barquinha, 2011)

Arbustos	Árvores
- <i>Arbustus unedo</i> (medronheiro);	
- <i>Cistus crispus</i> e <i>cistus ladanifer</i> (esteva);	
- <i>Daphne gnidium</i> (trovisco);	- <i>Acácia dealbata</i> (mimosa);
- <i>Erica sp.</i> (urze);	- <i>Pinuspínea</i> (pinheiro manso);
- <i>Lavandula luisieri</i> (rosmaninho);	- <i>Populus alba</i> (choupo branco);
- <i>Myrtus communis</i> (murta);	- <i>Quercus suber</i> (sobreiro);
- <i>Quercus coccifera</i> (carrasco);	- <i>Eucaliptus sp.</i> (Eucalipto);
- <i>Quercus lusitânica</i> (carvalhiça);	
- <i>Rubus</i> (silva);	
- <i>Ulex</i> (tojo);	
- <i>Thymus sp.</i> (tomilho);	

Na execução dos espaços exteriores do Plano de Pormenor procurou-se manter esta vegetação, visto que eram as espécies que melhor se adaptavam ao local e ao clima. Com a intenção de minimizar o impacto visual de todo o edificado a construir, foram criadas zonas verdes, colocando-se camadas de terra viva, plantação e sementeira com árvores, arbustos e herbáceas.

5.3 Projeto de implementação da cobertura

Os edifícios industriais têm, regra geral, duas zonas distintas, nomeadamente uma zona de realização dos processos industriais, denominada de “nave” e uma zona de serviços. O RCCTE, apenas contempla medidas dedicadas às zonas de serviços, dado que a zona da nave encontra-se normalmente aberta. Escolheu-se um edifício pertencente à zona industrial (v. Figura 5.2) cujas características próprias e atuais, estão devidamente regulamentadas e onde toda a zona de implantação foi intervencionada, tendo provocado alterações do equilíbrio ecológico.



Figura 5.2 Área de implantação da ZI Vila Nova da Barquinha com indicação do edifício em estudo (círculo vermelho) (Adaptado de V. N. Barquinha, 2012)

Na zona industrial, existe atualmente uma grande área urbanizada num espaço que anteriormente apresentava características ricas em biodiversidade. De modo a criar um equilíbrio entre o edificado e a zona envolvente, bem como colmatar a desflorestação causada pelas obras de infraestruturas realizadas, surgiu a hipótese de estudar os benefícios da cobertura ajardinada face à cobertura tradicional existente no edifício.

O edifício (v. Figura 5.3) localizado na zona industrial tem uma área de 335,06 m², neste encontram-se duas zonas distintas, como foi referido anteriormente. A zona de serviços tem 2 pisos e a nave industrial apresenta um piso com um pé-direito médio (ponderado) de 3,05 m. No que diz respeito aos elementos de construção, as paredes são

duplas em alvenaria de tijolo com isolamento e as coberturas são de 2 tipos, uma em terraço, e outra cobertura do tipo inclinada em painel *sandwich*, na nave industrial (V. N. Barquinha, 2012).

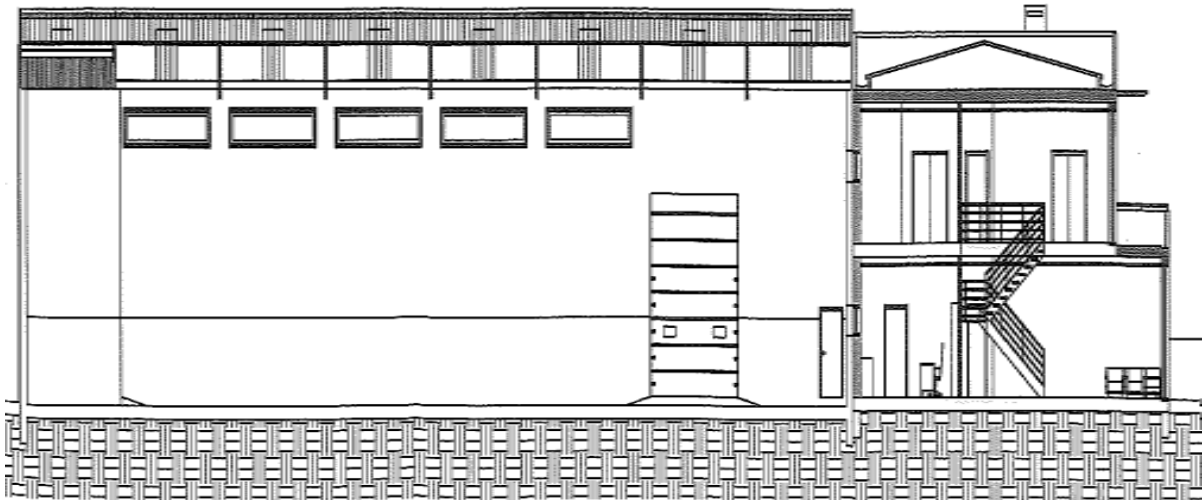


Figura 5.3 Corte do Edifício em estudo, nave e zona de serviços (da esquerda para a direita) (Fonte: V. N. Barquinha, 2012)

A cobertura existente (v. Figura 5.4) é constituída por uma laje maciça de betão, encontrando-se sobre a mesma várias camadas, nomeadamente, a tela de impermeabilização, o isolamento térmico XPS com 6 cm de espessura e o ladrilho cerâmico com 1,5 cm de espessura. No interior, sob a laje, existe um teto falso em gesso cartonado, do tipo PLADUR (V. N. Barquinha, 2012).

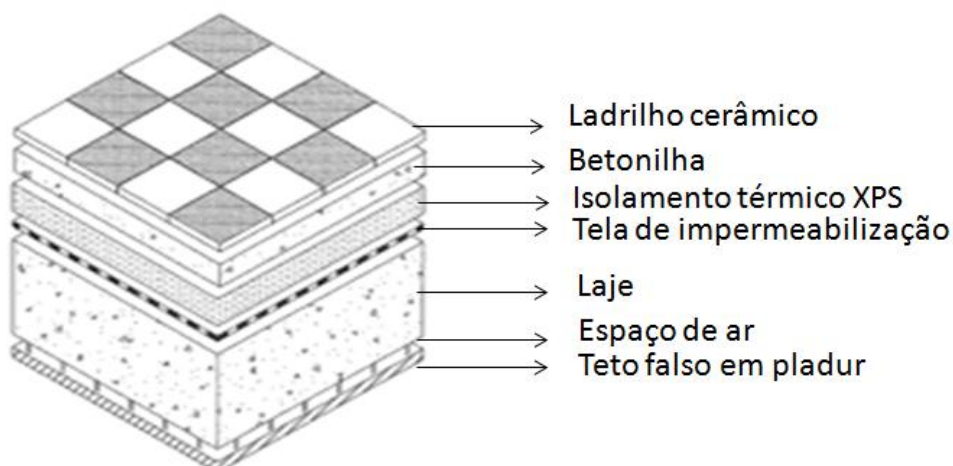


Figura 5.4 Pormenor da cobertura existente no edifício em estudo (Fonte: V. N. Barquinha, 2012)

A tipologia da cobertura ajardinada escolhida foi a extensiva, tendo em conta que se pretendia que a manutenção fosse mínima. Para a implementação da cobertura foi necessário escolher os elementos das diferentes camadas. Assim, pretende-se nomeadamente que a camada de suporte do edifício apresente condições de estabilidade para sustentar as camadas colocadas imediatamente acima. Deverão ainda colocar-se os elementos habituais, como a membrana de impermeabilização, a manta geotêxtil, a camada de drenagem, a camada de proteção anti raiz, a membrana de isolamento térmico (*Floratherm*⁸), o substrato e a vegetação. Na Figura 5.5, pode observar-se um corte da cobertura ajardinada de tipologia extensiva a aplicar na cobertura do edifício em causa.

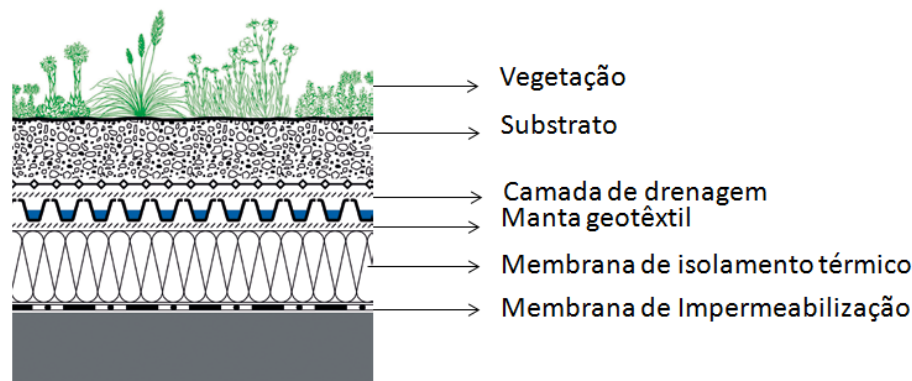


Figura 5.5 Cobertura extensiva a aplicar (Fonte: Zinco cubiertas, 2012)

A cobertura anteriormente apresentada tem uma espessura que pode variar entre os 17 e os 22 cm, tendo uma altura de substrato de 10 cm, um peso saturado de água de 150 kg m^{-2} e uma capacidade de retenção de água de 45 l m^{-2} (Zinco cubiertas, 2012). Os diferentes elementos escolhidos para a cobertura ajardinada são apresentados na Tabela 20.

O tipo de vegetação foi escolhido de acordo com o clima e a zona de intervenção, de modo a que a adaptação seja mais rápida e fácil. Foram também escolhidas algumas das plantas que foram abatidas aquando da construção dos edifícios. Assim, o tipo de vegetação colocada na cobertura foi: *Thymus sp.* (tomilho), *Sedum álbum* (arroz dos

⁸ Poliestireno reciclado que pode ter diferentes espessuras



telhados), *Cistus ladanifer* (esteva), *Daphne gnidium* (trovisco), *Salvia verbenaca* L. (Salva-dos-caminhos) e *Spartium junceum* L. (Giesta). Na Tabela 5.2, são enumerados os vários constituintes da cobertura ajardinada.

Tabela 5.2 Elementos constituintes da cobertura (Adaptado de Zinco cubiertas, 2012)

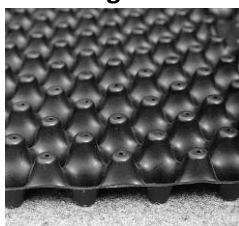
Manta geotêxtil SSM 45



Material: Tapete de fibra de alta qualidade em polipropileno (feito de fibras recicladas e com lã)

- Resistência mecânica
- Armazenamento de água e de nutrientes

Elemento de drenagem - Floradrain 40-E



Material: Polietileno de alta densidade

Cor: preto Altura: 40 mm

Peso: 2,2 kg m⁻²

Diâmetro das aberturas de difusão: 2 mm

Capacidade de retenção de água: 4 l m⁻²

Isolamento Floratherm WD



Tipo WD 65-H: 65 mm

Tipo WD 120-H: 120 mm

Tipo WD 180-H: 180 mm

Impermeabilização anti raiz – WSF 40



Filtro SF





5.4 Isolamento térmico

O Regulamento Municipal da Urbanização e da Edificação (RMUE) dá extrema relevância ao comportamento térmico dos edifícios e a temáticas ambientais, de modo a incentivar a construção sustentável. O conforto interno de qualquer edifício depende em parte do isolamento, definido através dos coeficientes de transmissão térmica, que, segundo o RCCTE, são definidos como a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária de um elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes separados pelo mesmo elemento. Na Tabela 5.3, são indicados os valores de coeficiente de transmissão térmica associados a cada tipo de isolamento da cobertura, tendo em conta que em todos os tipos de isolamento apresentam uma espessura de 6mm.

Tabela 5.3 Coeficiente de transmissão térmica das diferentes tipologias de coberturas (V. N. Barquinha, 2012; Zinco Cubiertas, 2012)

Tipo de isolamento da cobertura	U (W m ⁻² K ⁻¹)
(i) Poliestireno expandido extrudido (instalado)	0,466
(ii) Sem ajardinamento	0,570
(iv) Floratherm WD-65-H	0,360
(v) Floratherm WD-120-H	0,240

Enumerados, na Tabela 5.3, os coeficientes de transmissão térmica e, tendo em conta, não só as características do isolamento, mas também a área total do terraço (sob a zona de escritórios), procedeu-se ao cálculo das perdas associadas aos diferentes tipos de isolamento. Com os valores apresentados na Tabela 5.4, é possível efetuar a comparação entre os mesmos, de modo a verificar qual o tipo de isolamento com maior eficiência térmica.



Tabela 5.4 Perdas associadas a cada tipo de isolamento da cobertura (V. N. Barquinha, 2012; Zinco Cubiertas, 2012)

Tipo de isolamento da cobertura	U (W m ⁻² K ⁻¹)	Área (m ²)	Perdas associadas à cobertura
			UA (W K ⁻¹)
(ii)	0,466	59,43	27,69
(ii)	0,57	59,43	33,88
(iv)	0,36	59,43	21,40
(v)	0,24	59,43	14,26

Os vários tipos de isolamento referidos anteriormente contribuem para a otimização do desempenho energético dos edifícios, bem como para a manutenção de temperaturas no interior, não permitindo a ocorrência de fluxos de calor entre o interior e o exterior. Sendo indicados os coeficientes de transmissão térmica associados a cada tipo de isolamento, verifica-se que o coeficiente de transmissão térmica é mais elevado no caso da cobertura sem ajardinamento, seguindo-se o tipo de isolamento instalado na cobertura do edifício com 0,47 W m⁻² K⁻¹. No caso das coberturas que apresentem instalado um sistema ajardinado com o elemento de isolamento *Floratherm*, o coeficiente de transmissão térmica diminui bastante em comparação com os referidos anteriormente, sendo tanto mais baixo quanto maior a espessura desta camada.

Esta camada inserida na cobertura ajardinada apresenta uma capacidade ótima de isolamento, sendo as perdas de calor associadas a um edifício com este tipo de cobertura bastante baixas. Neste caso, a diferença entre a cobertura existente no edifício e a cobertura com um sistema de isolamento de maior espessura é de quase o dobro das perdas de calor, sendo de 14,26 W K⁻¹ para a cobertura ajardinada e de 27,69 W K⁻¹ para a cobertura instalada. Em suma, conclui-se, que com a implantação de uma cobertura ajardinada apresenta implicações positivas para o edifício, como o contributo para o arrefecimento do edifício e a melhoria da eficiência energética do mesmo.



5.5 Proposta à autarquia

A proposta de colocação de coberturas verdes tem em conta vários objetivos, como o melhor isolamento térmico, o enquadramento paisagístico e ambiental, o que gera melhores condições de trabalho para os utilizadores do edifício. Depois de assumida a tipologia ideal e as componentes da cobertura, houve necessidade de avaliar a recetividade da autarquia. Assim, foi realizado o projeto de implantação⁹ da cobertura ajardinada na zona de escritórios do edifício, tendo em conta as características do edifício e a tipologia a aplicar, bem como o tipo de vegetação ideal. Verificou-se ainda a possibilidade da autarquia apoiar a aplicação deste projeto por parte da empresa alojada no edifício, tendo as respostas sido favoráveis. Este assunto foi abordado junto da autarquia onde se localiza o edifício em questão, que se mostrou recetiva a este tipo de redução. A hipótese de redução do IMI e Derrama também foi colocada ao município, tendo este concordado em pôr em prática tais medidas. Com este tipo de incentivos, poderá despertar-se a consciencialização das empresas para soluções ecologicamente mais eficientes. No entanto, é importante ter em consideração, tal como referido anteriormente, que este tipo de soluções é bastante exigente em termos de investimento inicial, pelo que a adoção deve ser incentivada sem ser obrigatória.

Verificado o interesse da autarquia em incentivar a implementação destas coberturas por parte das empresas, seria importante, num estudo futuro, verificar qual será o interesse das empresas nestes novos conceitos de construção sustentável, o conhecimento na temática em causa e ainda a recetividade e ambição das mesmas na implementação das coberturas ajardinadas. No futuro, poder-se-á ainda realizar um estudo da aplicação coberturas ajardinadas na área denominada nave, para se verificar se estas trarão algum benefício energético, ambiental ou de conforto humano, numa zona onde se verificam maiores problemas.

⁹ Ver em anexo projeto de implantação da cobertura ajardinada.



CAPÍTULO 5 – Conclusões

As zonas urbanas e o seu crescimento descontrolado são um grave problema para o planeta, visto que cada vez mais se verificam zonas compactas e preenchidas de edificado e zonas verdes quase inexistentes. Surgem assim alternativas, como as coberturas ajardinadas, que tentam colmatar estas falhas, fazendo com que haja um aumento dos espaços verdes e uma maior eficiência dos edifícios.

Ao longo do trabalho foram referenciados os vários benefícios associados à aplicação destes jardins, incluindo benefícios ambientais, económicos e outros, o que vem de algum modo garantir aos interessados na colocação dos mesmos, que, apesar do elevado custo inicial, a compensação posterior é significativa. No entanto, como se trata de um sistema artificial, é necessário ter algum cuidado com uma adequada manutenção e gestão do mesmo, para que não surjam problemas prejudiciais ao bom funcionamento da cobertura. Por exemplo, a reabilitação de espaços que, ao nível do solo, sofreram desflorestação e o ótimo isolamento térmico que representam mais-valias das coberturas verdes. As desvantagens são sobretudo de cariz técnico, uma vez que, por falta de conhecimento técnico, por vezes surgem problemas que levam ao mau funcionamento das mesmas, ou económicas, uma vez que requerem um elevado investimento inicial na ausência de incentivos estatais.

Às várias tipologias de coberturas relacionam-se funções semelhantes, mas diferentes necessidades de manutenção, como se verifica nos exemplos de aplicação apresentados no presente trabalho, nomeadamente a cobertura do tipo extensiva do edifício da EMEF (baixa manutenção) e a cobertura ajardinada intensiva do edifício PT Picoas (elevada manutenção).

Em conclusão, verifica-se que a adoção da cobertura verde nos edifícios estudados foi, em todos os casos, uma solução escolhida com o fim de se atingir uma maior sustentabilidade. Em todo o caso, quando comparados, distingue-se o edifício da PT em Picoas, como o edifício que apresenta mais vantagens a todos os níveis com esta aplicação. Assim, o edifício PT Picoas revela ser o que tira maior proveito da colocação da cobertura, visto que com este projeto consegue-se reabilitar um espaço que era



inutilizado, manter e até aumentar a biodiversidade, neste caso em altura, visto que ao nível do solo esta foi destruída.

No caso do edifício da ETAR de Alcântara, os objetivos pretendidos foram alcançados, com uma grande melhoria do ambiente envolvente e do próprio funcionamento da ETAR, promovendo uma menor libertação de odores e melhorando o enquadramento paisagístico e o aumento de biodiversidade. No entanto, como desvantagem, considera-se o não aproveitamento de águas pluviais, a não ser na ocorrência direta de chuvas.

A colocação de uma cobertura verde no edifício da EMEF promove uma maior eficiência energética, mas como desvantagem apresenta a ausência de coletores de água, sendo desperdiçada, quando a cobertura atinge a capacidade máxima de retenção.

Em Lisboa, a elevada percentagem de impermeabilização do solo pode ser colmatada com a colocação de coberturas ajardinadas, que permitirão minorar inundações, provocadas pela má gestão de drenagem urbana, bem como pelo aumento de edificado.

A horta instalada na cobertura é uma abordagem económica interessante, uma vez que representa um benefício social, na integração de hortas sociais noutras autarquias e em espaços que não têm qualquer utilização, bem como uma possibilidade da população ver esta ação como um bom exemplo e a colocar em prática, promovendo menores gastos.

Com a realização do presente trabalho e de acordo com a revisão bibliográfica realizada, a perceção é de que os estudos sobre coberturas ajardinadas em Portugal apresentam uma grande lacuna, o que leva à falta de receptividade a esta nova tecnologia. São várias as razões que levam à pouca aderência a este produto, tais como a falta de conhecimentos e de consciência ecológica, a falta de incentivos para implementar e a incerteza ou falta de confiança nas execuções técnicas.

A adoção de coberturas verdes em Portugal, dadas a imaturidade e inconsciência do mercado, estão sujeitos a vários riscos, existindo, no entanto, a possibilidade de serem criadas oportunidades para o desenvolvimento desta tecnologia, de modo a impulsionar esta nova forma de construção. As condicionantes da aplicação deste sistema são várias,



começando pela inexistência de normas e de boas práticas de projeto e instalação, bem como a falta de conhecimento dos técnicos e instaladores. Assim, apesar de existirem muitas empresas no mercado ativo, não possuem o conhecimento técnico e especializado, bem como certificação, o que revela também ausência de fiscalização.

Em suma, é necessário aumentar o conhecimento técnico das empresas fornecedoras de coberturas ajardinadas, para que surjam novos utilizadores, bem como mais concorrentes no mercado das coberturas verdes, tornando este sistema cada vez mais utilizado, pela garantia, qualidade e durabilidade associadas.

As oportunidades nesta área dar-se-ão com o desenvolvimento de medidas já verificadas noutras cidades da Europa, como a criação de regulamento municipais que promovam o incentivo à instalação das mesmas, visto que, até à data, não existe legislação aplicável, a nível nacional. Finalmente, é necessário, por parte das entidades governamentais, realizar ações de sensibilização da população para esta temática e, como já é regra noutras cidades europeias, criar incentivos de utilização das coberturas verdes, para os grandes centros urbanos.



BIBLIOGRAFIA

- Akbari, H. & Konopacki, S. (2004).** Energy effects of heat-island reduction strategies in Toronto, Canada. *Energy* 29, 191-210.
- Alves, A. (2012).** Câmara da Guarda tem horta no jardim do telhado dos Paços do Concelho. *Diário das Beiras*. [Consul. Em 12Abril 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.asbeiras.pt/2012/04/camara-da-guarda-tem-horta-no-jardim-do-telhado-dos-pacos-do-concelho/>>.
- Ambiente online (2012).** ETAR a céu aberto. [Consul. 30Março 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=7489>>.
- Batista, M. & Álvaro, P. (2012).** Contacto particular em Maio de 2012. *SIMTEJO*, Lisboa – Portugal.
- Berndtsson, Justyna Czemieli (2009).** Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering* 36, 351-360.
- Breuning, J. & Yanders, A. (2008).** Introduction to the FLL Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing. *Green Roofing Guideline*. Maryland.
- C. M. V. N. Barquinha (2011).** Câmara Municipal de Vila Nova da Barquinha (2011). *Relatório de Fundamentação Técnica*. Plano de Pormenor da Zona Industrial de Vila Nova da Barquinha. Vila Nova da Barquinha – Portugal.
- Camelo, S., Santos, d. C. P., Ramalho, A., Horta, C., Gonçalves, H. & Maldonado, E. (2006).** *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios*. Manual de apoio à aplicação do RCCTE. Lisboa: INETI, 2006. ISBN 972.
- Caracterização Biofísica (2010).** Relatório síntese da Caracterização Biofísica de Lisboa, no âmbito da Revisão do Plano Diretor Municipal de Lisboa, Lisboa.
- Castleton, H.F., Stovin, V., Beck, S. B. M. & Davison J. B. (2010).** Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit, *Energy and Buildings Review*, 42, 1582-1591.
- Cathy (2009).** *Green Eco Services*. [Consul. 9Mar. 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.greenecoservices.com/history-of-green-roofs/>>.
- Cit. por Broili, (2002).** Coberturas ajardinadas – Vantagens económicas. Neoturf. [Consul. 18Março 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.neoturf.pt/pt/coberturas-ajardinadas>>



Coberturas verdes (2012). Coberturas verdes [Consul. 10Mar. 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://coberturasverdes.com/>>.

Construlink (2012). Ficha Técnica – Espaços Verdes. [Consul. 12Março 2012]. Disponível em
WWW:URL:<http://www.construlink.com/Homepage/2003_GuiaoTecnico/Ficheiros/ft_66_preceram_2012_03_21_.pdf>

Darby (2010). Darby blog. [Consul. 21Jan. 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://darbylrclarine.blogspot.com/2010/06/jardins-suspensos-da-babilonia.html>>.

Dhalla S. & Zimmer C. (2010). Low impact development stormwater management planning and design guide. Version 1.0. *Toronto and Region Conservation Authority and Credit Valley Conservation Authority, Ontario.*

EEA (2012). European Environment Agency [Consul. 16Mar. 2012] Disponível em WWW:<URL: http://www.eea.europa.eu/soer/countries/pt/soertopic_view?topic=land>.

Fioretti, R., Palla, A., Lanza, L.G. & Principi, P. (2010). Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment*, 45, 1890-1904.

Fishburn, Douglas C. (2004). Practical considerations on design and installations of green roofs. *The waterproofing challenge.*

FLL (2002). *FLL - Guidelines for the planning, execution and upkeep of green-roof sites. Release 2002: Bonn, 2002.* ISBN 3-934484-81-6.

Fradique, N. (2012). Contacto particular em Março de 2012. Empresa de Manutenção de Equipamento Ferroviário, Almada – Portugal.

Getter, Kristin L. & Rowe, D. B. (2008). *Selecting Plants for Extensive Green Roofs in the United States.* Michigan State University, United States.

Google Maps (2012). Localização do edifício da PT em Picoas. [Consul. 18Abril 2012]. Disponível em WWW:URL:<<https://maps.google.com/maps?hl=pt-PT>>

Green Garage (2012). Green Garage [Consul. 18Maio 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.greengarage.ca/greenroofs/plants.php>>.

Green Roofs (2012). Greenroofs [Consul. 16Mar. 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.greenroofs.com/>>.



Green Savers (2011). Green Savers [Consul. 18Mar. 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.greensavers.pt/2011/01/24/lisboa-e-uma-das-capitais-da-europa-com-o-solo-mais-impermeabilizado/>>.

H2O Capture (2012). H2O Capture [Consul. 10Maio 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.h2ocapture.com>>.

Heneine, Maria Cristina Almeida de Souza (2008). *Cobertura Verde*. Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte: s.n., 2008.

Hugo Martins, Manuel Lopes, Susana Rego e Telma Ribeiro (2011). *Trabalho Rede de Águas Pluviais*. [Consul. 10Maio 2012]. Disponível em WWW:<URL:http://issuu.com/trabalhotecnologiasiii/docs/caderno_tecnologias_iii_-_guas_pluviais>.

Husken K. (2010). Greening the Concrete Jungle. Green Rooftops (GRTs): a mechanism that makes our cities more sustainable? *Maastricht Graduate School of Governance*.

Instituto de Meteorologia, IP Portugal (2012). Boletim Climatológico Anual – Ano 2010. [Consul. 28 Abril]. Disponível em WWW:URL:<https://www.meteo.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20110204/PdTzSQuJAvrrwvtcdtee/cli_20100101_20101231_pcl_aa_co_pt.pdf>.

IST (2012). *Desempenho do granulado de autoproteção de membranas betuminosas*. Dissertação – Instituto Superior Técnico. [Consul. 10Maio 2012]. Disponível em WWW:URL:<<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/379839/1/Dissertacao&Anexos.pdf>>

Landscape for life (2012). Landscape for life [Consul. 15Mar. 2012]. Disponível em WWW:<URL:<http://landscapeforlife.org/water/3b.php>>.

Lawlor G., Currie B., Doshi H. & Wieditz I. (2006). “A Resource Manual for Municipal Policy Makers Canada” s.n., Canada, 2006. ISBN 0-662-44084-6.

Marcas das Ciências (2012). Marcas das ciências [Consul. 20Abril 2012] Disponível em WWW:URL:<<http://marcasciencias.fc.ul.pt/pagina/fichas/objectos/dominio?id=900>>

Mentens J., Raes D. & Hermy M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning* 77, 217-226.



- Nagase, A. & Dunnett, N. (2010).** Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: Effects of watering and diversity. *Landscape and Urban Planning*, 97, 318-327.
- Neoturf (2012).** Neoturf [Consul. 12Abril 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.neoturf.pt/main.php?id=66>>.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Kohler, M., Liu, K. K. Y. & Rowe, B. (2007).** Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *BioScience* 57, 10, 823-833.
- Ollya, M. L., Bates, J. A., Sadler, P. J. & Mackay, R. (2011).** An initial experimental assessment of the influence of substrate depth on floral assemblage for extensive green roofs. *Urban Forestry and Urban Greening*, 10, 311-316.
- Paz, O. (2012).** Contacto particular em Abril de 2012. Portugal Telecom, Comunicações, Picoas, Lisboa – Portugal.
- Peck, Steven & Kuhn, Monica (2012).** Design guidelines for green roofs [Consul. 18Março 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.cmhc.ca/en/inpr/bude/himu/coedar/loader.cfm?url=/commons/pot/security/getfile.cfm&PageID=70146>>
- Peck, Steven W. & Callaghan, Chris. (1999).** *Greenbacks from green roofs: Forcing a new industry in Canada*. Canada : s.n., 1999.
- Pereira, A., Contreras, E., P., Palha, P. (2012, 17/05/2012).** *Jornada Internacional - Coberturas Ajardinadas*. FCUP (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto) - Porto, Portugal.
- Pereira, I. (2012).** Contacto particular em Maio de 2012. *Câmara Municipal da Guarda*, Guarda - Portugal.
- Retzlaff B., Ebbs S., Morgan S. and Celik S. (2011).** Digging into Green. *Southern Illinois University Edwardsville performs extensive green roof system research*. Outubro 2011.
- Simmons, M. T., Gardiner, B., Windhager, S. & Tinsley, J. (2008).** Green roofs are not created equal: the hydrologic and thermal performance of six different extensive green roofs and reflective and non-reflective roofs in a sub-tropical climate. *Urban Ecosystem*. DOI 10.1007/s11252-008-0069-4.



Silva, Neusiane da Costa (2011). *Telhado verde: Sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental.* Monografia Escola de Engenharia UFMG.

Sunergetic (2009). EMEF coloca jardim de cobertura com a sunergetic. *Arquivo Sunergetic*. [Consul. 23Março 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://comunidade.sol.pt/blogs/sunergetic/archive/2009/05/19/EMEF-coloca-Jardim-de-Cobertura-com-a-Sunergetic.aspx>>.

Teemusk, A. & Mander, U. (2009). Greenroof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: A case study from Estonia. *Building and Environment*, 44, 643-640.

Tirone, L. & Nunes, K. (2008). *Construção Sustentável – Soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã.* 2ª Edição. Sintra: 2008. ISBN 978-989-20-1191-2

Tolderlund, L. (2008). Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West. *LEED AO, GRP, University of Colorado Denver.*

Tvnet (2012). Tvnet [Consul. 10Maio 2012]. Disponível em WWW:URL:<http://tvnet.sapo.pt/noticias/Eco_Planeta/C%C3%A2mara-da-Guarda-planta-horta-no-teto-do-edif%C3%ADcio-71297>.

Ultimas (2012). Ultimas [Consul. 10Abril 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.ultimasreportagens.com/ultimas.php>>.

UTAD (2012). UTAD [Consul. 10Mar. 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://aguiar.hvr.utad.pt/index.htm>>.

Varela, Ana Filipa Silveiro. (2011). *A utilização de revestimentos de vegetação intensivos e extensivos em projeto de arquitetura paisagista em cobertura.* Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura paisagista – Instituto Superior de Agronomia, UTL, Lisboa, 2011.

V. N. Barquinha (2012). Contato particular em Maio de 2012. Câmara Municipal de Vila Nova da Barquinha, Vila Nova da Barquinha – Portugal.

Wang J., Endreny T. A. & Nowak D. J. (2008). Mechanistic simulation of tree effects in an urban water balance model. *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 44, no.1.



World U. P. (2010). World Urbanization Prospects. *The 2009 Revision*, United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division.

Zinco Cubiertas, (2012). Zinco Cubiertas [Consul. 12Março 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es>>.

Consulta de:

ANQIP (2009). ETA 0701 - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios. *Especificação técnica ANQIP*. Aveiro: ANQIP.

RCCTE (2006). Decreto Lei nº 80/2006 de 4 de Abril. *Diário da República nº 176/98 - I Série A*. Ministério do Ambiente: Lisboa.



ANEXO A



Ficha técnica do produto – cobertura da EMEF

Nome do Produto Rofa®	Placa de plantação
Aplicações	Coberturas de Edifícios Verdes Intensivas / Extensivas; Prevenção da Erosão do Solo; Restauração de superfícies degradadas;
Ecologia Rofa®	Fabricado usando ingredientes naturais, orgânicos e sustentáveis
Rofa®	Cria uma forte camada de húmus com uma alta capacidade de retenção de água
Rofa® Quickfix Kokosmat	O substrato inclui 350-450 g/m ² fibras de côco + aproximadamente 150 g/m ² de substrato. O tapete contém nos dois lados uma mistura de polipropileno
Características Especiais	Receita Patentada e Ecológica usando ingredientes naturais, orgânicos e sustentáveis; Aumenta a proteção e a performance térmica da cobertura dos edifícios; Sem estrutura de apoio requerida (peso / m ² aproximadamente 8 kg em seco); Reduzido consumo de água; Reduzida salinização da terra pelo baixo consumo de água; Reduzida evaporação de água, acentuada com o crescimento de raízes no tapete;
Ingredientes	Produtos à base de cereal/ mineral, fibras naturais
Performance de armazenamento de água Rofa®	Tapete de plantação - até 15 litros/m ²
Peso Específico Rofa®	Cerca de 110 kg /m ³ ou 1,7 kg /m ² (16 mm de espessura de material)
Tamanho do Material Rofa®	max.: L= 3.500 x W= 2.100 mm x H= 14-20 mm
Consumo de Água	Cerca de 15 litros/hora e por m ² , 3-5 min/dia



Anexo B



Despesa e Receita detalhada para a horta da Autarquia da Guarda. (Fonte: Pereira, I., 2012)

Hortícolas	Quantidade (unidades)	Despesa				Receita (€)
		Aquisição de sementes e tubérculos (€)	Mão-de-obra (€)	Água (€)	Corretivos (€)	
Acelga	46	3,80				30
Alface	307	25,50				375
Alho- francês	70	4,40				30
Batata	150 (7,5kg)	5,61	231	50	17,50	45
Cebola	225	14				33,60
Chalotes	40	0*				8
Repolho	40	3,32				100
Tomate	11	2,75				33
Despesa total			354,88			
Receita total						654,60
Receita liquida			299,72			

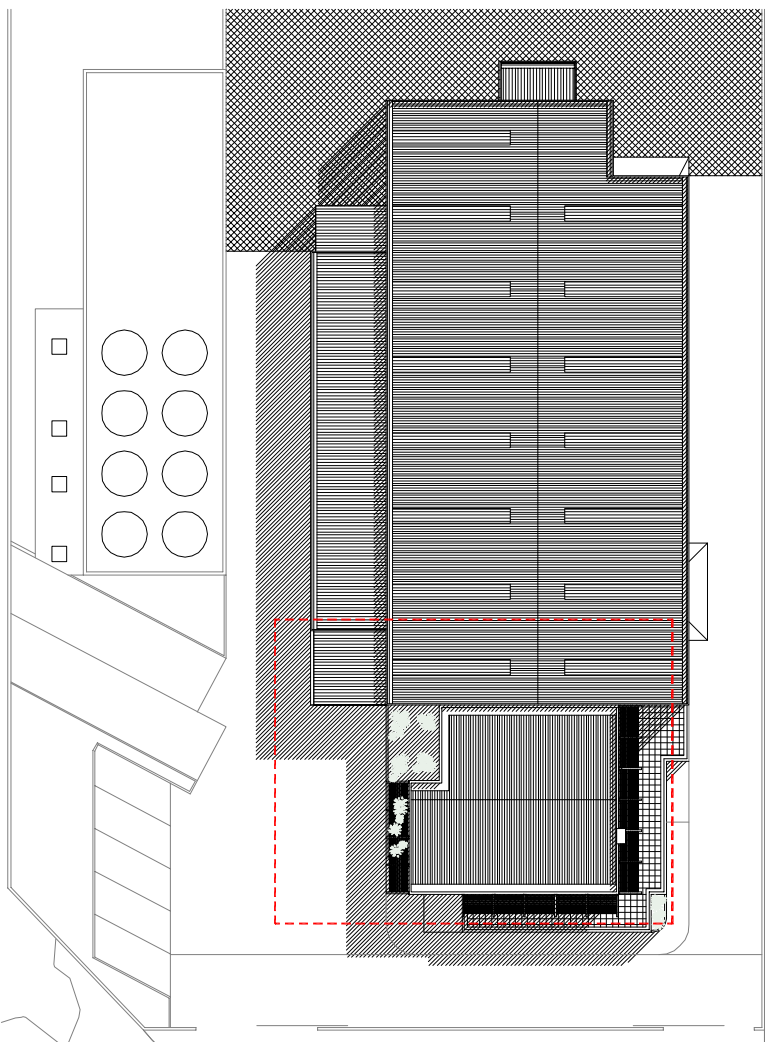
(*Semente da cultura do ano transato.)



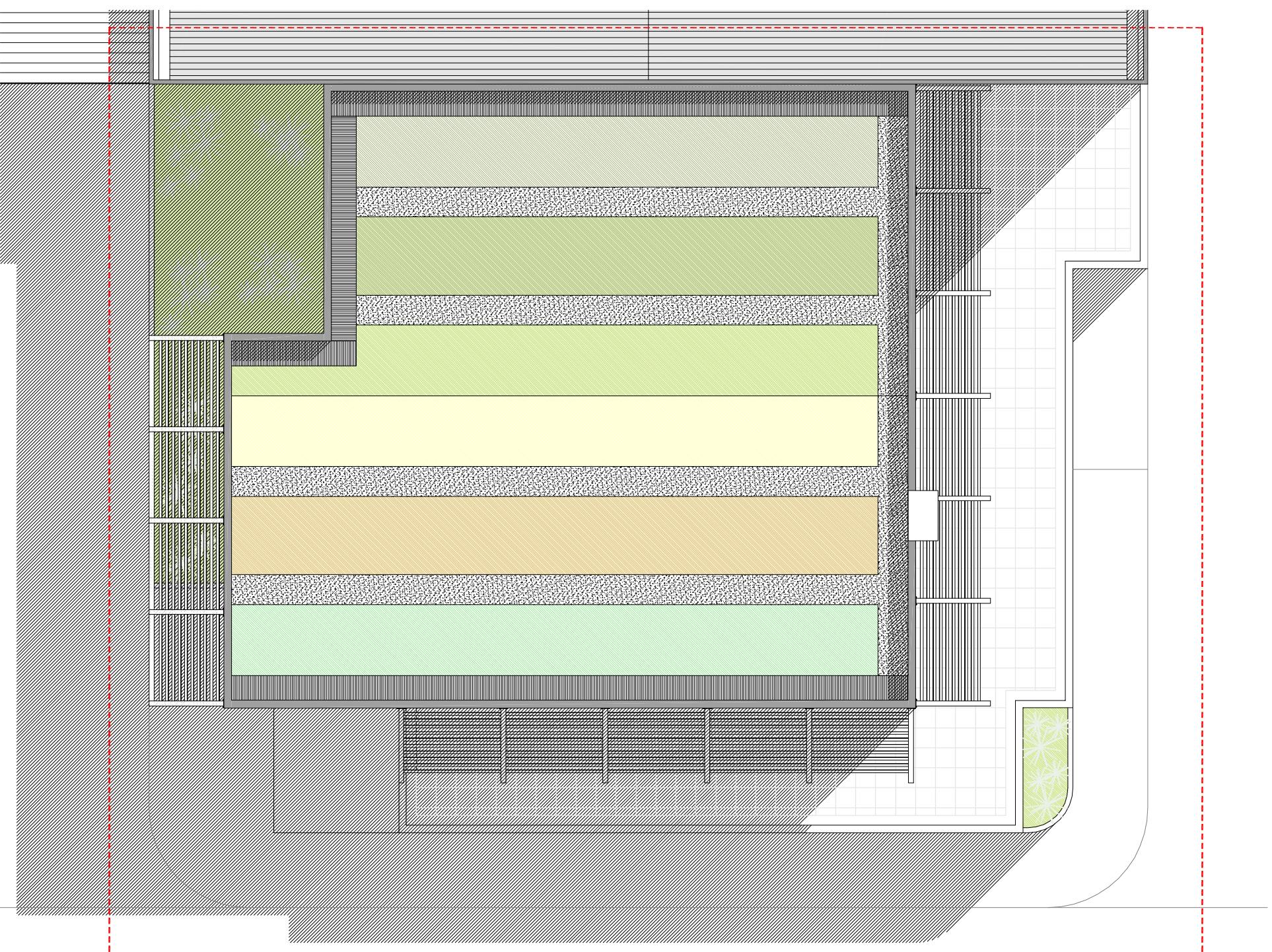
Anexo C



Planta Localização do Parque Empresarial - S. Estêvão











Zona de Intervenção - Edifício Administrativo, Escala 1:500



Planta de Cobertura Proposta, Escala 1:100

Legenda:



-  Thyrsus sp. (Tombó)
-  Scleria glabra (Arroz de lençóis)
-  Chama latifolia (Elaeó)
-  Dactylis glomerata (Trinco)
-  Sida verbenacea L. (Sarracodactílios)
-  Spartium junceum L. (Galea)
-  Pavimento para manutenção
-  Caldeira periferica para drenagem de águas pluviais

PROJETO
Pavilhão Industrial e Administrativo
de Produtos Químicos

LOCAL
Parque Empresarial de Vila Nova de Gaia - Lote 22

DESIGNAÇÃO
Proposta para Cobertura Verde - Edifício Administrativo

Pavão Oliveira

ESCALA
Proposta: P28
1:500 e 1:100

DATA
Junho 2012