



Vanessa Resende Estado de Arte em " Coberturas Verdes"
de Almeida



**Vanessa Resende de
Almeida**

Estado de Arte em " Coberturas Verdes"

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor António José Barbosa Samagaio, Professora Associado com Agregação do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

O júri

Presidente

Professora Doutora Maria Helena Gomes de Almeida Gonçalves Nadais
Professora Auxiliar, Departamento de Ambiente e Ordenamento do Território, Universidade de Aveiro

vogal

Professora Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa
Professora Associada, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro

vogal

Professor Doutor António José Barbosa Samagaio
Professor Associado com Agregação, Departamento de Ambiente e Ordenamento do Território, Universidade de Aveiro (Orientador)

agradecimentos

Obrigada Mãe! Por toda a paciência ao longo destes anos, pelo o apoio em todas as minhas escolhas e, essencialmente, pelo teu amor incondicional. Obrigado, por me teres ensinado a nunca desistir nas adversidades da vida e a encarar as dificuldades com um sorriso.

Agradeço, do fundo do coração, a todos os meus amigos, especialmente, por este último ano. Obrigada por cada um vocês ser tão especial e conseguir acrescentar “tanta cor” na minha vida. Um agradecimento especial à Rita, Mariana e Tânia pela amizade e por estarem sempre presentes para dividir as tristezas e festejar as conquistas. Obrigada aos companheiros de muitas aventuras, Patrício e Macedo.

Esta Dissertação é dedicada ao meu Pai, Pedro.

palavras-chave

Cobertura Verde, Sustentabilidade, Benefícios, Desvantagens

resumo

As coberturas verdes são um elemento importante na transformação das cidades atuais em ambientes mais sustentáveis. Ao mesmo tempo que é apontada como uma solução construtiva em alguns países, há também a necessidade de evolução técnica. Sendo assim, a presente dissertação pretende contribuir com uma análise dos tipos, sistemas, benefícios e desvantagens, anomalias e manutenção que advém da implementação de uma cobertura verde.

keywords

Green Roof, Sustainability, Benefits, Disadvantages

abstract

The green roof have a key role in the transformation of current cities in urban environments more sustainable. While it is seen as a constructive solution in some countries , there is also the need for technical evolution. Therefore, this dissertation aims to contribute to the analysis of the types , systems, benefits and drawbacks, anomalies and maintenance resulting from the implementation of green roof.

Índice

Introdução	7
1.1 Enquadramento	7
1.2 Objetivos.....	8
1.3 Metodologia.....	8
1.4 Estrutura do trabalho.....	8
2 Coberturas Verdes	11
2.1 Descrição	11
2.2 Enquadramento Histórico	12
3 Tipos de Coberturas Verdes	15
3.1 Coberturas Verdes Extensivas	15
3.2 Coberturas Verdes Semi-Intensivas.....	17
3.3 Coberturas Verdes Intensivas	17
3.4 Vantagens e Desvantagens dos Tipos de Coberturas Verdes	20
4 Composição dos Sistemas de Coberturas Verdes.....	21
4.1 Vegetação	21
4.2 Substrato de Crescimento	24
4.3 Camada Filtrante.....	26
4.4 Camada Drenante.....	27
4.5 Barreira Contra Raízes.....	28
4.6 Membrana de Impermeabilização.....	29
5 Manutenção de Coberturas Verdes.....	31
5.1 Vida Útil das Coberturas Verdes	31
5.2 Manutenção dos Elementos das Coberturas Verdes	31
6 Causas de Degradação e Anomalias.....	33
6.1 Causas de Degradação	33

6.2	Anomalias	34
7	Sistema de cobertura verde	39
7.1	União Europeia	39
7.1.1	Legislação e Políticas de Incentivo	40
7.2	Portugal.....	41
7.2.1	Legislação e Políticas de Incentivo	43
7.3	Outros Países	43
7.3.1	Legislação e Políticas de Incentivo	44
8	Benefícios da Aplicação de Coberturas Verdes	45
8.1	Benefícios Ecológicos.....	45
8.1.1	Gestão de Águas Pluviais	45
8.1.2	Qualidade e Tratamento das Águas Pluviais	46
8.1.3	Melhoria da Qualidade do Ar	48
8.1.4	Redução do Efeito da “Ilha de Calor”	48
8.1.5	Aumento do Isolamento Acústico	50
8.1.6	Criação de um Habitat Natural	50
8.1.7	Aumento do Desempenho Térmico	51
8.1.8	Reciclagem de Materiais	51
8.1.9	Prevenção Contra Incêndios	52
8.2	Benefícios econômicos	52
8.2.1	Redução de Custos e Manutenção do Edifício	52
8.2.2	Aumento do Espaço Útil	52
8.2.3	Produção de Alimentos – Agricultura Urbana	53
8.2.4	Adaptação de Coberturas Verdes a Edifícios Existentes	54
9	Desvantagens.....	55
10	Considerações Finais e Sugestões para um Trabalho Futuro	57
	Referências bibliográficas	59

Índice de Figuras

Figura 1: Reprodução da Natureza (Zinco, 2017).....	11
Figura 2: Ilustração dos Jardins Suspensos da Babilonia (Costa, 2010).....	12
Figura 3: Esquema Representativo dos tipos de Coberturas verdes (Costa, 2010).....	15
Figura 4: Cobertura verde extensiva (Landlab, 2017)	16
Figura 5: Cobertura verde semi-intensiva (IGRA, 2017)	17
Figura 6: Cobertura Verde Intensiva, Chicago (Neoturf, 2017)	18
Figura 7: Composição comum dos componentes de uma cobertura verde (Vijayaraghavan, K., 2016)	21
Figura 8: Cobertura com espécies Sedum (Landla,2017)	23
Figura 9: Tapete Landlab Pre cultivado, Vince Minor (Landlab, 2017).....	24
Figura 10: Camada Filtrante de Geotêxtil- Filtro de Polipropileno (Zinco, 2017)	27
Figura 11: Camada de drenagem, cobertura extensiva (Zinco, 2017)	27
Figura 12: Barreira contra raízes de polietileno (Zinco, 2017).....	28
Figura 13: Processo de Limpeza de uma cobertura verde	32
Figura 14: Colapso da estrutura pelo inadequado sistema de drenagem instalado (Filipa, 2012) ..	34
Figura 15: Cobertura Verde com problemas de acumulação de água (Filipa, 2012).....	36
Figura 16: Hotel Spa, Tschuggen-Bengoase, Suíça (Zinco, 2016).....	39
Figura 17: Vista do Edifício da Fundação Calouste Gulbenkian (Fundação Gulbenkian, 2017) ..	41
Figura 18: Casa das Amendoeiras, São Brás de Alportel (ANCV, 2016)	42
Figura 19: Moradia Particular, Vila Nova de Gaia (ANCV, 2016)	43
Figura 20: High Line, Nova Iorque (Zinco, 2016).....	44
Figura 21: Biodiversidade nas coberturas verdes (EPA, 2009)	50
Figura 22: Cobertura Verde do Hotel Fairmont, Canada (Hotel Fairmont, 2008).....	53

Índice de Tabelas

Tabela 1: Principais características dos três tipos de coberturas (IGRA, 2017)	19
Tabela 2: Vantagens e Desvantagens das Coberturas Verdes (Townshend, 2007; Peck & Callaghan, 1999)	20
Tabela 3: Sistemas de Impermeabilização (IST, 2012).....	29
Tabela 4: Principais Causas e Anomalias em sistemas de coberturas verdes (Farral & Costa, 2011)	36
Tabela 5: Benefícios Ecológicos e Económicos das Coberturas Verdes	45

Nomenclatura

ANCV Associação Nacional de Coberturas Verdes

ETA European Technical Approval (Aprovação Técnica Europeia)

FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftbau (*Landscape, Research, Development and Construction Society*, em Inglês) (Sociedade Alemã para a Investigação da Paisagem, Desenvolvimento e Construção)

GRO Green Roof Organisation (Organização das Coberturas Verdes)

IGRA Internacional Green Roof Associaton (Associação Internacional de Coberturas Verdes)

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

O crescimento da área urbana e da densidade populacional, provocou o aumento da concentração de estruturas construídas e a redução de espaços verdes, provocando, deste modo uma maior pressão nos recursos naturais existente, perda de biodiversidade e diminuição da qualidade de vida dos habitantes. Com estas preocupações surge uma crescente atenção focada nas questões ambientais e a busca de desenvolvimento sustentável por parte das sociedades atuais (Santos, 2012). A urbanização produz numerosas mudanças nos ambientes naturais e reduz a permeabilidade dos solos. (Jacobson, 2011).

Consequentemente, as cidades atingem temperaturas mais elevadas e permanecem mais quentes do que o ambiente circundante, sendo este efeito conhecido como efeito da ilha de calor . Esta condição demonstra efeitos negativos devido ao calor extremo em ambientes urbanos. Além disso, as reações químicas das emissões gasosas causadas pelo aumento da temperatura contribuem para a formação de ozono no solo, causando irritação respiratória e cardíaca. O aumento da temperatura também contribui para um maior uso de ar condicionado e produção de energia. A inclusão de coberturas verdes pode reduzir o efeito da ilha de calor, introduzindo vegetação em algumas das superfícies mais quentes das áreas urbanas, por meio de evapotranspiração (Tolderlund, 2010)

Um dos principais problemas nas cidades é a redução de espaços verdes naturais e o aumento da área de solo impermeabilizada, consequência da construção de infraestruturas, tais como, edifícios, estradas e outras áreas pavimentadas que reduzem a infiltração de águas pluviais e aumentam o escoamento de águas. Devido a este fenómeno, há um aumento do escoamento de águas pluviais, que, por sua vez, provoca um decréscimo, significativo, das águas dos aquíferos, e uma maior probabilidade de ocorrer cheias. Com o aumento da quantidade de água, introduzida nos canais devido às forças dos movimentos de água pode ocorrer a erosão dos próprios canais (Jacobson, 2011). Os ecossistemas podem ser degradados pela velocidade e eficiência do transporte dos poluentes.

Os materiais de construção das infraestruturas também podem influenciar a quantidade de radiação solar absorvida, emitida ou refletida, consoante as suas propriedades térmicas. O aumento da temperatura e da poluição atmosférica e a consequente degradação da qualidade do ar afeta a saúde das populações. Do mesmo modo, a qualidade da água também pode ser prejudicada, sobretudo pela poluição térmica, isto porque, as superfícies com temperaturas superiores às do ar, transferem o calor para as águas pluviais, que no fim do curso podem afetar os ecossistemas que as recebe (EPA, 2017).

A vegetação, presente no meio urbano, previne o risco de inundação, devido à sua capacidade de absorção e retenção de precipitação, diminuindo a velocidade e caudal do escoamento da chuva. As cidades mais compactas, ou cujo planeamento não contemplou as áreas verdes, não conseguem beneficiar das vantagens destes espaços, sendo uma das soluções para este problema parte do aproveitamento das coberturas dos edifícios.

Adicionando-lhes vegetação, aumentando assim a área verde urbana, permitindo usufruir de todas as vantagens que lhe estão associadas. Acrescentando vegetação às coberturas, podem ser minimizados alguns problemas provocados pela presença dos edifícios e, sendo a cobertura um dos componentes dos edifícios que apresenta uma maior exposição às condições exteriores, é esta que, coberta com vegetação, permite interceptar e dissipar parte da radiação solar incidente, beneficiando o desempenho térmico da estrutura e diminuindo o consumo de energia gasto na sua climatização (Santos, 2012).

Para melhorar a qualidade de vida dos habitantes da cidade e preservar o ambiente, foram implementados sistemas nos edifícios, com recurso a vegetação denominados de coberturas verdes. Este tipo de construções apresentam um valor arquitetónico acrescentado e reduzem os impactos ambientais associado ao processo e construção.

1.2 OBJETIVOS

A presente dissertação tem como principal objetivo a realização de um estudo bibliográfico do estado de arte sobre coberturas verdes, considerando principalmente:

- O crescimento e desenvolvimentos da tecnologia;
- Os vários tipos de coberturas verdes;
- As soluções construtivas, anomalias e ações de manutenção;
- As vantagens e desvantagens deste tipo de sistema, em particular, aspeto do conforto térmico e ambiental;
- Apresentação de algumas recomendações.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia proposta para o desenvolvimento da dissertação compreende, essencialmente, uma pesquisa bibliográfica e recolha de informação através de contactos com empresas. A primeira fase do processo foi baseada numa recolha bibliográfica, criação de uma base de dados informatizada e contacto a *Landlab* e Associação Nacional de Coberturas Verdes (ANCV). Numa segunda fase, ocorreu a síntese de informação obtida na primeira fase. Por fim, na terceira fase ocorreu a elaboração da presente dissertação com base no trabalho realizado na primeira e segunda fases.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em dez capítulos. No primeiro capítulo é feito um enquadramento do tema em estudo, onde se encontram incluídos os objetivos propostos e a metodologia necessária para a sua obtenção. No capítulo dois, denominado “Coberturas Verdes”, é feita uma descrição das coberturas, apresentando as suas características técnicas e a sua origem histórica. O terceiro capítulo, deste estudo, contempla os diferentes tipos de coberturas verdes e as suas principais vantagens e desvantagens. No capítulo seguinte, capítulo quatro, são enumeradas as principais camadas do sistema, assim como, as suas

funções. O capítulo cinco descreve as necessidades de manutenção das coberturas verdes, bem como, o seu período de vida útil. O capítulo seis, “ Causas de Degradação e Anomalias”, enumera os principais problemas encontrados e possíveis maneiras de serem minimizados. A legislação e políticas de incentivo em Portugal, União Europeia e outros países é um temática aborda no capítulo sete. O capítulo oito, subdivide-se em duas partes, os benefícios ecológicos e económicos. Em contrapartida, no capítulo nove contempla as principais desvantagens do uso de coberturas verdes. E por fim, o capítulo dez é destinado às considerações finais e às principais conclusões retiradas deste trabalho.

2 COBERTURAS VERDES

2.1 DESCRIÇÃO

As coberturas verdes são definidos como um sistema vivo que é uma extensão de um telhado. Estas, contém uma membrana impermeabilizável de alta qualidade, uma camada de barreira radicular, sistema de drenagem, tecido de filtração, um meio de cultivo leve e vegetação (Tolderlund, 2010). Podem ser estruturas planas ou inclinadas, acessíveis ou de acesso limitado, sobre um sistema de cobertura tradicional, Figura 1 (Peck and Kuhn, 2000). O sistema da cobertura é desenhado para permitir o crescimento de vegetação no topo de edifícios, enquanto protege e mantém a integridade da estrutura subjacente (Pledge, 2005).

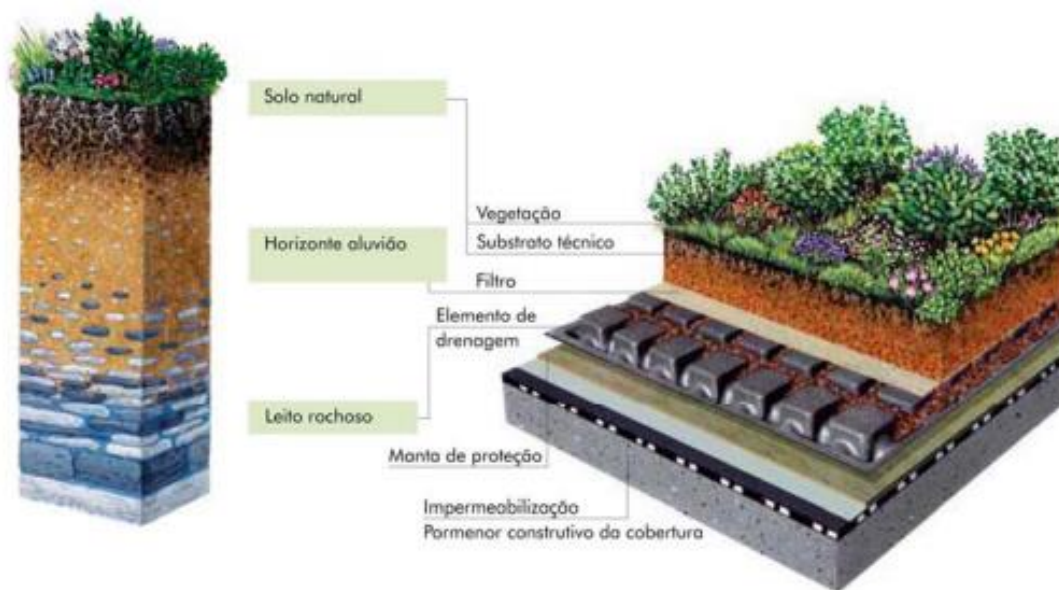


Figura 1: Reprodução da Natureza (Zinco, 2017)

O desempenho tecnológico de cada cobertura verde está intrinsecamente associado às funções individuais dos seus componentes. Uma cobertura verde saudável e bem estabelecida deve reter água, arrefecer o ar e isolar o edifício (Pledge, 2005).

Inicialmente, a sua utilização começou a ser feita nos meios rurais, como uma forma mais económica de proteger as habitações contra condições exteriores e, em meio urbano como uma opção estética ou como forma de aumentar a área verde. A evolução das coberturas permitiu tirar vantagens deste tipo de sistema, oferecendo vantagens ambientais e energéticas quando instaladas em edifícios de centros urbanos. Podem apresentar benefícios como redução do efeito da ilha de calor, isto é, amenização do aumento das temperaturas nos centros urbanos, para melhoria da qualidade do ar atmosférico, aumento da biodiversidade e do escoamento de águas pluviais (Santos, 2012).

2.2 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

A preocupação de equilíbrio entre os elementos construídos e os elementos vegetais remonta à antiguidade. A prática destes sistemas vegetais nas construções perdurou até aos dias de hoje. Estas combinações existem desde os habitantes dos vales dos rios Tigre e Eufrates (v. Figura 2), onde se desenvolveram, inicialmente, jardins ornamentais de coberturas verdes intensivas e os jardins verticais, conhecidos como jardins Suspensos da Babilonia (Peck & Callaghan, 1999).

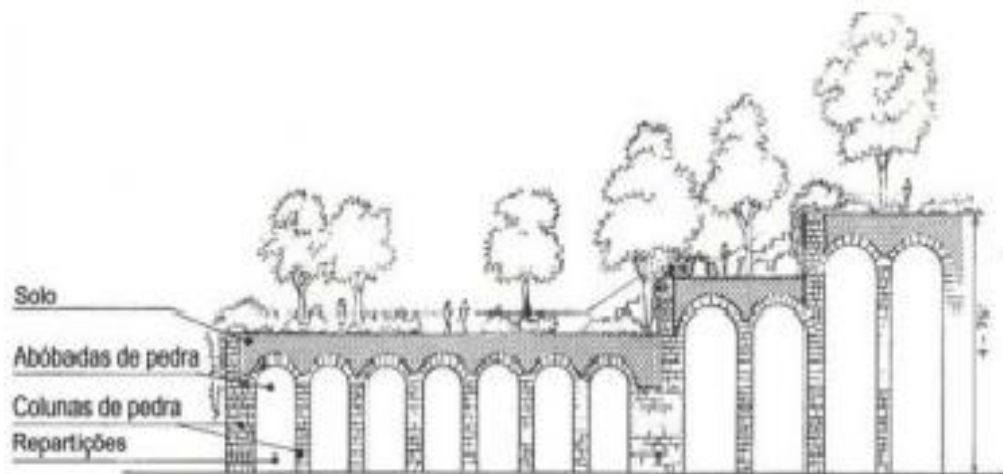


Figura 2: Ilustração dos Jardins Suspensos da Babilonia (Costa, 2010)

O autor Costa (2010), refere que foram encontrados diversos registos históricos acerca de coberturas, durante os séculos XVIII, XIV e XV em enumeras cidades Francesas e Italianas, que tinham como objetivo ornamentar as construções. Na Rússia, os jardins sobre as construções eram vistos como uma característica de ostentação pela nobreza, sendo que no século XX, vários arquitetos, fundadores do movimento moderno na arquitetura, como Le Corbusier, entenderam que as coberturas nos terraços eram um avanço tecnológico e estético, e por sua vez, defendiam a devolução da natureza através das construções (Batista, 2004).

Durante as décadas de 1950 e 1960, foi desenvolvido pela tecnologia moderna de coberturas verdes. Estes estudos tiveram como base as coberturas verdes "não intencionais" de estruturas de madeira, com impermeabilização em asfalto, construídas em 1900. Estas construções foram cobertas com uma fina camada de areia e gravilha, para prevenir contra incêndios, que ao longo do tempo foram criando vegetação (Werthmann, 2007). Entre 1960 e 1970, houve uma necessidade de instalar coberturas verdes devido á pressão ecológica, interesse da comunidade científica e o apoio político.

A *Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau* (FLL) foi fundada em 1975 na Alemanha pelo Instituto de Investigação da Paisagem, Desenvolvimento e Construção, com o intuito de estudar a tecnologia de vegetação. Em 1978 com a criação de

um grupo de trabalho, inspirado nos estudos de Bornkamm, deu início a um conjunto de investigações que propunha examinar esta tecnologia, considerando duas tipologias de coberturas, extensiva e intensiva, descrevendo essencialmente a necessidade de manutenção exigida por cada tipo de vegetação e o seu grau de sustentabilidade (Werthmann, 2007).

Em 1982, a FLL, emite a primeira diretiva para o planeamento, instalação e manutenção de coberturas verdes, descrevendo os seus princípios urbanos, ecológicos e económicos básicos, sendo que nos dias de hoje se mantém em utilização (Werthmann, 2007). Esta diretiva foi sendo atualizada ao longo dos anos e permitiu a implementação de sistemas de incentivos por alguns países. A partir deste documento foram criadas empresas especializadas em sistemas de coberturas verdes, assegurando o desenvolvimento da tecnologia.

Atualmente, as coberturas verdes são uma área em expansão e, vistas como uma tendência em vários países no mundo, devido aos seus benefícios ambientais, sendo vistas como fundamentais para a melhoria da qualidade de vida. Contudo, investigações mais recentes, têm em conta possíveis desvantagens e anomalias.

3 TIPOS DE COBERTURAS VERDES

De acordo com a maioria dos autores e a FLL (2008), as coberturas verdes podem ser divididas como intensivas, semi-intensiva e extensivas (v.Figura 3). Os fatores que caracterizam os diferentes tipos de cobertura são, essencialmente, o custo associado, a instalação e manutenção, o tipo de vegetação e a profundidade da camada do substrato (v.Tabela 1).

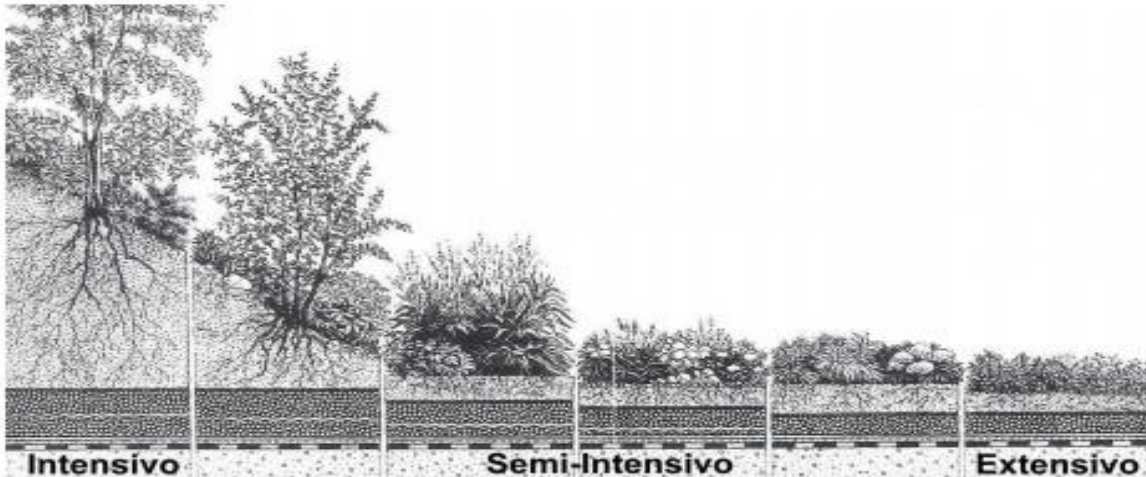


Figura 3: Esquema Representativo dos tipos de Coberturas verdes (Costa, 2010)

3.1 COBERTURAS VERDES EXTENSIVAS

As coberturas verdes extensivas são uma alternativa ecológica à proteção da superfície convencional (v. Figura 4). Os sistemas são leves e tem reduzida altura de construção (Landlab, 2017), são adequados para telhados com pouca capacidade de carga. Os locais são de acesso limitado, sendo utilizados apenas por motivos ecológicos, conforto visual e proteção da construção. O custo associado a este tipo de coberturas é acessível, comparativamente com as coberturas semi-intensivos e intensivos. A camada de substrato mineral, contendo poucos nutrientes, não é muito profunda, mas é adequada para comunidades de plantas menos exigentes e de baixo crescimento (IGRA, 2017).

O sol, vento e seca são fatores de stress adicionais para a vegetação em edifícios que apresentam uma cobertura verde extensiva. As espécies devem apresentar características que lhe confirmam resistência à seca, aos ventos, às temperaturas extremas, aos elevados índices de radiação e devem apresentar reduzidas necessidades de manutenção e irrigação (Monteiro, 2010). Neste tipo de coberturas, a vegetação escolhida pode variar entre espécies alpinas e espécies indígenas, sendo preferível utilizar as espécies de regiões mais secas (Zinco, 2017), dentro do conjunto de espécies, usadas neste tipo de coberturas, encontra-se misturas de musgos, ervas, plantas suculentas e gramíneas, criando assim comunidades de plantas agradáveis para este tipo de sistema (IGRA, 2017). A espécie mais popular é o género *Sedum*.

As coberturas verdes extensivas exercem cargas inferiores nos edifícios, relativamente aos outros tipos, devido ao tamanho reduzido da vegetação e, por consequência, menor necessidade de substrato. De acordo com o Manual de Boas Práticas de Construção de Coberturas (GRO, 2011), baseado no guia FLL, refere que este tipo de coberturas deve apresentar, no mínimo, 80 mm de espessura de substrato, com exceção no caso de coberturas com tapetes de vegetação previamente desenvolvida. Nesse caso, a média de espessura pode ser reduzida para 60 mm, podendo atingir um mínimo de 20 mm. Para Andrade (2007), os valores de espessura de substrato variam entre 80 mm e 120 mm com cargas médias na estrutura de 100 kg/m². Segundo Oberbdorfer et al. (2007), a espessura de substrato, pode variar entre 20 mm e 200 mm com cargas de 70 kg/m² a 170 kg/m².

Os diferentes valores de espessura de substrato e cargas médias, referidos pelos diferentes autores, estão relacionados, sobretudo, com o tipo de condições locais, sendo o clima o fator mais relevante. Sendo este que influencia o tipo de vegetação necessária e, que por sua vez condiciona a escolha do substrato. Os métodos e materiais utilizados nas coberturas de cada estudo experimental também contribuem para as diferenças apresentadas.

Comparativamente às coberturas do tipo intensivo, as extensivas podem ser instaladas com inclinações mais elevadas devido à menor quantidade de vegetação. De acordo com a *Internacional Green Roof Associaton* (IGRA), estas coberturas podem ser prejudicadas quando instaladas em superfícies com declives inferiores a 2°, devido à possibilidade de acumulação de água. Para baixas inclinações, são necessárias modificações ao nível do sistema de drenagem (IGRA, 2017).

De forma geral, este tipo de cobertura verde destina-se a ser autossustentável, não é difícil de implementar e cuidar, traduzindo-se numa redução significativa de custos de instalação e manutenção, ideal para uma gestão eficaz de águas pluviais (GRO, 2017)



Figura 4: Cobertura verde extensiva (Landlab, 2017)

3.2 COBERTURAS VERDES SEMI-INTENSIVAS

As coberturas verdes semi-intensivas, (v. Figura 5), apresentam requisitos entre os tipos extensivos e intensivos (IGRA, 2017). Esta cobertura é caracterizada por uma manutenção mínima, acessibilidade moderada, composição botânica mais complexa (herbáceas, gramíneas e arbustos), uma espessura de substrato que pode atingir os 250mm e cargas a partir de 125 kg/m² (Mesquita, 2017). É de notar que, comparativamente às coberturas extensivas, as do tipo semi-intensivo, comportam mais custos de manutenção, maior capacidade para um projeto mais complexo e maior capacidade para reter águas pluviais (GRO, 2017).



Figura 5: Cobertura verde semi-intensiva (IGRA, 2017)

3.3 COBERTURAS VERDES INTENSIVAS

Um sistema de cobertura verde intensivo é caracterizado por uma variedade de vegetação, desde plantas herbáceas a árvores pequenas com manutenção profissional, sistemas avançados de irrigação e fertilização devidamente assegurada (IGRA, 2017). Este tipo de coberturas oferecem um grande potencial para design e biodiversidade. A seleção de vegetação e a finalidade do projeto afetam extremamente a manutenção requerida para o sucesso destas coberturas (GRO, 2017). Apesar de não existir limitações no design e na individualidade, há alguns aspetos que devem ser tidos em consideração.

As coberturas verdes intensivas podem, muito facilmente, ser comparadas à construção de um jardim numa edificação. Normalmente, estes sistemas são multifuncionais e acessíveis, requerendo uma capacidade superior e uma configuração mais profunda com elevadas capacidades de retenção de água. A profundidade do perfil de solo tem que ser suficiente para acomodar as espécies de maior porte. Atualmente, e relativamente às coberturas utilizadas no passado, os substratos mais leves permitem diminuir a carga sobre a estrutura dos edifícios (*Neoturf*, 2017). Tudo é possível desde relvados, culturas plurianuais, arbustos, árvores, incluindo outras opções de projeto como lagoas, passadiços e pátios (*Zinco*, 2017).

A maioria dos autores refere, que a espessura do substrato, destas coberturas, terá de ser superior a 200 mm, apresentando algumas diferenças de resultados no que respeita à carga, que cada uma tem associada. Para Andrade (2007), e para as alturas de coberturas por ele mencionadas o substrato tem de apresentar valores de carga compreendidos entre 700 kg/m² e 1200 kg/m². São apresentados valores, pela IGRA, relativamente a todo o sistema da cobertura e não apenas relativamente ao substrato. Segundo esta fonte, as cargas na estrutura variam de 180 Kg/m² a 500 kg/m² para alturas totais superiores a 150 mm, podendo estes valores ser ultrapassados, conforme o tipo de espécies a manter e a estrutura em que é instalada.

As diferenças de peso e altura da construção são influenciadas pela seleção de plantas, por exemplo, relvado ornamental, flores de Verão, arbustos e árvores (Zinco, 2017). Devido à diversidade que apresentam as coberturas deste tipo, favorecem a criação de ecossistemas mais complexos, contribuindo para o aumento da biodiversidade.



Figura 6: Cobertura Verde Intensiva, Chicago (Neoturf, 2017)

A Tabela 1, apresenta de forma resumida as principais características de cada tipo de coberturas verdes.

Tipo de Coberturas	Manutenção da Vegetação	Irrigação	Fertilização	Espécies de plantas comuns	Espessura Média do Substrato (mm)	Densidade Superficial (kg/m²)	Custo	Uso Comum
Extensivo	Baixa	Não	Não	Musgo Ervas Gramíneas	60 - 200	60 - 150	Baixo	Funcional Gestão do escoamento de águas pluviais Isolamento térmico
Semi -Intensivo	Periódica	Periódica	Periódica	Ervas Gramíneas Arbustos	120 - 250	120 - 200	Médio	Funcional e estético
Intensivo	Alta	Regular	Regular	Plantas Perenes Arbustos Arvores	>150	180 - 500	Alto	Funcional e Estético Adequado a áreas maiores

Tabela 1: Principais características dos três tipos de coberturas (IGRA, 2017)

3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS TIPOS DE COBERTURAS VERDES

As coberturas verdes apresentam vários benefícios, diretamente relacionados com a correta construção e instalação dos sistemas de coberturas, e, conseqüentemente, surgem desvantagens associadas a cada tipo de cobertura (v. Tabela 2).

Tabela 2: Vantagens e Desvantagens das Coberturas Verdes (Townshend, 2007; Peck & Callaghan, 1999)

Tipo de Cobertura	Vantagens	Desvantagens
Extensiva	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa densidade superficial - Baixa manutenção e tempo de vida útil - Baixa necessidade de irrigação - Adequado para renovação de coberturas - Baixo custo de instalação e manutenção - Aplicável a grandes áreas - Adequado a coberturas com declives de 0 a 30° - A vegetação pode desenvolver-se espontaneamente - Facilidade na remoção de cobertura, bem como obtenção da aprovação do projeto 	<ul style="list-style-type: none"> - Escolha de espécies limitada - Menor acessibilidade para usos como espaços de jardim, entre outros - Pode ser pouco atrativo visualmente em épocas secas - Menos eficiência na retenção de águas pluviais - Altura do substrato pouco adequado para picos de chuva mais agressivos, podendo provocar conseqüências graves no sistema instalado
Intensiva	<ul style="list-style-type: none"> - Permite maior diversidade de utilização (recreio, cultivo, lazer) - Maior diversidade de plantas e habitats - Maior capacidade de isolamento, eficiência energética e retenção de águas - Capacidade para simular jardins exteriores - Mais vantagens estéticas, mais atrativo 	<ul style="list-style-type: none"> - Escolha de espécies limitada - Menor acessibilidade para usos como espaços de jardim, entre outros - Pode ser pouco atrativo em épocas secas - Menos eficiência na retenção de águas pluviais - Altura do substrato pouco adequado para picos de chuva mais agressivos, podendo provocar conseqüências graves no sistema instalado

4 COMPOSIÇÃO DOS SISTEMAS DE COBERTURAS VERDES

As coberturas verdes são sistemas constituídos por vários componentes organizados de forma a otimizar o desempenho de todo o conjunto. Para existir uma melhor eficiência é necessário um conhecimento de diferentes áreas, como vegetação, sistema de drenagem e impermeabilização, entre outros, devido à complexidade da composição e funcionamento (José & Santos, 2012).

Independentemente do tipo de cobertura, existe uma instalação comum que apresenta uma estrutura, como ilustra a Figura 7. Os componentes, ou camadas, são normalmente semelhantes podendo variar algumas características técnicas (Zinco, 2016). A constituição de uma cobertura verde pode ser influenciado pelos objetivos de design, orçamento disponível, tipo de benefícios pretendidos e acessibilidade (Tolderlund, 2010). Deve ser tido em conta a estrutura onde é colocada o sistema, sendo imperativo que os telhados consigam suportar o excesso de carga associado á sua instalação, havendo assim uma necessidade de efetuar cálculos prévios.

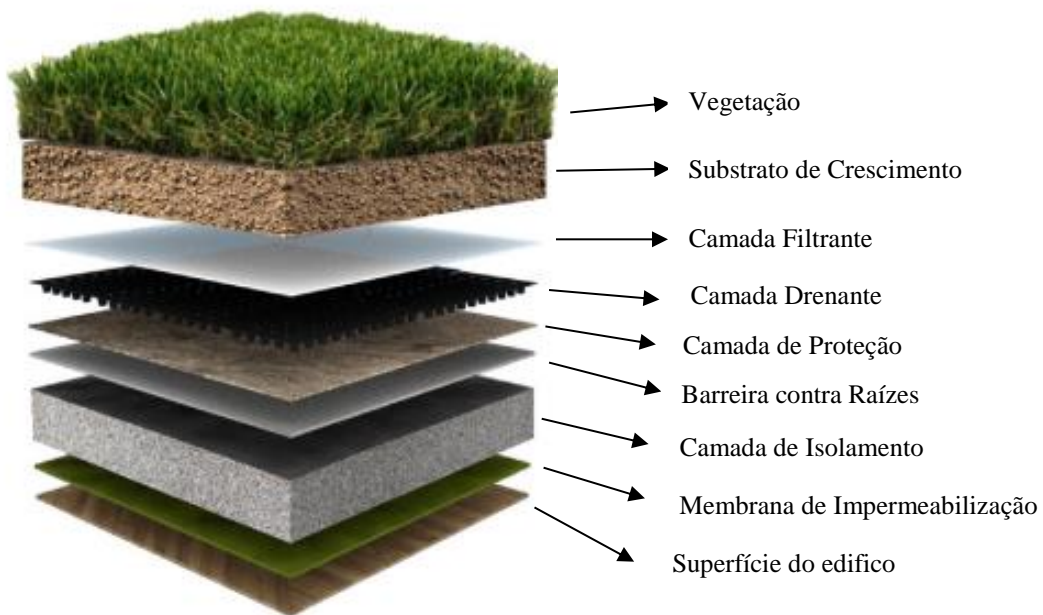


Figura 7: Composição comum dos componentes de uma cobertura verde (Vijayaraghavan, K., 2016)

4.1 VEGETAÇÃO

A vegetação é a camada que adiciona vida à cobertura verde, apesar destas não serem das ambientais mais favoráveis ao crescimento de espécies (Rowe, 2011). As plantas melhoram a qualidade do escoamento (Vijayaraghavan & Joshi, 2014), a qualidade do ar (Speak et al., 2012) e desempenho térmico (Cook-Patton & Bauerle, 2012). As condições climáticas, com temperaturas extremas, a intensidade e distribuição de chuvas, vento e quantidade de água limitam a profundidade e o peso do substrato e, influenciam a utilização

de determinadas espécies (Getter & Rowe, 2008). Sendo a água um dos fatores mais limitantes das coberturas, os substratos com maior capacidade de retenção de água mostraram maior capacidade de sobrevivência das plantas (Farrell et al., 2012). 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 (Getter & Rowe, 2008).

Segundo o estudo realizado por Rowe (2011), em que foram tidos em conta ambientes extremos, como grandes períodos de seca, as características mais favoráveis da vegetação de coberturas verdes do tipo extensivo, foram a sua capacidade de suportar condições de seca, sobrevivência sob condições mínimas de nutrientes, boa cobertura no solo, menos manutenção, multiplicação rápida, raízes curtas e macias, e fitorremediação. As coberturas verdes extensivas não fertilizadas, tendem muitas vezes a transformar-se num sistema dominado pelo musgo (Emilsson, 2008)

Para Cook-Patton & Bauerle (2012), há uma necessidade importante de distinguir entre a capacidade de uma espécie para sobreviver numa cobertura verde e sua capacidade de fornecer serviços valiosos. As condições das coberturas verdes são duras e as espécies de *Sedum* foram as que apresentaram uma taxa de sobrevivência mais elevada sem qualquer irrigação. No entanto, uma mistura mais diversificada de espécies é mais propícia a fornecer múltiplos serviços em comparação com uma monocultura de *Sedum*. Pode ser necessário alterar projetos de coberturas verdes para facilitar a existência de espécies que, são menos tolerantes à seca, mas mais benéficas. Getter & Rowe (2012), mostram que a irrigação durante períodos muito secos permite empregar uma comunidade de plantas mais diversificada. A criação de microclimas, que variam com a exposição solar e com a profundidade do solo, também, pode ajudar a aumentar a diversidade de plantas em coberturas extensivas (Köhler, 2006). Apesar de ser necessária maior manutenção para criar e sustentar uma comunidade diversificada, as melhorias no desempenho da cobertura podem oferecer um alto retorno sobre o investimento de tempo e dinheiro.

Contudo, torna-se importante selecionar estrategicamente espécies pelas suas capacidades funcionais complementares, pois aumentar a diversidade pode não melhorar a função da cobertura verde (Cook-Patton & Bauerle, 2012). Por exemplo, a adição de plantas de zonas húmidas em coberturas diminui o seu desempenho (Macivor, *et al.*, 2011).

De vários estudos para encontrar a espécie com características mais favoráveis para o sistema de coberturas verdes, como referido anteriormente, a espécie *Sedum* é a mais popular (v. Figura 8).



Figura 8: Cobertura com espécies *Sedum* (Landla,2017)

As espécies *Sedum* podem reduzir a perda de água do substrato e sobreviver a condições de seca, apresentam ainda raízes curtas e suaves (Dvorak & Volder, 2010). Enquanto a maioria das plantas acelera a perda de água do solo, via transpiração (Butler & Orians, 2011). Emilsson (2008), realizou um estudo que mostra que as espécies suculentas podem armazenar água em folhas ou caules, o que lhes permite sobreviver às condições de seca. A espécie a *Sedum* tem ácido crassulacean no metabolismo, o que aumenta a eficiência na vegetação, o CO₂ é armazenado durante a noite, quando as taxas de evaporação são menores (Ting, 1985). Esta característica da espécie pode ser considerada uma desvantagem em climas pouco secos, pois há uma incapacidade de utilizar o excesso de água.

Getter & Rowe (2012), após analisarem várias espécies de *Sedum* puderam concluir que um substrato com espessura de 7 cm foi o suficiente para alcançar um maior crescimento destas plantas e a camada não deve ser exposta à luz solar direta nem a ventos fortes para apresentar maior eficiência. Estas plantas apresentam, ainda outras vantagens como retardar o crescimento de ervas daninhas e a redução da erosão do solo, quando as coberturas verdes são construídas em telhados inclinados.

As raízes também são um fator muito importante, quando penetram na plataforma do telhado podem criar danos graves, as *Sedum* como apresentam raízes curtas e suaves são uma mais valia. Contudo, estas espécies são consideradas um mau mitigador da poluição do ar (Rowe, 2011) mas funcionam bem na hiperacumulação dos metais.

Outros autores, realizaram trabalhos que analisaram o comportamento de diferentes espécies. Das plantas analisadas destacou-se *Stachys* como outra alternativa para as coberturas verdes. A *Stachys* apresentou boas características no arrefecimento da superfície foliar e arrefeceu o substrato quando a humidade do solo não era limitada. Contudo não é tão resiliente como a *Sedum* para coberturas extensivas, mas é uma espécie que se adapta a períodos de seca (Blanusa *et al.*, 2013). Assim, a seleção do tipo de plantas nas coberturas verdes devem ser realizados de acordo com as condições climáticas locais, a disponibilidade

de nutrientes, o impacto nos ecossistemas, o tipo de cobertura, a sua finalidade (uso humano ou não), e a espessura do substrato.

Deve ser tido em consideração, as espécies testadas, de acordo com o contexto, para constituir uma investigação com maior sucesso e veracidade, contribuindo com alternativas para as coberturas verdes (Berardi *et al.*, 2014). Os sistemas beneficiam se as espécies usadas forem nativas, porque estas já se encontram adaptadas ao clima local e às condições padrão de crescimento, conhecidas na região climática específica, tornando-se mais resistentes a pragas locais (Vijayaraghavan & Joshi, 2014)

O método de implementação de espécies de plantas vai depender da forma de cultivo e pode ser feito de várias formas. Na Europa, dominada por coberturas extensivas, é comum o uso de tapetes com vegetação pré cultivada (v. Figura 9). Contudo, pode existir a aplicação de sementes ou a técnica da hidrossementeira, sendo esta mais utilizada em locais com inclinações pronunciadas ou de difícil acesso. No caso das coberturas intensivas, as espécies usadas são mais variadas dependendo do objetivo da cobertura. Estes casos apresentam uma manutenção periódica, e a maior parte dos sistemas contêm sistema de rega e as espécies são menos resistentes (Santos, 2012).



Figura 9: Tapete Landlab Pre cultivado, Vince Minor (Landlab, 2017)

4.2 SUBSTRATO DE CRESCIMENTO

As coberturas verdes e o crescimento das plantas é influenciado diretamente pelas características do substrato (Vijayaraghavan & Raja, 2015). A escolha deste, aliada à camada de drenagem, facilita a gestão do excesso de águas pluviais (Heneine, 2008). Tornando-se assim crucial um planeamento apropriada (Bates et al., 2015).

De vários benefícios das coberturas verdes, alguns deles encontram-se relacionados diretamente com as propriedades do substrato, a melhoria da qualidade da água, vantagens térmicas e de isolamento sonoro (Zhao et al., 2014). Devido às condições adversas que se podem sentir numa cobertura verde, é difícil encontrar uma camada com todas as características necessárias (Bates et al., 2015).

Os substratos criados para fins comerciais, foram concebidos por materiais que estão disponíveis localmente, destinados para uma certa seleção de plantas, condições e nível de manutenção antecipado. Logo, este tipo de substratos, não satisfazem todas as necessidades de outras zonas geográficas que não sejam semelhantes ao país de origem (Vijayaraghavan, 2016). Tal como a vegetação, no substrato também é aconselhável a utilização de resíduos locais o que torna as coberturas verdes mais baratas (Nagase & Dunnett, 2011).

Em alternativa aos materiais, que normalmente, são utilizados, há vários estudos que mostram que materiais leves e de baixo custo como tijolos triturados, escórias, zeólitos, perlite, turfa, entre outros são uma boa escolha. Ondoño et al. (2014), realizaram um estudo que tinha como base a mistura de tijolos com o substrato comum e concluíram que a mistura é capaz de sustentar um desenvolvimento microbiano, apresenta boas características bioquímicas e ciclos de nutrientes intensivos. Vijayaraghavan & Raja (2014), preparam uma mistura de substrato utilizando constituintes orgânicos e inorgânicos (30% perlite, 20% vermiculite, 20% tijolos moídos, 10% areia e 20% turfa). Como os materiais têm características físicas e químicas variadas, foi criada uma mistura ideal destes para gerar um substrato de coberturas verde ideais. O substrato desenvolvido foi leve, com baixa densidade a granel (431 kg / m^3), alta capacidade de retenção de água (39,4%), porosidade (19,5%), e a condutividade hidráulica (4,570 mm/h) e de suporte da instalação máxima (380% incremento de biomassa total) e apresentou uma capacidade de 97% de eficiência na remoção de metais pesados (Al, Fe, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn e Cd) dos substrato, superior ao substratos comuns.

Para reduzir os problemas associados à camada de 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 pedra-pomes);
- Materiais orgânicos (p. ex., resinas orgânicas provenientes de ureia);
- Derivados de petróleo;
- Materiais reciclados (p. ex. materiais cerâmicos contendo ou não argamassas).

Em alguns países, os elementos das coberturas verdes não são comercializados, os consumidores usam o substrato local disponível, que incluem, preferencialmente solo de jardim (Vijayaraghavan, 2016). Este tipo de prática tem várias desvantagens, como (Xiao et al., 2014): retenção de água e pobre efeito de arejamento; substrato pesado durante eventos de chuva aumenta o risco de a cobertura entrar em colapso; crescimento do número de ervas daninhas; lixiviação de nutriente e coberturas altamente compactas.

Nas diretrizes usadas no FLL é recomendado o uso de mais de 80% de componentes inorgânicas nas coberturas verdes. Os meios são projetados para terem micro e macro nutrientes para promover o crescimento das plantas, para isso é necessário incorporar constituintes orgânicos para o substrato de crescimento (Vijayaraghavan, 2016). Nagase & Dunnett (2011), realizaram um trabalho que apresenta um crescimento estável do substrato independentemente da disponibilidade da água, com uma adição de 10% de matéria orgânica. A presença de constituintes orgânicos no substrato das coberturas verdes pode ser identificado como um contaminante do escoamento das coberturas (Rowe, 2011).

O peso do substrato é um aspeto muito importante , principalmente em edifícios mais antigos que não foram contruídos para suportar uma cobertura verde. Logo, torna-se crucial manter o peso do substrato o mais baixo possível (Vijayaraghavan, 2016). Vijayaraghavan & Raja (2014), no estudo que realizaram mostram que a perlite pode reduzir em 9,4 vezes a densidade de um solo de um jardim tradicional.

Dependendo do tipo de cobertura verde e dos requisitos de construção, existe uma grande variedade de substratos que podem ser aplicados. Também é importante que um substrato apresente características que, permitam o controlo na presença de ervas daninhas. A composição dos substratos técnicos depende do fabricante, a proporção de cada um destes materiais varia consoante o tipo de vegetação a aplicar na cobertura (Santos, 2012). Para apresentar benefícios nas coberturas verdes, devem ter tidas em conta características como baixa densidade, pouco peso húmido, capacidade máxima de retenção de água, menor lixiviação, boa permeabilidade, estabilidade da estrutura, suporte de uma grande variedade de plantas, conteúdo orgânico mineral, resistência ao frio ou geada e à erosão provocada pelo vento (Vijayaraghavan & Raja, 2014)(Heneine, 2008) .

4.3 CAMADA FILTRANTE

A camada filtrante tem como principal função separar a camada do substrato da camada drenante, e como finalidade a retenção de partículas finas e nutrientes do substrato, evitando o entupimento da camada de drenagem. Os materiais usados, de forma geral, são geotêxtis à base de fibras de polipropileno ou poliésteres (v. Figura 10). Esta camada deve apresentar uma elevada resistência, pequenos poros para permitir uma boa permeabilidade à água na direção normal e inibir o movimento das partículas do solo para a camada drenante. Atua também como barreira contra raízes para as plantas com raízes suaves e curtas (Vijayaraghavan & Raja, 2015).



Figura 10: Camada Filtrante de Geotêxtil- Filtro de Polipropileno (Zinco, 2017)

4.4 CAMADA DRENANTE

A camada drenante assume uma função importante, (v. Figura 11), contribui de forma relevante na gestão as águas superficiais ao absorver a água da chuva e libertando o excesso de forma gradual por escorrência ou posteriormente recuperada pela vegetação e libertada por evapotranspiração. Esta camada permite o escoamento da água através da camada do substrato e torna acessível à vegetação nos períodos de maior carência (Santos, 2012). Todos os componentes do sistema de drenagem devem ser mantidos livres de resíduos e materiais vegetais para o processo funcionar bem (Tolderlund, 2010).

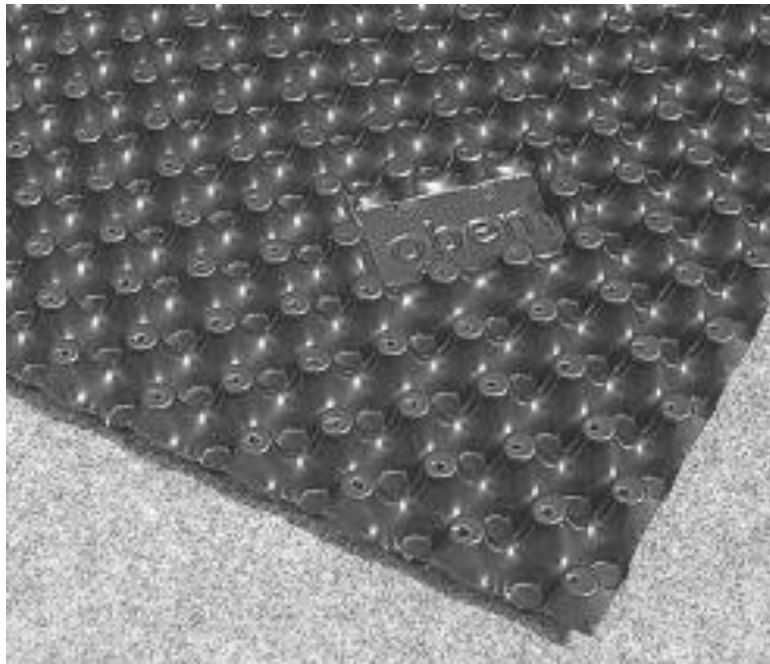


Figura 11: Camada de drenagem, cobertura extensiva (Zinco, 2017)

Nos últimos tempos, nas coberturas verdes são usados dois grandes tipos de camadas de drenagem (Vijayaraghavan, 2016):

- Drenagem com painéis modulares: são constituídos por plástico de alta resistência, materiais de polietileno (ou de poliestireno) com compartimentos para armazenar água, permitindo a evacuação dos excessos. As características destes materiais permitem uma instalação mais fácil e mais prática, normalmente são módulos.
- Drenagem com materiais granulares: Estes materiais têm grandes espaços porosos para armazenar água e, como exemplos, refere leves agregados de argila expandida, xisto expandido, tijolo esmagado, cascalho grosseiro e pedra. Deve ser aplicada em coberturas planas ou ligeiramente inclinadas

A aplicação ótima da camada de drenagem deve ser em coberturas com inclinação entre os 2% e os 8%. Caso a inclinação seja inferior ao valor mínimo indicado, pode dar origem a colmatagem de vias, que advém de deslocamento de sedimentos ou da existência de poças na cobertura, devido à subida de sedimentos que conseqüentemente dão entrada no sistema de drenagem (Fishburn, 2004).

4.5 BARREIRA CONTRA RAÍZES

A barreira contra raízes é a primeira camada acima do edifício (v. Figura 12). O objetivo principal desta camada é proteger a estrutura do telhado contra as raízes das plantas que podem penetrar através de camadas superiores da cobertura verde (Wong & Jim, 2014). As raízes crescem, fortalecem e movem-se através do solo para ir procurar água e nutrientes. Ao longo do tempo, sem proteção adequada, as raízes podem penetrar no sistema da cobertura, resultando em fissuras e furos, onde a água se infiltra (She & Pang, 2010).



Figura 12: Barreira contra raízes de polietileno (Zinco, 2017)

Existem dois tipos diferentes de barreiras radiculares no mercado: físico e químico. As barreiras físicas consistem numa camada fina (geralmente cerca de 0,05 cm) de um material

de polietileno de baixa densidade ou de polietileno que é colocado acima do sistema de coberturas verdes (Kolokotsa *et al*, 2013).

As barreiras químicas usam toxinas como produtos à base de cobre, para inibir a penetração da raiz. Contudo, a barreira contra as raízes só é obrigatória em coberturas do tipo intensivo (Santos, 2012).

4.6 MEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A camada de impermeabilização é fundamental para o bom funcionamento de qualquer cobertura verde, devido ao solo molhado e à camada de drenagem, o conteúdo de humidade do telhado é sempre elevada (Townshend, 2007). A membrana inibe a água de penetrar no edifício e facilita a escorrência, sendo composta por um material capaz de suportar pressão hidrostática (água de abastecimento) por longos períodos de tempo (Tolderlund, 2010). Há várias características que podem influenciar a escolha do tipo de membrana de impermeabilização, tais como, o tipo de cobertura verde, o custo, a disponibilidade e a expectativa de vida da cobertura. Os sistemas de impermeabilização podem ser de dois tipos, os sistemas tradicionais e sistemas não tradicionais.

Os sistemas de impermeabilização tradicionais, tem um desgaste mais rápido 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 podem ser materiais aplicados “in situ” ou produtos pré-fabricados (v. Tabela 3) (IST, 2012).

Tabela 3: Sistemas de Impermeabilização (IST, 2012)

Sistemas de Impermeabilização	Tipos de Aplicação	Materiais
Tradicionais	“in situ”	Camadas Múltiplas - asfaltos ou emulsões betuminosas
	Pré-fabricados	Camadas Múltiplas - membranas, telas ou filtros betuminosos
Não Tradicionais	“in situ”	Camadas Múltiplas - Resinas acrílicas e poliméricas, emulsões de betumes modificados poliuretano
	Pré-fabricados	Membranas - Betumes modificados, termoplásticas e elastoméricas

Sendo a base do sistema de cobertura, a camada que protege o edifício, é necessário cuidados redobrados no momento da aplicação sobretudo com os acabamentos nas zonas das juntas de dilatação e nas ligações das paredes com a cobertura. É também importante o

conhecimento aprofundado das características de cada tipo de membrana para uma melhor adequação de cada uma ao desempenho pretendido (Santos, 2012).

5 MANUTENÇÃO DE COBERTURAS VERDES

5.1 VIDA ÚTIL DAS COBERTURAS VERDES

As coberturas verdes, ou parte dos seus elementos, chegam ao seu fim de vida útil a partir do momento que deixam de cumprir os requisitos para os quais foram projetados, devendo ser substituídos. A vida útil destes sistemas é influenciada pelo clima e características das camadas aplicadas, uma cobertura pode durar 2,5 vezes a 3 vezes mais que uma coberturas convencional (Tolderlund, 2010). As opiniões diferem consoante os autores. Cada elemento que constitui o sistema apresenta um duração estimada diferente.

Para Bianchini & Hewage (2012), a vida útil das coberturas verdes varia entre 40 anos e 55 anos, enquanto que as coberturas convencionais cerca de 20 anos. Outro autor, Palha (2012), considera que o tempo de vida estimado de uma cobertura tradicional nos Estados Unidos varia entre 15 anos e 50 anos e, para uma cobertura verde varia entre 50 anos e 100 anos. As vidas úteis estimadas para as diversas camadas dos sistemas é justificada por um conjunto de fatores que podem influenciar a durabilidade dos elementos, como a agressividade do meio ou as ações de manutenção aplicadas .

No caso da camada de vegetação, a vida útil é influenciada pelas espécies. Segundo o estudo que Rowe *et al* (2012), desenvolveu, para algumas espécies vegetais com mais de 7 anos verificou-se que a taxa de sobrevivência era superior em substratos mais profundos. As plantas que inicialmente sobrevivem, podem eventualmente reduzir a superfície ocupada ou desaparecer completamente devido à concorrência de espécies invasoras, à variabilidade no clima entre outros fatores.

5.2 MANUTENÇÃO DOS ELEMENTOS DAS COBERTURAS VERDES

De forma genérica, as coberturas verdes necessitam de uma regular manutenção e inspeção dos vários elementos estruturais, assim como, cuidados com a irrigação, fertilização, poda e replantação (Tolderlund, 2010). Uma correta escolha e distribuição das espécies de plantas na área de cobertura reduz drasticamente os requisitos de manutenção, garantindo a sua sustentabilidade.

A limpeza de uma cobertura é uma das ações de manutenção mais relevantes, visto que determina a evolução de determinados acontecimentos (como acumulação de detritos e vegetação) que levariam ao desenvolvimento de anomalias no sistema. A intervenção de limpeza é um processo que deverá apresentar um eficaz planeamento (v. Figura 13), de forma a não degradar nenhum elemento construtivo (Morgado, 2012). O planeamento das ações de manutenção deve discriminar as diversas operações essenciais, tais como a inspeção, a limpeza, os tratamentos de proteção, possíveis reparações, substituições ou reposições pontuais, reparações em áreas extensas ou substituição integral no final da vida útil. A par desse planeamento, deverá ser contemplada a possibilidade de ações corretivas e de emergência quando assim for necessário (Morgado, 2012).



Figura 13: Processo de Limpeza de uma cobertura verde

As ações de manutenção de coberturas verdes podem-se dividir em três fases (FLL, 2008)(Tolderlund, 2010): fase de pós-implantação (duração 1 ano a 2 anos após a implementação do sistema da cobertura verde), fase de desenvolvimento (duração de 2 anos a 3 anos e coincide com o período de garantia do sistema construtivo) e fase da manutenção (a partir do 3º ano é aplicada ao longo da vida útil da cobertura).

As ações de manutenção e periodicidade das intervenções estão diretamente relacionadas com o tipo de vegetação aplicada. Algumas empresas recomendam a incorporação de um sistema de detecção eletrônica de fugas de água, entre ou debaixo da membrana de impermeabilização, para identificar a localização exata de infiltrações de água. Esta solução de monitorização pode levar a poupanças importantes, evitando infiltrações mais prolongadas que levam a anomalias mais graves (Peck and Kuhn, 2003).

6 CAUSAS DE DEGRADAÇÃO E ANOMALIAS

6.1 CAUSAS DE DEGRADAÇÃO

As coberturas verdes são um dos elementos construtivos que apresentam mais anomalias (Madrigal, 2012) (Morgado, 2012). Há vários fatores que provocam a degradação prematura das coberturas, deficiente execução do sistema, fatores atmosféricos (água, temperatura, radiação solar, agentes químicos ou vento), poluição provocada pelo tráfego automóvel e uso indevido pelo ser humano (Morgado, 2012).

A água, nas suas várias formas (chuva, neve ou vapor de água), é um dos fatores com mais impacto. A radiação solar, as amplitudes térmicas e agentes químicos têm os seus efeitos minimizados devido à presença de revestimento vegetal e substrato que vão proteger as camadas mais suscetíveis de envelhecimento, como o caso da tela de impermeabilização (FLL, 2008).

As coberturas verdes também minimizam as anomalias provocadas pelo efeito do vento na camada de impermeabilização. O vento exerce forças de sucção, que podem provocar arrastamento do substrato e das plantas e, em situações extremas, o deslocamento de todo o sistema, assim como forças de fricção que resultam na erosão do revestimento vegetal. Estes efeitos verificam-se, principalmente, nas soluções de coberturas com impermeabilização e isolamentos não fixos ao suporte, com peso insuficiente nas camadas superiores. Os efeitos causados vão depender, essencialmente, das características do vento (intensidade e direção), características do edifício, forma e altura. O impacto do vento também vai variar ao longo da sua área (FLL, 2008).

A intensidade do efeito do vento vai depender não só das suas características, intensidade e direção, como das características do edifício, forma e altura. O impacto do vento na cobertura também vai variar ao longo da sua área, sendo as áreas centrais da cobertura mais protegidas dos seus efeitos. A degradação provocada sobre a vegetação pode ser minimizada pela colocação de seixo rolado ou outros elementos com peso nas zonas mais expostas, em particular em todo o perímetro da cobertura (FLL, 2008).

Para Morgado (2012), o uso indevido por parte dos utentes do imóvel por desconhecimento ou negligência poderá também levar a degradações prematuras nos diversos elementos que constituem uma cobertura. As operações de manutenção nestes sistemas podem também ser uma fonte de problemas, visto que os técnicos de manutenção nem sempre têm informação sobre o sistema construtivo onde estão a intervir, utilizando ferramentas inadequadas que podem deteriorar ou danificar os elementos abaixo do substrato, pisando repetidamente ou depositando cargas pontuais de equipamentos sobre a área de substrato que levará à sua compressão e a danos na vegetação.

6.2 ANOMALIAS

As anomalias das coberturas verdes, de forma geral, tem como principais causas (Tolderlund, 2010):

- deficiências na concepção e instalação da solução construtiva, em pontos únicos;
- dimensionamento incorreto do sistema de drenagem (v. Figura 14);
- falta de manutenção e limpeza do sistema de drenagem;
- deficiente funcionamento do sistema de rega;
- aplicação incorreta de sistemas de suporte dos equipamentos mecânicos, painéis solares, de árvores, entre outros;
- execução de operações de manutenção de forma incorreta.



Figura 14: Colapso da estrutura pelo inadequado sistema de drenagem instalado (Prates, 2012)

As anomalias da tela de impermeabilização são as mais perigosas, de difícil localização,, e a sua reparação é extremamente onerosa. A tela de impermeabilização está coberta e, assim, protegida dos principais agentes de degradação, reduzindo a incidência de anomalias nesta camada. Das várias anomalias identificadas nesta camada destaca-se a perfuração da tela como as mais gravosa (Morgado, 2012). As causas mais prováveis para este tipo de anomalia pode ser, a falta de cuidados na construção com execução de trabalhos sobre a tela já aplicada sem qualquer proteção, e assim pode levar à perfuração da impermeabilização ainda em obra devido a cargas pontuais sobre a mesma, a fixação posterior de objetos na cobertura e a inexistência de tela proteção adequada às raízes.

Na camada do substrato as anomalias surgem nos elementos mais expostos, como o deslocamento dos remates da cobertura ou a fissuração do revestimento betuminoso. Podem ser causadas maioritariamente pelos efeitos do vento, água, amplitudes térmicas altas,

temperaturas máximas altas e radiação ultravioleta. Destacam-se algumas anomalias, inundações associadas a uma camada drenante pouco espessa (Zinco, 2017), ao funcionamento ineficaz dos sistemas de drenagem, a uma camada drenante inadequada ou a um número insuficiente de pontos de escoamento, e o deslizamento e erosão devido ao efeito excessivo do vento, à falta de vegetação para consolidar a camada de substrato ou a um pendente excessivo sem qualquer camada de proteção e consolidação.

A camada de vegetação tem um papel primordial na proteção contra a erosão (Tolderlund, 2010). A erosão do substrato é considerada uma das principais anomalias, particularmente nas fases de instalação e desenvolvimento, sendo mais evidente nas coberturas verdes inclinadas, devido a uma maior exposição, à radiação solar e aos ventos em determinadas orientações. Há vários fatores a serem considerados, para evitar a erosão, a altura do ano em que a instalação é realizada é um fator importante, para que as condições sejam mais favoráveis para o crescimento e enraizamento da vegetação. Dever-se-á também seguir uma série de medidas complementares, como aplicação de substratos vegetais estáveis com cargas adequadas e mistura granulométrica correta, seleção de vegetação de maior durabilidade e com rapidez de cobertura da superfície, conservação do substrato úmido durante o primeiro ano (Raposo, 2013), aplicação de um fixador de solo que permita fixar as sementes e a superfície do substrato e a colocação de uma camada de proteção contra a erosão até o término do primeiro ano após a instalação (Tolderlund, 2010).

Na vegetação as anomalias mais comuns são a morte/seca da vegetação, que se deve, geralmente, à falta de rega ou asfixia radicular por excesso de água no substrato da cobertura. A morte, em áreas pontuais, pode-se dever também a pragas ou inadaptabilidade de algumas das espécies escolhidas (FLL, 2008) e a vegetação infestante, devido à rega, fertilização desnecessária e manutenção insuficiente.

O sistema de drenagem pode ser afetado, principalmente, por uma ineficaz manutenção, os erros de concepção e dimensionamento dos seus elementos, obstrução dos tubos de queda com o próprio sistema sem a colocação de proteção adequada e a inexistência de caixas de visita que facilitem a inspeção. Essas conseqüentes deficiências, no escoamento, levam à acumulação de água (v. Figura 15) e podem não só pôr em causa a sobrevivência da vegetação, bem como a sobrevivência estrutural do próprio edifício (Morgado, 2012).



Figura 15: Cobertura Verde com problemas de acumulação de água (Prates, 2012)

Outros autores, Farral & Costa (2011), enumeram outras possíveis anomalias que ocorrem nos sistemas de coberturas verdes e as suas causas prováveis (v. Tabela 4).

Tabela 4: Principais Causas e Anomalias em sistemas de coberturas verdes (Farral & Costa, 2011)

Principais Anomalias	Causas Prováveis
Estagnação Hídrica	- Declive insuficiente - Camada drenante inexistente ou inadequada - Número insuficiente de pontos de escoamento
Empolamento por ação do vento	- Substrato demasiado leve - Cobertura vegetal insuficiente - Erro de conceção e/ou instalação inexistente ou insuficiente para proteção contra o efeito da sucção
Queda de vegetação	- Escolha desadequada de plantas - Fixação inexistente ou inadequada - Profundidade de substrato insuficiente
Compactação do substrato	- Distribuição granulométrica desadequada (excesso de elementos finos no substrato) - Excesso de material argiloso - Excesso de matéria orgânica
Crescimento deficiente das plantas	- Escolha desadequada de plantas - Falta de integração entre plantas e a solução construtiva - Substrato inadequado - Manutenção insuficiente ou inexistente
Abandono	- Manutenção insuficiente ou inexistente

As anomalias inerentes à instalação e posterior funcionamento de todo o sistema da cobertura podem ser reduzidas ou eliminadas com uma correta conceção, execução e estratégia de manutenção. De modo a evitar riscos de instalação, diminuindo a possibilidade

de problemas futuros, existem algumas medidas a ter em conta, tais como (Prates, 2012 adaptado de 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.

As coberturas verdes não são um substituto direto dos espaços verdes urbanos permeáveis, funcionam com um elemento alternativo à construção responsável pela preservação dos ecossistemas, e instalado de forma isolada não é solução (Filipa, 2012).

7 SISTEMA DE COBERTURA VERDE

7.1 UNIÃO EUROPEIA

As primeiras orientações para a construção de coberturas verdes surgem na Alemanha, em 1982, com um guia elaborado pela Sociedade Alemã para a Investigação da Paisagem, Desenvolvimento e Construção, tendo este vindo a ser reformulado desde 1992, culminando num guia denominado “*FLL-Guidelines for Planning, Execution and Up keep of Green-Roofs Sites*” (GRO, 2016). O FLL é o documento guia de referência na área das coberturas verdes para a União Europeia, serve de apoio para o desenvolvimento dos regulamentos dos países próximos (Zinco, 2016). Neste guia, são apresentadas várias normas referentes às características técnicas das coberturas, sendo visto como essencial para a implementação de uma cobertura verde não apresentar problemas futuros.

Na União Europeia podemos destacar duas grandes organizações, a *Green Roof Organisation* (GRO) e a *European Federation Green Roofs & Walls* (EFB). A *Green Roof Organisation*, Organização das Coberturas Verdes, foi criada numa parceria da industria destes sistemas e as partes interessadas que se reuniram há mais de 10 anos para desenvolver um código de Prática para Coberturas Verdes no Reino Unido, e é considerada uma organização aberta e inclusiva (Living Roofs, 2016). Em 1997, as associações fundadoras de coberturas verdes da Áustria, da Alemanha e da Suíça criaram a *European Federation Green Roofs & Walls*. Desde então, juntaram-se várias associações como holandesa, belga, francesa, escandinava, húngara, italiana, polaca, checas, portuguesa e britânica, sendo que desde 2017, existem 16 associações membros na EFB. A *European Federation Green Roofs & Walls* e seus membros nacionais promovem ativamente o uso das coberturas verdes e fachadas verdes em toda a Europa (v. Figura 16) (EFB, 2016).



Figura 16: Hotel Spa, Tschuggen-Bengoase, Suíça (Zinco, 2016)

O código de prática da GRO para coberturas verdes baseia-se por defeito no código usado pela maioria dos países do mundo, o código de prática Alemão conhecido como FLL. Todos os países da União Europeia com um código de práticas basearam os seus códigos na FLL, sendo todos membros da EFB. Este código abrange três áreas importantes, o planeamento, a implementação e a manutenção, foi desenvolvido para o Reino Unido para garantir que o mercado das coberturas verdes oferece qualidade para o ambiente construído. Em Fevereiro de 2011, a GRO produziu a primeira edição do *Green Roof Code*, para o Reino Unido, e três anos mais tarde é publicada a última edição do Código (EFB, 2016).

7.1.1 Legislação e Políticas de Incentivo

Quase metade das cidades alemãs (120 cidades incluindo Berlim, Frankfurt, Karlsruhe, Munster e Estugarda), oferecem incentivos para enverdecimento de coberturas, sendo a principal razão a poupança significativa nos custos para aquecimento e ar condicionado (Grant, 2006). Em muitos casos, os subsídios financeiros variam entre 10€ e 20€ por m². Outras comunidades pagam um montante fixo por toda a cobertura verde que varia entre 25 % e 100% dos custos de instalação e materiais. Em geral, os programas de apoio fixam determinados critérios de qualidade para a solução de cobertura verde, garantindo que as coberturas verdes instaladas satisfazem todas as funções ecológicas exigidas (IGRA, 2017).

Um grande número de cidades, na Alemanha, introduziu impostos especiais de gestão de águas pluviais. A divisão entre taxas de águas pluviais e taxas de águas residuais fomentou a gestão natural da água da chuva. Por exemplo, as grandes superfícies impermeáveis, como parques de estacionamento de grandes centros comerciais ou de áreas industriais, exercem pressão sobre os sistemas de escoamento locais com elevados caudais de águas pluviais (IGRA, 2017). Munster foi uma dessas cidades, em que a gestão das águas pluviais era o principal motor para a implementação de estratégias para a implementar coberturas verdes. A cidade cobra taxas de acordo com o volume de água pluvial descarregada no sistema de drenagem municipal. Taxas essas que por sua vez são usadas para a operação e manutenção desse mesmo sistema (Grant, 2006). Contrariamente, as áreas de cobertura verde com alta capacidade de retenção de água são recompensadas com uma redução das taxas de até 50%. Caso não existam quaisquer águas pluviais a ser drenadas no sistema municipal de escoamento, a redução pode chegar até 100% (IGRA, 2017).

Atualmente, existem países que apresentam legislação que contemplam as coberturas verdes e cidades que apoiam e incentivam os projetos e construção destes sistemas, oferecendo, em alguns casos, financiamento ou redução de impostos. Isto acontece na maioria das grandes cidades de países como a Suíça, Alemanha, Reino Unido e Dinamarca. Brenneisen (2000), refere que na Suíça o movimento inicial em torno das coberturas verdes tinha por principal objetivo a proteção da biodiversidade. Em 1996, as autoridades de Basileia iniciaram uma campanha de apoio às coberturas verdes baseada na educação pública e profissional, por um período de tempo, os proprietários de casas poderiam solicitar, ao município local, 20% dos custos de investimento caso seguissem as recomendações de

enverdecimento das coberturas. Como resultado, em 18 meses, 3% dos edifícios de Basileia com cobertura plana foram adaptados com estes sistemas.

7.2 PORTUGAL

A tecnologia de coberturas verdes começou a surgir em Portugal nos anos 60, como exemplo o parque de estacionamento da Fundação Calouste Gulbenkian desenvolvido, (v. Figura 17), no início dos anos 70 (Costa, 2010).



Figura 17: Vista do Edifício da Fundação Calouste Gulbenkian (Fundação Gulbenkian, 2017)

Dunnet & Kingsbury (2008) constataram que nos países do Sul da Europa (Grécia, Itália, Espanha e Portugal), houve um menor desenvolvimento do conceito de coberturas verdes. A maior diferença é o clima seco do Verão poder significar que a cobertura extensiva estilo alemão com vegetação do tipo *Sedum* não será tão bem sucedida. Além disso, as reduzidas chuvas de Verão, em relação aos países do Centro e Norte da Europa, também podem indicar que o foco alemão na retenção de água da chuva é talvez menos aplicável. Por outro lado, (Köhler *et al.*, 2001), referem que nestes climas o maior benefício das coberturas verdes pode ser a redução da temperatura da superfície dos edifícios. Na Grécia, a grande dificuldade enfrentada pelos defensores das coberturas verdes extensivas está na atitude geral de que é gasto dinheiro adicional numa cobertura verde, então deverá ser acessível para uso de tempos livres (Dunnett & Kingsbury 2008).

Em Portugal, (Batista, 2004), apesar dos benefícios incontestáveis deste tipo de soluções, a adoção de coberturas verdes é ainda reduzida, devido a fatores como: a insuficiente consciencialização dos intervenientes sobre as suas vantagens, a divulgação deficiente dos conhecimentos técnicos para a conceção e sua execução; o oneroso acesso a produtos especializados e homologados, a inexistência de regulamentação de edificações específicas, a inexistência de incentivos fiscais que estimulem a adoção deste tipo de soluções, uma análise do custo global sob a ótica custo/benefício.

Em Portugal, foi criada a Associação Nacional de Coberturas Verdes (ANCV) é uma Associação da Sociedade Civil, sem fins lucrativos, que tem com objetivo a promoção das infraestruturas verdes nas cidades, principalmente aquelas que se podem instalar em edifícios (novos ou pré-existentes) como são as coberturas verdes, evidenciando a sua enorme importância, e os inúmeros contributos que podem dar para que seja possível criar territórios urbanos saudáveis, sustentáveis, bio diversos e resilientes (ANCV, 2016).

A ANCV desenvolve um conjunto de ações, tais como:

- Promoção, junto do Governo e dos Municípios, das coberturas verdes como parte das estratégias ambientais e energéticas;
- Promoção e divulgação de estudos científicos que demonstrem os inúmeros serviços que as coberturas verdes proporcionam;
- Estabelecimento de relações e desenvolvimento de trabalhos com as associações congêneres a nível europeu, com um foco especial nas que partilham as condições climáticas típicas do mediterrâneo;
- Criação de uma base de dados nacional de coberturas verdes;
- Organização e promoção de eventos de formação e divulgação;
- Edição de especificações técnicas que promovam bons projetos e boas obras;
- Divulgação de estudos, normas e guias técnicos nacionais e internacionais;
- Participação na criação e revisão da regulamentação e legislação nacional do sector.

Das empresas responsáveis pelas infraestruturas das coberturas verdes, no nosso país, podemos destacar a *Landlab* e *Neoturf*. A *Landlab*, surge em 2008 com objetivo de disponibilizar para outros técnicos e empresas das áreas de construção e dos espaços verdes, sistemas e produtos que, comprovadamente, resolvem situações de projeto e de obra, Figura 18 (Landlab, 2016). A *Landlab* é representante da *ZinCo* em Portugal, é certificada pela *European Technical Approval* (ETA), cumprindo ainda, com as FLL Green Roof Guidelines para o planeamento e instalação de coberturas verdes segundo as boas normas.

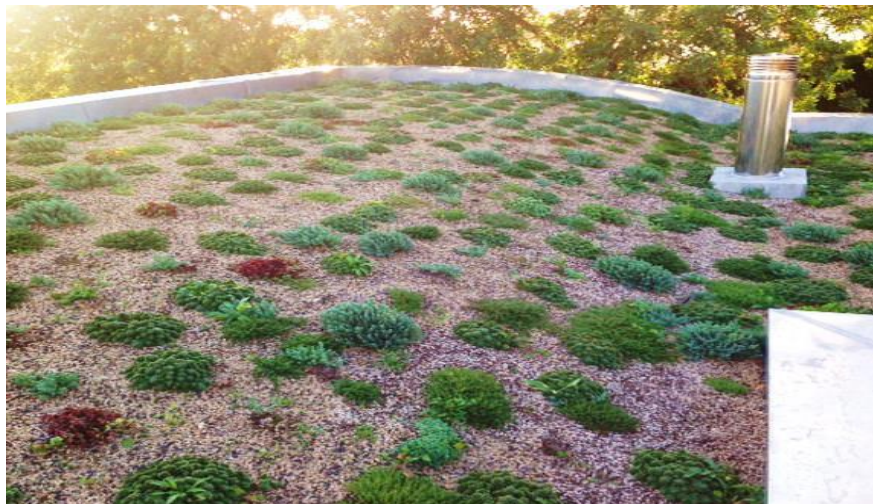


Figura 18: Casa das Amendoeiras, São Brás de Alportel (ANCV, 2016)

A *Neoturf* é uma empresa dedicada aos espaços verdes e coberturas ajardinadas (v. Figura 19), que opera em Portugal e no estrangeiro desde 1999 (Neoturf, 2016).



Figura 19: Moradia Particular, Vila Nova de Gaia (ANCV, 2016)

7.2.1 Legislação e Políticas de Incentivo

Devido à escassa utilização de coberturas verdes em Portugal, a sua construção e utilização ainda não é abrangida pela lei. A elevada utilização de coberturas verdes noutros países, tem destacado as características técnicas destas coberturas nesta área, podendo a sua utilização constituir mais uma ferramenta para a consecução dos objetivos propostos. Assim, e a partir da experiência adquirida noutros países, há que considerar a possibilidade da criação de legislação e de um sistema de incentivos financeiros, para que, a nível nacional, esta possa constituir uma solução construtiva regulamentada, contribuindo para a promoção da sustentabilidade nos projetos de construção.

7.3 OUTROS PAÍSES

A nível mundial, existe a *Internacional Green Roof Association* (IGRA), é uma rede global para a promoção e divulgação de informação sobre coberturas verdes e a sua tecnologia. Devido ao estatuto de organização multinacional e sem fins lucrativos, a IGRA oferece uma plataforma e a infraestrutura para os decisores políticos e investigadores. Os membros da IGRA são organizações nacionais, institutos de pesquisa e companhias das coberturas verdes. Os principais objetivos da associação são:

- A promoção mundial da ideia de ecologia das coberturas verde como ferramenta de desenvolvimento sustentável, regional e urbano.
- Transferência internacional de conhecimento dos domínios.

- Sensibilização da população e dos decisores políticos
- Estimulação de padrões internacionais de boas praticas e tecnologia confiável da cobertura verde;
- Promoção e apoio das campanhas nacionais das “coberturas verdes” pelos membros da IGRA.

A ideia básica do IGRA é o apoio do mercado de coberturas verdes a nível internacional, compartilhando conhecimentos e experiências no campo da tecnologia de telhado verde e relações públicas. Neste contexto, o secretariado da IGRA serve como um centro global de rede e coordenação. Atividades típicas da IGRA incluem oficinas, conferências, publicações e boletins informativos (IGRA,2016).

7.3.1 Legislação e Políticas de Incentivo

Outros países do mundo também apresentam legislação referente a coberturas verdes. No Canadá, na cidade de Toronto também já é obrigatório por lei a instalação de coberturas e são impostas as regras e técnicas para a sua construção. Nas grandes cidades da América do Norte apesar de já existirem as organizações estão a ser criados programas de incentivos. Em Filadélfia, as coberturas verdes são considerados espaços permeáveis, estando, por isso, isentos de requisitos de gestão de águas pluviais. Na Asia, Hong Kong, o governo elaborou estudos e criou um guia técnico de recomendação de design e construção. Em Tóquio foi criado um plano Municipal com linhas de Orientação técnica para a construção das coberturas com o principal objetivo de diminuir o efeito das ilhas de calor nas cidades, assim como Singapura onde existe um programa de financiamento (Dunnet & Kingsbury, 2008).



Figura 20: High Line, Nova Iorque (Zinco, 2016)

8 BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DE COBERTURAS VERDES

As coberturas verdes, para além de serem uma atração visual, oferecem benefícios ecológicos e económicos, desde que construídos de forma correta. Atualmente, estes sistemas têm sido valorizadas como formas de construções sustentáveis, existe, cada vez mais, uma necessidade de proteger o meio ambiente e recuperar dos impactes negativos causados pelo homem. Estes benefícios podem ser apenas a uma escala local, como um edifício, ou a uma escala mais alargada como uma cidade (José & Santos, 2012).

Tabela 5: Benefícios Ecológicos e Económicos das Coberturas Verdes

Benefícios	
Ecológicos	- Gestão de águas pluviais
	- Qualidade e tratamento das águas pluviais
	- Melhoria da qualidade do ar
	- Redução do efeito da “ Ilha de Calor”
	- Aumento do isolamento acústico
	- Criação de um habitat natural
	- Aumento do desempenho térmico
	- Reciclagem de Materiais
	- Prevenção contra incêndios
Económicos	- Redução de custos e manutenção do edifício
	- Aumento do espaço útil
	- Produção de alimentos – Agricultura Urbana
	- Potencial para adaptação a coberturas verde existentes

8.1 BENEFÍCIOS ECOLÓGICOS

8.1.1 Gestão de Águas Pluviais

Devido à grande quantidade de superfícies impermeáveis em ambientes urbanos, cerca de 75% da precipitação é perdida por escorrência superficial enquanto que apenas cerca de 5% fica retida na área florestal (Dunnet & Kingsbury, 2008). A ocorrência de fortes precipitações tem consequências graves para os sistemas de escoamento público, que são sobrecarregados com caudais elevados de água, resultando por vezes, no não tratamento dessas águas e na conseqüente descarga nos rios, aumentando o risco de cheias. Dunnett & Clayden (2008) constataram que, como os edifícios representam aproximadamente 40% a 50% das superfícies impermeáveis nas áreas urbanas, podendo os sistemas de coberturas verdes ter um importante contributo para a melhoria da qualidade da gestão das águas pluviais.

As coberturas verdes influenciam o escoamento das águas pluviais de várias formas. A precipitação pode ser absorvida pelos substratos de crescimento e pelas plantas, sendo posteriormente evaporada para a atmosfera. A água pode, também, ser retida e armazenada nas camadas drenantes e quando estiver em excesso, será drenada pelo sistema. Desta forma,

os sistemas de coberturas verdes reduzem os caudais de escoamento, e funcionam como amortecedor do fluxo de água entre a ocorrência da precipitação e a entrada no sistema de drenagem, dependendo do número de camadas da solução construtiva e da espessura do substrato de crescimento.

A água que fica retida na cobertura verde evapora ou é utilizada pelas plantas no processo de transpiração, sendo este que explica o potencial de retenção das coberturas (Vijayaraghavan, 2016). De uma maneira geral, o potencial de retenção de qualquer tipo de cobertura verde depende de vários tipos de fatores, tais como, a espessura do meio de crescimento, os elementos de drenagem e a sua capacidade de armazenamento, o tipo de vegetação e de cobertura, o volume de precipitação ocorrido, o tempo de seca anterior ao período e a inclinação da cobertura. Outro dos fatores, mais significativos, na retenção de água é o crescimento médio. Considerando que, a maior parte dos componentes que compõem o substrato das coberturas são materiais leves, a capacidade de retenção da humidade é normalmente elevada. O escoamento das coberturas sem vegetação é mais rápido do que nas coberturas com plantas e, também inclui maiores concentrações de poluentes dissolvidos. (Vijayaraghavan & Joshi, 2014).

Os diferentes tipos de espécies e diversidade de plantas de uma cobertura verde influenciam o escoamento. Segundo Nagase & Dunnett (2011), as espécies com um grande diâmetro, com altura mais elevada, maior brotação e raiz são as melhores. Para ser mais concretos as *Gramíneas* são as espécies mais eficazes para reduzir o escoamentos, seguidas pelas espécies de *Forbs* e *Sedum*. As espécies *Sedum* tem uma taxa de transpiração mais rápido que as outras espécies, e assim contribuem até 40% da capacidade da cobertura verde contudo, depende sempre do tamanho do período e da intensidade da precipitação (Vijayaraghavan, 2016).

Segundo o estudo realizado por Villarreal & Bengtsson (2005), a capacidade de armazenamento de água varia com a intensidade da chuva e o declive da cobertura. Sendo que, quanto maior a inclinação da cobertura e a intensidade da precipitação menor a retenção da água. Para uma precipitação com uma intensidade de 0,4 mm/min a capacidade de armazenamento foi de 62%, 43% e 39% em inclinações de 2°, 8° e 14° e, para uma intensidade de chuva de 0,8 mm/min em 2°, 8° e 14°, as retenções foram de 54%, 30% e 21%, respetivamente. Mentens *et al.* (2006), constataram que o enverdecimento de 10% nas coberturas, em Bruxelas, com uma solução extensiva de 10 cm de espessura de substrato, resulta numa redução de 2,7% das águas de escorrência em toda a região e de 54% em cada edifício em particular, verificaram ainda, que esta profundidade de substrato absorveu 69% de toda a precipitação no período de observação, sendo que reteve 100% na maioria das tempestades da estação quente (Dunnet & Kingsbury, 2008).

8.1.2 Qualidade e Tratamento das Águas Pluviais

Após a leitura de vários estudos, podemos considerar que a qualidade da água pode ser influenciada por fatores como, o tipo do meio de crescimento (lixiviação e sorção), o tipo de vegetação, quantidade de precipitação, fontes locais de poluição, tipo de cobertura verde

(intensiva ou extensiva), fertilização e práticas de manutenção, idade da cobertura verde, propriedades físicas e químicas dos poluentes e tipo de drenagem, sendo estes parâmetros importantes a considerar na projeção de uma cobertura verde (Tolderlund, 2010).

As coberturas verdes, geralmente, atuam como um dispositivo de retenção e armazenamento dos poluentes, estes são acumulados na camada do substrato e libertados quando a água de chuvadas intensas os elimina. Contudo, durante o percurso da água da chuva através do substrato e da vegetação existe a possibilidade de limpeza e contaminação. Teemusk & Mander (2007), realizaram uma avaliação de vários artigos de pesquisa sobre coberturas verdes, na qualidade e tratamento e águas pluviais, e concluíram que as coberturas podem ter um efeito positivo e negativo na qualidade da água. Para estes autores, este resultado é influenciado pelo tipo de escoamento, quanto mais lenta for a taxa de escoamento, maiores serão as concentrações de N, NH₄, -N total e matéria orgânica presentes na água. As chuvas mais intensas levam, ainda, mais fosfatos e nitratos para fora das coberturas verdes e, em caso de degelo, as águas apresentam maiores concentrações de todos os componentes devido à acumulação de poluentes atmosféricos na neve.

Existem autores, que consideram, mesmo, que as coberturas verdes podem ser uma fonte de contaminantes. Emilsson *et al.*, (2007), na sua experiência, mostra que a água da chuva apresentou menores concentrações dos contaminantes estudados que o escoamento das coberturas verdes. Embora, alguns metais aparecem em concentrações que correspondiam a água natural moderadamente poluída a qualidade do escoamento geral pode ser considerado bom.

A considerar que, qualidade do escoamentos nos três primeiros anos, pode também não ser representativo do escoamento da cobertura depois de estabelecida. Durante os primeiros dois a três anos, durante o processo de estabilização das coberturas, o escoamento da camada de vegetação pode prejudicar a qualidade das águas recetoras, contribuindo com quantidades substanciais de fósforo e fosfato (Vijayaraghavan & Joshi, 2014).

Em contrapartida, existe um grande potencial das coberturas para estabilizar e neutralizar o pH do escoamento. Contudo, o aumento de certos iões pode levar, também, ao aumento de concentrações de metais leves (Na, K, Ca e Mg), e em certas coberturas a libertação de metais pesados (Fe, Cu e Al). Estes sistemas, em muitos casos, podem lixiviar alguns nutrientes, como nitrato e fosfato. Sendo que, a descarga de nutrientes, das coberturas, pode ser associada ao uso de fertilizantes (Malcolm *et al.*, 2014). Os fertilizantes convencionais provocam maiores concentrações no escoamento do que os fertilizantes com uma libertação controlada (Emilsson *et al.*, 2007).

Em suma, as coberturas do tipo intensiva poluem, significativamente, mais o escoamento que as do tipo extensiva devido à profundidade de estratificação (Vijayaraghavan, 2016). Por outro lado, as coberturas verdes, sem camada vegetal não influenciam, significativamente, o conteúdo dos nutrientes no escoamento. Esta variação de opinião nos estudos realizados pode ser justificada, como referido anteriormente, devido às grandes variações na composição do substrato, idade, construção e manutenção.

8.1.3 Melhoria da Qualidade do Ar

As coberturas verdes contribuem para a redução do número de partículas poluentes do ar e seus compostos, não só através das plantas, mas também pela deposição na camada vegetal. As plantas através da fotossíntese reduzem o dióxido de carbono da atmosfera e produzem oxigênio, removem ainda alguns dos metais pesados, partículas em suspensão e compostos orgânicos voláteis. A absorção dessas partículas poluentes evita a sua entrada no sistema de água através da escorrência superficial, conduzindo à melhoria da qualidade do escoamento. No entanto, este efeito, só é efetivo, à escala urbana se um número elevado de coberturas forem revestidas com vegetação (Dunnet & Kingsbury, 2008).

Yang, *et al.*, (2008), realizaram um estudo sobre a redução do nível de poluição do ar, das coberturas verdes na cidade de Chicago. Sendo que, foram removidos um total de 1675 kg de poluentes do ar por 19,8 ha de coberturas verdes, durante um ano, em que Ozono (O₃) representa 52% do total, Dióxido de Azoto (NO₂) 27%, Partículas PM₁₀ 14% e Dióxido de enxofre (SO₂) 7%. O maior nível de remoção da poluição do ar ocorreu em Maio e o menor em Fevereiro. A remoção anual por hectare de cobertura verde foi de 85 kg/ha por ano. Os mesmos autores, referem que a quantidade de poluentes removidos pode aumentar para 2046,89 toneladas se todas as coberturas em Chicago fossem cobertas com sistemas de coberturas verdes intensivas. Este tipo de coberturas apresenta melhores características para a minimização da poluição do ar, pois existe a possibilidade de conterem pequenas árvores e arbustos (Vijayaraghavan, 2016). As árvores num meio urbano mostram benefícios, na atenuação da poluição do ar, com a sua capacidade para reduzir o CO₂ (Xiao *et al.*, 2014).

Li *et al.*, (2015), consideram que, esta capacidade das coberturas verdes para melhorar a qualidade do ar, pode ser afetada pelas espécies de vegetação, posição do telhado e a condição de fluxo do ar ambiente. As espécies de vegetação são um fator, crucial, na qualidade do ar, por apresentarem grandes diferenças significativas na captura e filtração de poluentes, dependendo do tipo de planta, superfície e tecido foliar presente na cobertura (Tolderlund, 2010).

8.1.4 Redução do Efeito da “Ilha de Calor”

A “ilha de calor” é um fenómeno que ocorre em todas as cidades, sendo resultado cumulativo de modificações na cobertura do solo e na composição da atmosfera, devido ao desenvolvimento urbano e às atividades antrópicas, é o exemplo mais bem documentado de uma modificação climática induzida pelo ser humano (Alcoforado *et al.*, 2006). A inclusão de coberturas verdes pode reduzir este fenómeno, introduzindo vegetação em algumas das superfícies mais quentes das áreas urbanas. Por meio de evapotranspiração e, simplesmente, cobrindo o telhado com uma superfície menos absorvente, as temperaturas podem ser reduzidas (Tolderlund, 2010).

O aumento das temperaturas aumenta a probabilidade de formação de fumos e, por consequência, maior risco de asma e outros problemas respiratórios, na saúde humana. Estes problemas resultam de vários fatores, tais como: o grande número de estruturas construídas com propriedades de absorção de calor; a redução da superfície de evaporação; a falta de

vegetação e o seu efeito de sombreamento e de evaporação; o aumento da superfície de escoamento; o aumento dos poluentes atmosféricos; o calor produzido pelos edifícios; e menor arrefecimento pelo vento por causa da geometria urbana. Além destes fatores, temos de considerar, para o aumento das temperaturas, o calor gerado por veículos, fábricas, entre outros (Dunnet & Kingsbury, 2008). Sendo que, as coberturas dos edifícios têm um contributo importante nesta problemática, as propriedades térmicas das coberturas verdes permite-lhes, à escala particular dos edifícios, amenizar os climas urbanos e em particular o efeito de “ilha de calor”. Castleton *et al.* (2010), referem que no verão, a área exposta, de uma cobertura com membrana asfáltica, à radiação pode chegar aos 80°C, enquanto que numa área equivalente de cobertura verde a temperatura é de apenas 27°C.

As coberturas verdes arrefecem a temperatura exterior através da perda de calor latente e da melhor refletividade da radiação solar incidente. A razão da radiação total eletromagnética refletida incidente é definida como “albedo”. Os mesmos autores, citando Gaffin *et al.* (2006), sugerem que as coberturas verdes são uma forma tão eficaz de arrefecimento como os revestimentos de elevada reflexão, com um albedo equivalente de 0,7- 0,85, em comparação com os 0,1- 0,2 de uma cobertura com membrana asfáltica.

Wong *et al.*, (2003), constataram através de medições efetuadas na estação quente, que o calor acumulado durante o dia numa cobertura exposta continua a entrar no edifício durante a noite, enquanto que numa cobertura revestida com vegetação, a acumulação de calor durante o dia é menor, e portanto, a transmissão deste durante a noite também é mais reduzida. Através da medição da temperatura do ar, na superfície da cobertura verde, verificou-se, ainda que, depois do pôr-do-sol, a temperatura ambiente reduz significativamente, e continua a arrefecer o ar ambiente ao longo da noite, enquanto que na cobertura exposta o calor armazenado é irradiado, aumentando a temperatura do ar ambiente interior (Castleton *et al.*, 2010).

De todos os benefícios dos sistemas de coberturas verdes, a diminuição do efeito de “ilha de calor” é um dos mais difíceis de contabilizar, até porque, só terá efeitos significativos à escala urbana se uma grande quantidade de coberturas verdes for instalada, ou em conjunto com a estrutura verde das cidades. Bass *et al.*, (2002), modelaram a influência das coberturas verdes na “ilha de calor” em Toronto, desenhando um cenário teórico, em que 50% dos edifícios no centro da cidade são revestidos com coberturas verdes. Verificaram que este cenário reduzia a temperatura média em cerca de 0,5°C. Contudo, a adição de um sistema de irrigação, no modelo, de modo a garantir uma eficaz evapotranspiração durante os períodos de stress hídrico, tinha um efeito mais expressivo, reduzindo a temperatura até 2°C, e permitindo aumentar a área afetada pelo arrefecimento passivo (Dunnet & Kingsbury, 2008).

As coberturas verdes traduzem assim ganhos económicos significativos pela redução dos custos de energia associados à construção de sistemas de refrigeração. Este fator pode ser afetado pelo design da cobertura, como a presença de humidade, área superficial,

espécies usadas, profundidade do substrato e composição do meio de cultivo (Tolderlund, 2010).

8.1.5 Aumento do Isolamento Acústico

As coberturas verdes funcionam como barreira entre os ambientes naturais exteriores e interiores (Landlab, 2016), geralmente, reduzem a poluição sonora provocada pelos espaços ferroviários e aéreo (Renterghem & Botteldooren, 2008). Estas soluções construtivas, podem aumentar o isolamento acústico nos edifícios, pois as ondas sonoras são absorvidas, refletidas ou desviadas. O substrato tende a bloquear as frequências mais baixas, enquanto que as plantas bloqueiam as frequências mais altas.

O estudo, realizado por Renterghem & Botteldooren (2008), mostra que ambas as coberturas verdes, extensivas e intensivas, reduzem a difração das ondas num edifício. Concluíram ainda que, a eficiência global das coberturas verdes extensivas é entre 15 cm e 20 cm e as coberturas intensivas superiores a 20 cm não produzem qualquer efeito. As baixas frequências são pouco afetadas pela presença de qualquer tipo de cobertura. Dunnet and Kingsbury (2008), através do estudo de uma cobertura verde, no aeroporto de Frankfurt, verificaram que 10 cm de substrato reduziram pelo menos 5 decibéis de transmissão sonora.

Uma cobertura verde pode assim reduzir o nível de ruído dentro do edifício entre 40 decibéis e 60 decibéis (Tolderlund, 2010). Contudo, a quantificação do isolamento acústico depende, essencialmente, do sistema usado e da profundidade da camada de substrato (Gedge & Frith, 2004). Os estudos sobre os benefícios acústicos das coberturas verdes são ainda muito limitados.

8.1.6 Criação de um Habitat Natural

As coberturas verdes, com ordenamento paisagístico, possibilitam devolver à natureza à cidade (Landlab, 2016). A expansão urbana afetou a saúde dos sistemas ecológicos, interrompeu os corredores de migração e manipulou os recursos e vegetação em ambientes naturais. As coberturas verdes podem comportar-se como uma medida intermediária para migração para espécies de insetos e pássaros, usando o ambiente urbano (v. Figura 21).



Figura 21: Biodiversidade nas coberturas verdes (EPA, 2009)

Para Wells & Grant (2004), desde o final dos anos 90, começaram a surgir estudos específicos sobre a biodiversidade em superfícies vegetais de edifícios. Sendo assim, possível mostrar que as espécies colonizam ou usam estas superfícies, o edifício, em certo sentido, como um monte ou um penhasco e, portanto, em teoria, quase todo o tipo de habitat e espécies poderiam existir num edifício. Concluíram que, as coberturas verdes produzem efeitos positivos na preservação da biodiversidade local, principalmente para aves (Brenneisen, 2000), invertebrados (Kadas, 2002) e no desenvolvimento de variedades de musgos. O potencial para a biodiversidade pode ser afetado pelo tipo de espécies e a sua altura, variação da superfície, alimento e altura do edifício (Tolderlund, 2010).

8.1.7 Aumento do Desempenho Térmico

As coberturas verdes melhoram o desempenho energético dos edifícios, tendo a capacidade de atenuar os extremos de temperatura (Landlab, 2016). Economizam, assim, energia devido ao seu melhor isolamento, o que melhora o conforto térmico dos intervenientes (Niachou *et al.*, 2001). Mas, podem apresentar eficiências diferentes consoante as estações do ano (Jones, 2002). Contudo, há quatro parâmetros que afetam, drasticamente, o desempenho térmico das coberturas verdes, no Inverno, a umidade do solo, a radiação solar, a temperatura do ambiente exterior e a possibilidade de neve. As coberturas verdes, reduzem o fluxo de calor através do telhado e assim, reduzem o uso de energia de aquecimento durante o inverno (Zhao & Srebric, 2012). A neve, por sua vez, diminui a resistência térmica da cobertura e aumenta o processo de transferência de calor através do telhado.

Jaffal *et al.*, (2012), considera que a eficácia das coberturas verdes no desempenho energético dos edifícios depende muito do clima. A melhoria do conforto térmico e a redução das necessidades de arrefecimento são mais eficazes em climas quentes. Nestes climas, as coberturas verdes podem aumentar as necessidades de aquecimento, mas esse aumento é menor quando comparado com a redução das necessidades de arrefecimento. No estudo realizado por estes autores, verifica-se ainda que na generalidade dos climas da Europa, as necessidades energéticas totais diminuem com a presença de coberturas verdes.

O uso de certos tipos de materiais, como componentes da cobertura verde, tem impacto em termos de energia e efeitos ambientais. Sendo que, o uso de materiais reciclados é altamente recomendado (Saadatian *et al.*, 2013). A camada de vegetação, também limita as cargas térmicas, radiação e a temperatura do ar (Wong *et al.*, 2003), o isolamento melhora assim na presença do meio de crescimento (Vijayaraghavan, 2016).

8.1.8 Reciclagem de Materiais

As coberturas verdes permitem incorporar materiais reciclados na sua constituição, temos por exemplo, a aplicação de um substrato com base em seixo rolado e pedaços britados de tijolo e telhas. Em Londres, tem havido uma tendência para uso de agregados reciclados provenientes do próprio local de construção, como base de substratos de crescimento. Isto reduz a necessidade de eliminação de resíduos para aterros sanitários. Cumpre-se assim, os objetivos, do governo do Reino Unido, para a reutilização dos agregados. No caso de serem

reutilizados a partir do próprio local de construção, reduz-se também o impacto de veículos pesados em trânsito para o local das obras (Gedge & Frith, 2004).

8.1.9 Prevenção Contra Incêndios

Uma cobertura bem projetada pode ser bem sucedida na prevenção da propagação contra incêndios. Algumas plantas podem ser mais resistente ao fogo que outras, as espécies suculentas apresentam quantidades mais significativas de água comparativamente às gramíneas que expostas a climas secos podem secar sazonalmente. A camada de matéria orgânica e a humidade mínima do sistema são outro fator eficaz na prevenção da propagação de um incêndio. Todas as coberturas verdes devem ser projetadas de acordo com os códigos de incêndios locais (Tolderlund, 2010).

8.2 BENEFÍCIOS ECONÔMICOS

8.2.1 Redução de Custos e Manutenção do Edifício

O tempo de vida útil, do sistema de coberturas verdes, depende do clima, da membrana impermeabilização e da região onde se encontra, uma cobertura pode durar até cerca de 2,5 vezes a 3 vezes mais que uma cobertura tradicional (Tolderlund, 2010). O sistema de impermeabilização, é a camada que traduz um maior benefício com a sua preservação, contra temperaturas extremas, exposição a raios UV e danos mecânicos, resultando em grandes poupanças com a manutenção.

As coberturas verdes podem se transformar num investimento lucrativo, como referido anteriormente, podem diminuir significativamente o consumo de energia (aquecimento/arrefecimento) e conseqüentemente dos custos energéticos relacionados. Podendo assim, ajudar a melhorar o micro clima em torno dos edifícios e economizar os custos associados a uma cobertura tradicional (Niachou *et al.*, 2001).

8.2.2 Aumento do Espaço Útil

Os fins para que são criadas as coberturas verdes é ilimitado, oferecendo um espaço adicional para inúmeras utilizações. Quando projetadas para espaços recreativos e de lazer, são espaços em áreas urbanas onde pouco restava no solo para espaços verdes (Neoturf, 2017). Ter uma cobertura verde significa, que o espaço em questão, pode ser usado de forma mais útil, sendo muitas vezes prescrito no plano de desenvolvimento (Landlab, 2016). Sendo uma alternativa aos espaços verdes convencionais, tem como vantagem o seu acesso ser limitado, conferindo ao espaço maior privacidade e segurança, e desta forma grande conforto aos seus utilizadores (Neoturf, 2017).

No Reino Unido, um trabalho do Urban Green Spaces Taskforce (2002), demonstrou os diversos benefícios que os espaços verdes podem oferecer, tais como, a função ecológica, o efeito suavizador do ambiente construído, manter a biodiversidade, auxiliando a saúde física e mental das pessoas. A saúde humana pode ser afetada de forma positiva pelas coberturas verdes, o acesso a espaços ao ar livre e vistas de configurações naturais resulta na redução de stress, melhora a saúde geral e aumenta o nível de produtividade no trabalho. A interação dos indivíduos com um ambiente natural encoraja a atividade social e física (Tolderlund, 2010). As coberturas verdes podem fornecer tanto visualmente como fisicamente espaços verdes acessíveis. Apesar de grande parte das coberturas serem visualmente "mortas" e pouco atrativas, a sua aparência pode ser amenizada pelo tipo de vegetação. Existem casos em que a única justificação para a instalação de uma cobertura verde é o fator estética(Gedge & Frith, 2004).

8.2.3 Produção de Alimentos – Agricultura Urbana

A produção de alimentos é uma preocupação crescente, como a qualidade e a forma como são produzidos. Uma das questões levantadas é o custo energético e a poluição causada pelo transporte (desde longas distâncias) deste tipo de produtos. As coberturas oferecem assim uma excelente oportunidade para a produção de vegetais e outros alimentos (Neoturf, 2016).

Como meio para combater a preocupante perda de terras férteis para o desenvolvimento urbano, Wells & Grant (2004), propuseram colocar hortas nas coberturas dos blocos habitacionais. Um dos exemplos de produção de alimentos em cobertura é o Hotel Fairmont em Vancouver, Canadá (v. Figura 22), cobre 195 m² e a profundidade de substrato é de 45cm, produz todas as ervas utilizadas no hotel. Simultaneamente, fornece um espaço exterior agradável para os hóspedes, permitindo aumentar as tarifas dos quartos situados à sua volta (Dunnet & Kingsbury, 2008).



Figura 22: Cobertura Verde do Hotel Fairmont, Canada (Hotel Fairmont, 2008)

As coberturas verdes não podem, contudo, substituir plantações em grande escala, mas ajudam a desenvolver um modelo para alimentos com pouca produção. Os jardins comunitários situados nos telhados podem ser ainda locais de educação e sensibilização. As coberturas verdes para a produção de alimentos exigem poucas alterações do sistema padronizado mas, precisam de ter em conta a profundidade do meio de cultivo para serem suficientes para sustentar plantas alimentares. A membrana de impermeabilização deve ser suficientemente protegida contra o uso frequente de ferramentas de jardinagem, e a fertilização pode ser necessária para manter a disponibilidade de nutrientes em meio de cultivo fortemente utilizado, a segurança e a qualidade dos produtos também devem ser tida em consideração (Tolderlund, 2010).

8.2.4 Adaptação de Coberturas Verdes a Edifícios Existentes

Niachou *et al.*, (2001), realizaram um estudo sobre a influência das coberturas verdes na poupança energética dos edifícios e do potencial para reabilitação, concluíram que os edifícios mais antigos são geralmente os que têm pior isolamento. Com a introdução de uma cobertura verde, verifica-se maior poupança, do que comparativamente, com edifícios mais recentes. Devido aos processos de construção bastante demorados, para fazer a diferença ao nível da quantidade de energia utilizada na construção e no combate às alterações climáticas, os edifícios existentes podem ser adaptados para o uso de coberturas verdes. Mas, para que tal aconteça, a cobertura existente deve ser capaz de suportar o peso do sistema.

9 DESVANTAGENS

As coberturas verdes apresentam algumas limitações, apesar de existirem muitos estudos sobre os benefícios que estes sistemas podem apresentar para os meios urbanos. Cada vez mais existe uma preocupação com os aspetos a ter em conta na instalação de uma cobertura. Estes sistemas são construídas sobre um telhado, o que influencia o comportamento natural do solo, impedindo a realização completa dos diferentes ciclos naturais, nomeadamente, o ciclo da água. Este tipo de sistema pode apresentar algumas desvantagens como, a manutenção, a capacidade da estrutura, garantias de sucesso e custos.

Para Gedge & Frith (2004) a manutenção é vista como um problema na implementação de coberturas verdes, devido ao seu custo, principalmente o das coberturas do tipo intensivo, que necessitam de uma manutenção regular, de corte, irrigação e outras atividades normais de jardinagem. No caso das coberturas do tipo extensivo, as necessidades de manutenção são baixas visto serem idealizadas para ser autossustentáveis, não significando todavia, ausência desta. Poderá assim, existir a necessidade de alguma manutenção após a instalação em termos de irrigação e fertilização, principalmente em climas secos. A rega e a fertilização ocasional, por sua vez, promovem o crescimento de ervas indesejadas, como por exemplo as ervas daninhas e por consequência uma necessidade de manutenção regular. Para diminuir o intervalo de irrigação é necessário uma seleção de plantas mais limitada, espécies suculentas, o que pode por consequência afetar o fim estético para que a cobertura foi idealizada (Nagase, *et al.*, 2013).

A prática das coberturas verdes foi desenvolvida principalmente para regiões frias onde as condições climáticas, e especialmente o regime de precipitação ao longo do ano, são favoráveis ao crescimento da vegetação, muitas vezes torna-se assim necessário, em zonas mais quentes, fertilização e processos de irrigação que não estavam contemplados no projeto inicial (Fioretti *et al.*, 2010).

Outra das principais desvantagens à implementação de sistemas de coberturas verdes, diz respeito à carga por eles exercida sobre a estrutura de suporte, e as consequentes implicações nos custos finais. Gedge & Frith (2004), afirmam que qualquer inclusão de carácter paisagístico numa cobertura terá implicações de carga que deverão ser usadas para o cálculo estrutural. Para Dunnett & Kingsbury (2008), as coberturas verdes, devem ser instaladas com elevados padrões de qualidade, principalmente no que diz respeito à membrana de impermeabilização, visto que qualquer reparação ou substituição implica custos adicionais elevados. Por esta razão, a incerteza de garantia da qualidade do revestimento vegetal por parte dos instaladores e fabricantes, é apontado por Gedge & Frith (2004), como outra das desvantagens destes sistemas. Os mesmos autores salientam que o normal é ser garantida a qualidade do sistema de impermeabilização e a sobrevivência das plantas. No caso das coberturas desenhadas para o desenvolvimento de biodiversidade, apenas é fornecida a garantia relativa ao sistema de impermeabilização.

Outro fatores que condicionam a instalação de uma cobertura verde é o custo do processo, muitas vezes, é considerado que as coberturas são investimentos a longo prazo

com retornos a curto prazo. Contudo, a instalação requer um investimento significativo e o custo pode variar com o tipo de cobertura verde, a dimensão, a localização geográfica, a mão de obra e o equipamento (Gedge & Frith, 2004). A manutenção e a eliminação final envolvem custos adicionais que muitas vezes não são contabilizados (Bianchini & Hewage, 2012).

Os materiais, que constituem os sistemas das coberturas verdes, levam em média 25 anos para equilibrar a poluição libertada no ar, devido ao processo de produção de polímeros que os constituem. Este processo pode ser afetado pelo tempo, a espessura de camadas, tipos de materiais e plantas usadas nas coberturas verdes, estas características afetam o processo na fase de fabrico e influenciam o desempenho ambiental das coberturas verdes. A eliminação das camadas de uma cobertura, no seu fim de vida, é feita com base, essencialmente, na deposição num aterro sanitário. O meio de cultivo pode ser reutilizada facilmente noutra fim, e a camada vegetal biodegrada rapidamente. Os polímeros são o principal problema porque o seu processo para se degradarem é lento. A aplicação de materiais reciclados pode ser, assim, uma forma de redução da pegada ecológica (Bianchini & Hewage, 2012).

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA UM TRABALHO FUTURO

Através da elaboração da presente dissertação concluiu-se, que as coberturas verdes apresentam mais benefícios que desvantagens na sua utilização. Os impactes ambientais realçam a importância destes sistemas como uma opção sustentável para a indústria da construção e para combater a urbanização. Os componentes das coberturas verdes, como o meio de crescimento, as espécies e a camada de drenagem são normalmente identificados como base de limitações estruturais, na seca e nos benefícios estéticos. Apesar dos benefícios das coberturas verdes serem numerosas há necessidade de serem bem estudados e estabelecidos.

Um dos principais problemas encontrados é a poluição do ar, provocada pelos polímeros usados nas camadas, que constituem as coberturas, tanto no processo de fabrico como no fim de vida. Contudo, a poluição libertada para o ar durante o processo de fabrico pode ser equilibrada a longo prazo. Devem ser assim realizadas investigações para explorar materiais que possam substituir este tipo de constituintes e melhorar a sustentabilidade geral das coberturas verdes, recorrendo ao uso/ reutilização de resíduos.

Existe também pouca pesquisa para analisar os custos dos sistemas das coberturas verdes para aplicações urbanas. O retorno do investimento inicial muitas vezes é desconhecido ou muito complexo para compreender. Torna-se assim crucial que a análise dos custos das coberturas verdes façam parte do processo de tomada de decisão. Outra lacuna encontrada, no decorrer deste trabalho, é, a falta de pesquisa local na instalação de coberturas verdes. Muitas vezes, as empresas de instalação e o governo que desenvolve políticas de incentivo desconhecem os componentes adequados para a sua localização geográfica. Os componentes das coberturas verdes importados geralmente tem um custo elevado ou podem existir possíveis falhas devido a problemas de falta de adaptabilidade.

A pesquisa desenvolvida, sobre este tema, é restrita a alguns países da Europa, América e Ásia. Cada país tem diferentes condições climáticas e diferentes formas de planeamento urbano, a pesquisa local torna-se assim de extrema importância para o sucesso das coberturas verdes. O meio de crescimento deve ter incluído materiais locais, e as espécies escolhidas devem ser nativas para aumentar a taxa de sucesso da cobertura. Sendo crucial que, o ciclo de vida dos materiais e a análise dos custos deva ser realizado em cada localidade geográfica para permitir que o consumidor final e as entidades responsáveis pelas políticas tenham uma perceção real.

Em Portugal, as coberturas verdes, são um sistema pouco estudado e com pouca aplicação. É necessário uma maior sensibilização da população, para o uso deste sistema e consciência ecológica, ao mesmo tempo que se deve promover as boas praticas de aplicação. Assim, a estratégia para que esta tecnologia seja uma mais valia deverá passar por existir incentivos para que as empresas e os privados possam adotar este tipo de medidas e criação de normas e boas praticas no projeto de instalação

Em suma, apesar das coberturas verdes serem um tema emergente e relativamente novo existe ainda uma necessidade de entender os verdadeiros benefícios e implicações deste tipo de sistemas nos meios urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcoforado, M. J. *et al.* (2006) ‘Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa’. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.

Andrade, N. C. (2007) *Desempenho Termico na Cobertura Verde utilizando a grama braclliaria Humidicola na cidade de São Carlos- SP.*

ANCV, *Associação Nacional de Coberturas Verdes.* Available at: <http://ancv.webnode.pt/> (Accessed: 14 November 2016).

Bass, B. *et al.* (2002) ‘Modelling the impact of green roof infrastructure on the urban heat island in Toronto’. *The Green Roof Infrastructure Monitor* , pp. 2–3.

Bates, A. J. *et al.* (2015) ‘Effects of recycled aggregate growth substrate on green roof vegetation development: A six year experiment’, in *Landscape and Urban Planning*, pp. 22–31.

Batista, S. B. (2004) *Impermeabilização de Cobertura em terraço- Diretrizes para o projeto.* Técnica de Lisboa.

Bianchini, F. and Hewage, K. (2012) ‘How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials’, in *Building and Environment*, pp. 57–65.

Blanusa, T. *et al.* (2013) ‘Alternatives to Sedum on green roofs: Can broad leaf perennial plants offer better “cooling service”?’ , in *Building and Environment*, pp. 99–106. d

Brenneisen, S. (2000) ‘Birds, Beetles and Spiders on Green Roofs.’ Switzerland: Basel University.

Brenneisen, S. (2004) ‘From biodiversity strategies to agricultural productivity’, in *Proceedings of the Second Annual International Green Roofs Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities.* Portland.

Butler, C. and Orians, C. M. (2011) ‘Sedum cools soil and can improve neighboring plant performance during water deficit on a green roof’, in *Ecological Engineering*, pp. 1796–1803.

Castleton, H. F. *et al.* (2010) ‘Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit’, in *Energy and Buildings*, pp. 1582–1591.

Cook-Patton, S. C. and Bauerle, T. L. (2012a) ‘Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review’, *Journal of Environmental Management*, 106, pp. 85–92.

Costa, L. M. L. (2010) *Espaços verdes sobre cobertura. Uma abordagem estética e ética.* Universidade de Lisboa.

Dunnett, N. and Clayden, A. (2007) *Rain Gardens: Managing Water Sustainably in the Garden and Designed Landscape.* Edited by Timber Press. Portland.

Dunnett, N. and Kingsbury, N. (2008) ‘Planting Green Roofs and Living Walls.’, in. London.

Dvorak, B. and Volder, A. (2010) ‘Green roof vegetation for North American ecoregions: A literature review’, in *Landscape and Urban Planning*, pp. 197–213.

Emilsson, T. *et al.* (2007) ‘Effect of using conventional and controlled release fertiliser on nutrient runoff from various vegetated roof systems’, in *Ecological Engineering*, pp. 260–271.

Emilsson, T. (2008) ‘Vegetation development on extensive vegetated green roofs: Influence of substrate composition, establishment method and species mix’, in *Ecological Engineering*.

EPA *.United States Environmental Protection Agency.* Available at: <https://www.epa.gov/heat-islands> (Accessed: 20 October 2016).

EFB. *European Federation Green Roofs & Walls*. Available at: <http://efb-greenroof.eu/about-us/> (Accessed: 20 October 2016).

Farral, H. and Costa, da F. (2011) *Prosperidade Renovável – Coberturas Vivas I*.

Farrell, C. *et al.* (2012) ‘Green roofs for hot and dry climates: Interacting effects of plant water use, succulence and substrate’, in *Ecological Engineering*, pp. 270–276.

Fioretti, R. *et al.* (2010) ‘Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate’, in *Building and Environment*, pp. 1890–1904.

Fishburn, D. C. (2004) ‘Practical considerations on design and installations of green roofs’. The waterproofing challenge.

FLL (2008) *FLL-Guidelines for Planning, Execution and Up keep of Green- Roofs Sites*

Gaffin, S. *et al.* (2006) ‘Energy Balance Modeling Applied to a comparison of white and Green Roof Coolinf Efficiency’. Boston.

Gedge, D. and Frith, M. (2004) ‘Green Roofs – Benefits and cost implications’. Birmingham.

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

Getter, K. L. G. and Rowe, D. B. (2006) ‘The role of extensive green roofs in sustainable development’, in *HortScience*, pp. 1276–1285.

Getter, K. L. and Rowe, D. B. (2008) ‘Media depth influences Sedum green roof establishment’, in *Urban Ecosystems*.

Grant, G. (2006) *Green roofs and façades*. Edited by BRE Press. Reino Unido .

Pledfe, E.(2005) ‘Green Roofs: Ecological Design and construction’ in *Earth Pledge*. Schiffer Publishing. New York.

GRO. Green Roof Technology . Available at: <http://www.greenrooftechnology.com/greenroof-system> (Accessed: 20 October 2016).

Heneine, M. C. A. de S. (2008) *Cobertura verde*. Escola de Engenharia .

IGRA. Available at: http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php (Accessed: 14 October 2016).

IST (2012) *Desempenho do granulado de autoproteção de membranas betuminosas*. Instituto Superior Tecnico.

Jacobson, C. R. (2011) ‘Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: A review’, *Journal of Environmental Management*, 92(6).

Jaffal, I., Ouldboukhite, S.-E. and Belarbi, R. (2012) ‘A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance’, *Renewable Energy*, pp. 157–164.

Jones, R. A. (2002) ‘Tecticolous Invertebrates - a Preliminary Investigation of the Invertebrate Fauna on Ecoroofs in Urban London’. London: English Nature.

Kadas, G. (2002) ‘Study of Invertebrates on Green Roofs. How Roof Design can Maximise Biodiversity in an Urban Environment’. London: Unpublished MSc thesis, University College London.

Köhler, M. *et al.* (2001) ‘Urban Water Retention by Greened Roofs in Temperate and Tropical Climate’. Singapore.

Köhler, M. (2006) ‘Long-term vegetation research on two extensive green roofs in Berlin’, in *Urban Habitats*, pp. 4–36.

Kolokotsa, D., Santamouris, M. and Zerefos, S. C. (2013) ‘Green and cool roofs’ urban heat island mitigation potential in European climates for office buildings under free floating conditions’, in *Solar Energy*, pp. 118–130.

Landlab. Available at: <http://www.landlab.pt/> (Accessed: 20 December 2016).

Living roofs. Available at: <https://livingroofs.org/code-practice-green-roof-organisation/> (Accessed: 20 October 2016).

Macivor, J., Ranalli, M. . and Lundholm, J. T. (2011) ‘Performance of dryland and wetland plant species on extensive green roofs’, in *Ann. Bot.*, pp. 671–679.

Madrigal, L. O. (2012) *Propuesta Metodologica para Estimar la Vida Util de Las Sistemas Constructivos das Fachadas y Cubiertos Utilizados Actualmente con Más Frecuencia en la Edificacion Espanhola a partir del Metodo Propuesto por la Norma ISO-15686*. Politecnica de Valencia .

Mentens, J., Raes, D. and Hermy, M. (2006) *Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?* Elsevier.

Mesquita, A. T. (2017) ‘BENEFÍCIOS DAS COBERTURAS VERDES’. Portugal . Available at: http://www.csustentavel.com/wp-content/uploads/2016/03/pes_ubi_landlab.pdf.

Mingjie ZhaoEmail authorJ. Srebric (2012) ‘Assessment of green roof performance for sustainable buildings under winter weather conditions’, *Journal of Central South University*, (3).

MONTEIRO, A. C. S. A. (2010) *Coberturas "verdes"; Mitos e Realidades*. Universidade de Coimbra .

Morgado, J. N. P. L. V. (2012) *Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes*. Universidade Tecnica de Lisboa . Available at:

Nagase, A. and Dunnett, N. (2011) ‘The relationship between percentage of organic matter in substrate and plant growth in extensive green roofs’, in *Landscape and Urban Planning*, pp. 230–236.

Nagase, A. and Dunnett, N. (2012) *Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure*, *Landscape and Urban Planning*.

Nagase, A., Dunnett, N. and Choi, M.-S. (2013) ‘Investigation of weed phenology in an establishing semi-extensive green roof’, *Ecological Engineering*, 58, pp. 156–164.

Niachou, A. *et al.* (2001a) ‘Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance’, in *Energy and Buildings*, pp. 719–729.

Niachou, A. *et al.* (2001b) ‘Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance’, *Energy and Buildings*, pp. 719–729.

Oberndorfer, E. *et al.* (2007) ‘<http://www.bioone.org/doi/full/10.1641/B571005>’. American Institute of Biological Sciences.

Ondoño, S., Bastida, F. and Moreno, J. L. (2014) ‘Microbiological and biochemical properties of artificial substrates: A preliminary study of its application as Technosols or as a basis in Green Roof Systems’, in *Ecological Engineering*, pp. 189–199.

Palha, P. (2011) ‘Revista da Associação Portuguesa de Horticultura nº 106’.

- Peck, S. and Kuhn, M. (2000) 'Design Guidelines for Green Roofs'. Toronto.
- Peck, S. W. and Callaghan, C. (1999) 'STATUS REPORT ON BENEFITS, BARRIERS AND OPPORTUNITIES FOR GREEN ROOF AND VERTICAL GARDEN TECHNOLOGY DIFFUSION'.
- Peck, S. W. and Kuhn, M. (2003) 'Design guidelines for green roofs'. Toronto.
- Prates, J. F. M. (2012) *Desempenho de coberturas verdes em zonas urbanas*. Universidade de Aveiro.
- Van Renterghem, T. and Botteldooren, D. (2008) 'Numerical evaluation of sound propagating over green roofs', in *Journal of Sound and Vibration*, pp. 781–799.
- Rowe, D. B. (2011) 'Green roofs as a means of pollution abatement', in *Environmental Pollution*, pp. 2100–2110.
- Rowe, D. B., Getter, K. L. and Durhman, A. K. (2012) 'Effect of green roof media depth on Crassulacean plant succession over seven years', in *Landscape and Urban Planning*, pp. 310–319.
- Saadatian, O. *et al.* (2013) 'A review of energy aspects of green roofs', in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 155–168.
- Santos, J. D. P. (2012) *Desempenho térmico de uma cobertura verde num edifício solar passivo*. Universidade de Aveiro.
- She, N. and Pang, J. (2010) 'Physically based green roof model', *Hydrologic Engineering*, 15, pp. 458–464.
- Speak, A. F. *et al.* (2012) 'Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city', in *Atmospheric Environment*, pp. 283–293.
- Teemusk, A. and Mander, Ü. (2007) 'Rainwater runoff quantity and quality performance from a greenroof: The effects of short-term events', in *Ecological Engineering*, pp. 271–277.
- 'The GRO Green Roof Code' (2011). Groundwork Sheffield. Available at: <http://www.thegreenroofcentre.co.uk/Library/Default/Documents/GRO ONLINE.pdf>.
- Ting, I. P. (1985) *Crassulacean Acid Metabolism*. California.
- Tolderlund, L. (2010) 'Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West'.
- Townshend, D. (2007) 'Study on Green Roof Application in Hong Kong', in *Final Report*, pp. 42–53.
- Urban Green Spaces Taskforce (2002) 'Green Spaces, Better Places'. West Yorkshire.
- Vijayaraghavan, K. (2016a) 'Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends', in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 740–752.
- Vijayaraghavan, K. (2016b) *Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Vijayaraghavan, K. and Joshi, U. M. (2014a) 'Can green roof act as a sink for contaminants? A methodological study to evaluate runoff quality from green roofs', in *Environmental Pollution*,
- Vijayaraghavan, K. and Joshi, U. M. (2014b) *Can green roof act as a sink for contaminants? A methodological study to evaluate runoff quality from green roofs*, *Environmental Pollution*.
- Vijayaraghavan, K. and Raja, F. D. (2014) 'Design and development of green roof substrate to improve runoff water quality: Plant growth experiments and adsorption', in *Water Research*, pp.
-

94–101.

Vijayaraghavan, K. and Raja, F. D. (2015) ‘Pilot-scale evaluation of green roofs with Sargassum biomass as an additive to improve runoff quality’, in *Ecological Engineering*, pp. 70–78.

Villarreal, E. L. and Bengtsson, L. (2005) ‘Response of a Sedum green-roof to individual rain events’, in *Ecological Engineering*, pp. 1–7.

WELLS, M. . and Grant, G. (2004) ‘Biodiverse Vegetated Architecture Worldwide: Status, Research and Advances’. Bournemouth.

WELLS, M. and Grant, G. (2004) ‘Biodiverse Vegetated Architecture Worldwide: Status, Research and Advances.’, in *Sustainable new housing and major developments: rising to the ecological challenges*. Bournemouth.

Werthmann, C. (2007) ‘Green roof: a case study – Design by Michel Van Valkenburgh Associates for the headquarters of the American Society of Landscape Architects’, in. New York: Princeton Architectural Press.

Wong, N. H. *et al.* (2003) ‘Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment’, in *Building and Environment*, pp. 261–270.

Xiao, M. *et al.* (2014) ‘A review of green roof research and development in China’, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 633–648.

Yang, J., Yu, Q. and Gong, P. (2008) ‘Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago’, in *Atmospheric Environment*, pp. 7266–7273.

Zhao, M. *et al.* (2014) ‘Effects of plant and substrate selection on thermal performance of green roofs during the summer’, in *Building and Environment*, pp. 199–211.

Zinco. Available at: <http://www.zinco.pt/sistemas/index.php> (Accessed: 30 November 2016).