

# **INTRODUÇÃO ÀS COBERTURAS AJARDINADAS**

**CATARINA ISABEL DA ROCHA CORREIA PINTO**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor Vitor Carlos Trindade Abrantes de  
Almeida

JUNHO DE 2014

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2013/2014**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Às Pessoas da minha vida.



## **AGRADECIMENTOS**

A conceção de uma dissertação pressupõe um trabalho pessoal de ponderação, investigação e inspiração.

Não é um trabalho meramente individualista, sendo fruto de vários contributos.

Finalizada esta “construção” gostaria de gravar o meu profundo agradecimento a todos os que contribuíram para este processo de criação.

Aos meus Pais que tanto me ajudaram e incentivaram, possibilitando esta caminhada.

Ao João pelo amor, carinho e confiança.

Ao Professor Vitor Abrantes pela orientação, estímulo, crédito e paciência tão necessária para a realização deste trabalho.

E a todos que de uma forma ou de outra me incentivaram e apoiaram na realização do trabalho.



## **RESUMO**

Se todos os telhados dos prédios de uma cidade pudessem ser parcial ou totalmente cobertos de vegetação, o teto urbano seria verde.

Uma das mais valiosas características das coberturas ajardinadas é o facto de gerar uma série de benefícios sociais, económicos e ambientais, tanto a um nível público como privado.

Dois dos grandes argumentos para a optar pela construção de uma cobertura ajardinada numa cidade são a redução dos gases de estufa e do escoamento superficial.

Um edifício tradicional absorve a radiação solar e emite-a sob a forma de calor, causando uma elevação de temperatura de pelo menos 4°C na temperatura de uma cidade.

Resumidamente uma cobertura ajardinada é uma cobertura tradicional parcial ou completamente tapada por plantas e terra vegetal, sobrepostas sobre um sistema de impermeabilização. As coberturas ajardinadas são igualmente denominadas por telhados verdes, coberturas ecológicas e telhados vivos. Existem duas grandes categorias de coberturas ajardinadas: extensiva ou intensiva, dependendo da altura da camada de terra vegetal e manutenção necessária. Em edifícios residenciais o mais comum é adotar coberturas ajardinadas extensivas.

Alguns países introduziram incentivos financeiros ao uso deste tipo de solução ambientalmente sustentável. Por exemplo, em cerca de 40% das cidades alemãs, as entidades oficiais suportam 60% dos encargos com a execução e manutenção de coberturas ajardinadas.

As coberturas ajardinadas constituem uma alternativa em grandes cidades com pouco espaço para zonas verdes pois são uma forma de tornar a paisagem urbana menos artificial e de contribuir para a sustentabilidade ecológica do ambiente urbano, já que oferece inúmeras vantagens e beneficia tanto o utilizador do edifício como o meio ambiente.

Esta dissertação é uma revisão do estado de arte das coberturas ajardinadas, relativamente à sua constituição, tipo, benefícios e desvantagens, custos e a apresentação de alguns casos de estudos de sucesso na aplicação desta tecnologia em Portugal e no Mundo.

**PALAVRAS-CHAVE:** coberturas, ajardinadas, intensivas, extensivas, sustentabilidade



## **ABSTRACT**

If all the buildings roofs in a city could be partially or fully covered with plants, the urban roof would be green.

One of the most worthy features of green roofs is the fact that they provide a series of social, economic and environmental benefits both at a public and private level.

Two of the main advantages of the choice to build a green roof in a city are the reduction of greenhouse gases and of the superficial drainage.

A traditional building absorbs the sun radiation and releases it through heat, causing a rise in temperature of, at least, 4° degrees celsius in a city's temperature.

To sum up, a green roof is a traditional one, partially or fully covered by plants and land, placed on in the permeabilization system. Green roofs are also called ecological roofs and live roofs.

There are two great categories of green roofs: extensive or intensive, depending on the height of the land layer and on the necessary maintenance. In residential buildings the most common choice is the extensive green roof.

Some countries introduced financial incentives on the use of this kind of solution, environmentally sustainable. For example, in about 40% of German cities, the official institutions support 60% of the building and maintenance costs of green roofs.

These roofs are an alternative in cities with little room for green areas, as they are a way of making the urban landscape less artificial and also of contributing to the ecological sustainability of the urban environment, offering many advantages both to the building's user and to the environment.

This essay is a revision of the state of the art of green roofs - regarding their composition, type, benefits, disadvantages and costs – and presents some case studies of success in the use of this technology in Portugal and around the world.

**KEYWORDS:** roofs, green roofs, intensive, extensive, sustainability, environment



**ÍNDICE GERAL**

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	1
1.2. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	3
<b>2. COBERTURAS AJARDINADAS</b> .....	5
2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO .....	5
2.2. TIPOS DE COBERTURAS AJARDINADAS .....	6
2.2.1. INTENSIVA.....	8
2.2.2. EXTENSIVA .....	8
2.3. COMPONENTES DAS COBERTURAS AJARDINADAS .....	10
2.3.1. SUPORTE .....	10
2.3.2. CAMADA DE FORMA.....	10
2.3.3. SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO .....	10
2.3.4. ISOLAMENTO TÉRMICO.....	12
2.3.5. CAMADA DRENANTE.....	12
2.3.6. CAMADA FILTRANTE.....	12
2.3.7. TERRA VEGETAL .....	13
2.3.8. PLANTAS .....	13
<b>3. SÍNTESE DE CASOS REAIS NO MUNDO</b> .....	17
3.1. INTRODUÇÃO .....	17
3.2. EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO .....	18
3.2.1. NEW PROVIDENCE WHARF – LONDRES .....	18
3.2.2. MORADIA UNIFAMILIAR EM PERISTERI, ATENAS.....	19
3.2.3. LILLIE ROAD, LONDRES.....	20
3.2.4. MORADIA UNIFAMILIAR – “FISH HOUSE”, SINGAPURA .....	21

3.2.5 TORRE VERDE – LISBOA .....	22
<b>3.3. EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS, INDUSTRIAIS E COMERCIAIS E ESPAÇOS RECREATIVOS .....</b>	<b>23</b>
3.3.1 MILLENNIUM PARK.....	23
3.3.2 ACROS FUKUOKA.....	25
3.3.3 CHICAGO CITY HALL .....	26
3.3.4 COMPLEXO DA EXPO SARAGOÇA 2008 .....	27
3.3.5 ETAR DE ALCÂNTARA.....	29
3.3.5 ESCOLA DE ARTE, DESIGN E MULTIMÉDIA DE NANYANG, SINGAPURA .....	29
<b>4. BENEFÍCIOS DAS COBERTURAS AJARDINADAS.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1. BENEFÍCIOS DAS COBERTURAS AJARDINADAS .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2. BENEFÍCIOS A NÍVEL PRIVADO – PONTO DE VISTA DO PROMOTOR DO EDIFÍCIO .....</b>	<b>31</b>
4.2.1. AUMENTO DA DURABILIDADE DA COBERTURA .....	31
4.2.2 ISOLAMENTO ACÚSTICO.....	31
4.2.3 CONFORTO TÉRMICO.....	32
4.2.4 RESISTÊNCIA AO FOGO .....	32
4.2.4 BENEFÍCIOS ADICIONAIS .....	33
<b>4.3. BENEFÍCIOS PÚBLICOS.....</b>	<b>34</b>
4.3.1. REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL .....	34
4.3.2. REDUÇÃO DOS GASES EFEITO ESTUFA E DIMINUIÇÃO DO AQUECIMENTO GLOBAL.....	36
4.3.3. NOVOS HABITATS PARA PLANTAS E ANIMAIS .....	37
4.3.4. BENEFÍCIOS ESTÉTICOS – AUMENTO DAS ÁREAS VERDES.....	37
<b>5. CUSTOS DAS COBERTURAS AJARDINADAS.....</b>	<b>39</b>
<b>5.1. CUSTOS DAS COBERTURAS AJARDINADAS.....</b>	<b>39</b>
5.1.1. AUMENTO DA DURABILIDADE DA COBERTURA.....	40
5.1.2. POUPANÇA EM COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS.....	40
5.1.3. POUPANÇA NA DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS .....	40
<b>5.2. FATORES QUE INFLUENCIAM OS CUSTOS.....</b>	<b>41</b>
<b>5.3. ANÁLISE DOS CUSTOS DO CICLO DE VIDA – ANÁLISE LCC .....</b>	<b>42</b>

<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	47
<b>6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	47
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	49

# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades.

Baseia-se em conceitos chave:

- O conceito de “necessidades”, sobretudo as necessidades essenciais dos pobres no mundo, que devem receber a máxima prioridade;
- A noção das limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõe ao meio ambiente, impedindo-o de atender as necessidades presentes e futuras.

No seu sentido mais amplo, a estratégia de desenvolvimento sustentável visa promover a harmonia entre os seres humanos e entre a humanidade e a natureza. No contexto específico das crises do desenvolvimento e do meio ambiente surgidas nos anos 80 – que as atuais instituições políticas e económicas nacionais e internacionais ainda não conseguiram e talvez não consigam superar, a busca do desenvolvimento sustentável requer:

- Um sistema político que assegure a efetiva participação dos cidadãos no processo decisório;
- Um sistema económico capaz de gerar excedentes e know-how técnico em bases confiáveis e constantes;
- Um sistema social que possa resolver as tensões causadas por um desenvolvimento não equilibrado;
- Um sistema de produção que respeite a obrigação de preservar a base ecológica do desenvolvimento;
- Um sistema tecnológico que busque constantemente novas soluções;
- Um sistema internacional que estimule padrões sustentáveis de comércio e financiamento;
- Um sistema administrativo flexível e capaz de autocorrigir-se.

Como é sabido a construção é um dos sectores com maior peso nos países ditos desenvolvidos.

Curiosamente quando assistimos a um ciclo de expansão económico também se verifica uma mudança favorável na atividade da construção.

Podemos portanto concluir que a construção é sem qualquer duvida um dos sectores dinamizadores da economia.

A importância conhecida do sector da construção dá-nos a ideia dos grandes esforços que devemos levar a cabo de forma a atingir um modelo de construção que não desperdice energia nem recursos naturais e que também não provoque uma produção exagerada de resíduos, denominados resíduos de construção e demolição.

Em definitivo importa encontrar o desenvolvimento de um modelo de construção sustentável!

Podemos definir construção sustentável como aquela que tem especial respeito e compromisso para com o meio ambiente, que implique o uso eficiente da energia e da água, o recurso a materiais e soluções não prejudiciais ao ambiente, tornando-se numa solução mais saudável e com uma redução dos impactos ambientais.

Propõe-se quatro princípios básicos da construção sustentável:

- Integração e respeito pelo meio envolvente onde se insere
- Poupança energia
- Poupança recursos
- Feita a pensar nos usuários finais

Uma construção sustentável terá de resultar de um esforço de convergência de todos estes princípios de forma a assegurar o cumprimento do essencial de cada um deles.

O desenvolvimento sustentável está inerentemente ligado ao conceito de inovação, inovando os processos e propondo soluções. Estas inovações são cada vez mais, obtidas através da cooperação de diferentes sectores do conhecimento.

Uma importante inovação para a qual é necessário progredir é a reorganização e reestruturação do sector da construção. É indispensável uma revolução na mentalidade dos intervenientes na construção desde o promotor ao consumidor.

Plantar nas coberturas e telhados é um dos mais inovadores campos de desenvolvimento da construção sustentável, sendo claramente uma solução com benefícios climáticos e tendo também a vantagem de melhorar a qualidade de vida urbana.

Uma cobertura ajardinada consiste essencialmente em duas camadas, uma de terra vegetal e outra de plantas, plantadas sobre uma base impermeável. E outras camadas, como isolamento térmico, camada drenante e camada filtrante.

As vantagens desta solução são imensas. Está provado que as coberturas ajardinadas reduzem os custos energéticos associados ao aquecimento e arrefecimento dos edifícios. São também consideradas um ótimo isolamento térmico. Atraem insetos e outros animais, criando novos habitats. Ajudam a reduzir o problema do escoamento superficial nos meios urbanos. Criam novos espaços verdes nas cidades, que instigam novos espaços recreativos para os utentes.

Esta dissertação ambiciona uma introdução na tecnologia das coberturas ajardinadas e uma análise à sua implementação em Portugal e no resto do mundo, apresentando para isso uma série de casos reais.

## **1.2. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A presente dissertação encontra-se organizada em 6 capítulos.

Nos pontos seguintes, apresenta-se o resumo da informação contida em cada um dos capítulos.

- **CAPÍTULO 1:** Este capítulo constitui a introdução da dissertação, no qual se elaboram algumas considerações iniciais sobre o âmbito da mesma e se apresenta a justificação da sua elaboração;
- **CAPÍTULO 2:** Neste segundo capítulo, apresenta-se um enquadramento histórico deste tipo de sistema construtivo e uma caracterização exaustiva do sistema das coberturas ajardinadas, descrevem-se os diversos constituintes do sistema e as suas principais características. Simultaneamente apresentam-se os dois grandes tipos de coberturas ajardinadas existentes;
- **CAPÍTULO 3:** Neste capítulo são apresentados uma síntese de casos reais de sucesso da aplicação de coberturas ajardinadas em Portugal e no Mundo;
- **CAPÍTULO 4:** No quarto capítulo, são enumeradas as distintas vantagens da aplicação deste sistema construtivo, tanto a nível particular, ou seja do ponto de vista do promotor privado, como a nível público;
- **CAPÍTULO 5:** Neste capítulo é feita uma breve análise aos custos associados à implementação de coberturas ajardinadas;
- **CAPÍTULO 6:** O último capítulo, apresenta as considerações e conclusões gerais relativamente à dissertação;
- **Bibliografia:** Na bibliografia são indicados todos os documentos que serviram de referência à elaboração da presente dissertação;



# 2

## COBERTURAS AJARDINADAS

### 2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

As primeiras coberturas verdes conhecidas são os famosos Jardins Suspensos da Babilónia que foram construídos entre os anos de 700 e 500 A.C..

É talvez uma das sete maravilhas do mundo relatadas sobre a que menos se sabe. Muito se especula sobre suas possíveis formas e dimensões, mas nenhuma descrição detalhada ou vestígio arqueológico foi encontrada.

Os terraços foram construídos uns em cima dos outros e eram irrigados pela água bombeada do rio Eufrates. Nesses terraços estavam plantadas árvores e flores tropicais e alamedas com altas palmeiras.

Dos jardins podia-se ver as belezas da cidade abaixo. Não se sabe quando foram destruídos.



Fig.1 – Representação dos Jardins Suspensos da Babilónia imaginado por Martin Heemskerck

(Fonte: <http://povosdaantiguidade.blogspot.pt/2008/07/civilizacao-babilnica-historia-da.html>)

Posteriormente há registo da existência de jardins nas coberturas na era dos Romanos entretanto destruídas pela erupção do Vesúvio no ano 79 D.C..

As coberturas ajardinadas não são portanto um novo fenómeno. Elas são uma solução construtiva em muitos países há centenas, senão milhares de anos, principalmente usadas pela excelente qualidade térmica devido à combinação da camada de solo e plantas.

Em países frios como a Islândia e Escandinávia as coberturas ajardinadas retêm o calor no interior das habitações, pelo contrário em países quentes como a Tanzânia proporcionam refrigeração natural ao edifício.

Dois modernos defensores da tecnologia das coberturas ajardinadas foram os Arquitetos Le Corbusier e Frank Lloyd Wright. No entanto a sua utilização por parte deste Arquitetos era feita para responder a necessidades tais como, no caso do Le Corbusier a encorajar novos espaços verdes urbanos, já que ele via as coberturas ajardinadas como tal, e Wright usava as coberturas ajardinadas como uma ferramenta de integração do edifício nas paisagens existentes, nenhum deles estava consciente do profundo impacto económico e ambiental que esta tecnologia poderia ter no desenvolvimento urbano sustentável.

As verdadeiras coberturas ajardinadas foram introduzidas na Alemanha no início dos anos setenta, por construtores e arquitetos paisagistas. No início dos anos oitenta o mercado de coberturas ajardinadas na Alemanha explodiu, com um crescimento anual entre 15-20%. Este crescimento foi estimulado pela criação de legislação e incentivos municipais e governativos, mas também pelo desenvolvimento de toda uma indústria em torno das coberturas ajardinadas, nomeadamente no desenvolvimento de sistemas de controlo de raízes, novas soluções de impermeabilização, etc.. A Alemanha é considerada pioneira na moderna tecnologia das coberturas ajardinadas.

Seguiram-se outros países Europeus que adotaram legislação, regulamento e apoios para este tipo de solução. Atualmente diversas cidades incorporam nos seus regulamentos municipais a exigência de adotar cobertura ajardinada nos edifícios e mais de 75 municípios Europeus garantem benefícios aos promotores que instalem coberturas verdes.

A implementação das coberturas ajardinadas no Canadá e nos Estados Unidos demorou pelo menos mais 10 anos do que a Europa. Durante os anos noventa fabricantes europeus dos sistemas de coberturas ajardinadas aventuraram-se no mercado Norte-Americano. Apesar de inicialmente a entrada no mercado não ter sido fácil, devido à falta de informação sobre esta tecnologia e a falta de vontade política de aplicação de tecnologias sustentáveis.

Atualmente a implementação das coberturas ajardinadas espalhou se por todo o mundo não só por razões económicas mas especialmente pelos benefícios ambientais que elas trazem.

## **2.2. TIPOS DE COBERTURAS AJARDINADAS**

A indústria da construção desenvolveu dois conceitos base para a classificação das coberturas ajardinadas, intensiva e extensiva, igualmente designadas por “low-profile” e “high-profile”. Esta segunda designação caracteriza o tipo de manutenção que cada uma das coberturas requer.

O tipo de cobertura ajardinada a adotar deverá passar por uma decisão conjunta entre o Dono de obra o Arquiteto respondendo essencialmente à questão da utilidade final deste elemento.

No quadro 1 enumeram-se as principais diferenças entre coberturas ajardinadas intensivas e extensivas.

Quadro 1 – Quadro resumo do tipo de coberturas ajardinadas

	Cobertura Ajardinada Intensiva	Cobertura Ajardinada Extensiva
Manutenção	Alta	Baixa
Altura do solo	Superior a 15 cm	Inferior a 10 cm
Peso	180 – 500 kg/m <sup>2</sup>	60 – 150 kg/m <sup>2</sup>
Tipo de planta	Plantas perenes, plantas herbáceas e árvores	Sedum e Sempervivum
Rega	Regularmente	Não
Custo	Alto	Baixo
Acessibilidade	Frequentemente	Não

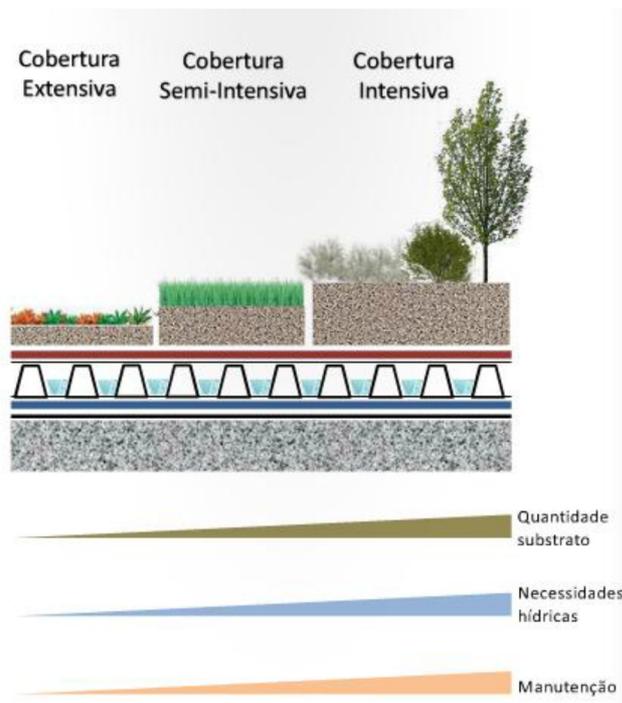


Fig.2 – Comparativo entre coberturas ajardinadas extensiva e intensiva, a nível de substrato, necessidades hídricas e manutenção

(Fonte: [http://issuu.com/clorofilatotal/docs/clorofila\\_coberturasajardinadas\\_fichatecnica1](http://issuu.com/clorofilatotal/docs/clorofila_coberturasajardinadas_fichatecnica1))

### 2.2.1. INTENSIVA

As coberturas ajardinadas intensivas assemelham-se a um jardim na cobertura. A grande diferença entre os dois conceitos é de que a cobertura ajardinada intensiva se desenvolve em toda a área da cobertura do edifício, permitindo um sistema de drenagem único e uma distribuição uniforme de carga por toda a área da cobertura.

Ao contrário das do tipo extensivo, podem incorporar uma ampla variedade de espécies de plantas, graças à elevada espessura que a camada de solo pode adotar.

Apontamentos de arquitetura, tais como, caminhos, bancos, mesas e até fontes, são muitas vezes implementados neste tipo de cobertura ajardinada, criando zonas de recreação para os utentes do edifício onde é valorizada a interação das pessoas com a natureza.

A ampla diversidade de plantas que poderão ser adotadas é proporcional à manutenção exigida neste tipo de cobertura.

Preocupações com a rega, fertilização, poda, etc., terão de ser levadas em conta na fase de projeto e contabilizadas na manutenção da cobertura durante a sua vida.

Este tipo de cobertura implica que o edifício esteja estruturalmente preparado para lidar com o seu peso, que poderá sobrecarregar a laje (suporte) com mais 300 kg/m<sup>2</sup>.



Fig.3 – Parque Milénio em Chicago – possivelmente uma das maiores coberturas ajardinadas intensivas do mundo.

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

### 2.2.2. EXTENSIVA

Este tipo de cobertura implica um menor número de camadas e com espessuras mais reduzidas que resultam consequentemente num sistema mais leve e mais barato.

As coberturas ajardinadas do tipo extensivo são implementadas quando o Dono de Obra pretende uma cobertura ecológica não acessível.

As plantas usadas terão de ser bastante tolerantes a temperaturas elevadas, vento e gelo. Deverão igualmente ter uma capacidade de regeneração elevada e requerer a menor manutenção possível.

O tipo de solo usado é pouco rico em nutrientes, tem uma espessura máxima de 10 cm o que potencia igualmente a baixa manutenção.

Existe um equívoco comum de que as coberturas ajardinadas extensivas são ideais para as coberturas de esteira plana, no entanto este tipo de cobertura apresenta alguns problemas relativos a drenagem, nomeadamente a excessiva acumulação de água.

Idealmente uma cobertura do tipo extensivo deverá apresentar uma inclinação mínima de 1.5% a 2% de forma a garantir uma drenagem natural. As coberturas extensivas podem ser desenvolvidas em esteiras até 30% de inclinação, no entanto quando se verificam estas inclinações muito acentuadas deverão ser tomadas medidas para o controlo de deslizamentos do solo e das plantas.



Fig.4 – Clínica de cuidados paliativos na Pensilvânia, Estados Unidos da América (2001)

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

## 2.3. COMPONENTES DAS COBERTURAS AJARDINADAS

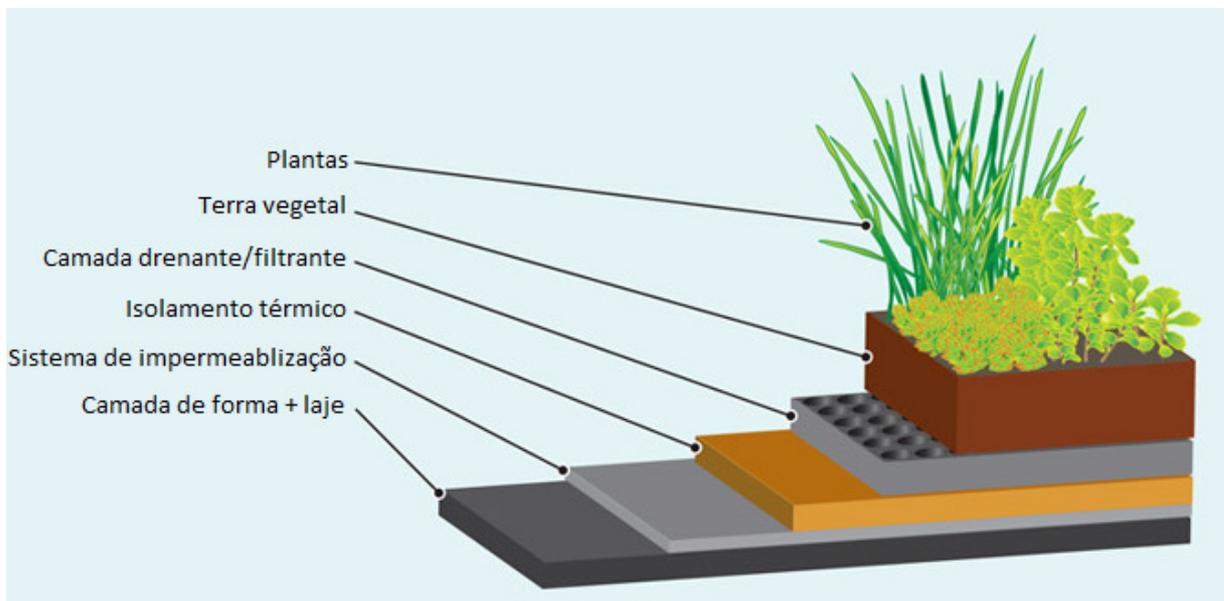


Fig.5 – Esquema tipo da cobertura ajardinada

(Fonte: [http://www.greensulate.com/graphics/green\\_roof\\_diagram.jpg](http://www.greensulate.com/graphics/green_roof_diagram.jpg))

### 2.3.1. SUPORTE

Elemento constituído pelas lajes e demais elementos da estrutura.

É uma parte da cobertura que está estritamente ligada a exigências mecânicas. Deverá ser dimensionado em função do peso próprio da cobertura e das sobrecargas devidas por exemplo à acumulação de água ou neve.

### 2.3.2. CAMADA DE FORMA

Camada colocada sobre a laje estrutural (suporte) de forma a garantir a pendente necessária para a drenagem das águas pluviais.

Deverá apresentar um declive não inferior a 2%. É usualmente constituído por betão leve de argila expandida, betão leve de granulado de cortiça ou betão celular.

### 2.3.3. SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

É o elemento essencial de uma cobertura que lhe confere a qualidade de não passagem de água é, também por norma o elemento mais caro.

Tal como o nome indica esta camada impede a entrada de água no interior mas tem igualmente a função, no caso concreto das coberturas ajardinadas, de proteger da penetração de raízes na camada de suporte.

Existem no mercado atualmente uma extensa oferta de soluções impermeabilização, sendo as mais usuais as membranas de betume, membranas líquidas e membranas de PVC.

Quadro 2 – Soluções tipo de impermeabilização

<b>Solução de impermeabilização</b>	
<b>Tipo de solução</b>	
<b>Membrana de betume</b>	Membranas de betume elastómero (SBS) Membranas de betume à base de plastómeros (APP) Membranas de betume à base de plastómeros
<b>Membrana líquida</b>	Membranas líquidas à base de borracha butílica Membrana líquida à base de uma dispersão estireno-acrílica Membranas líquidas de poliuretano
<b>Membranas em PVC</b>	



Fig.6 – Exemplo de uma membrana de betume elastómero (SBS)

(Fonte: <http://portal.danosa.com>)

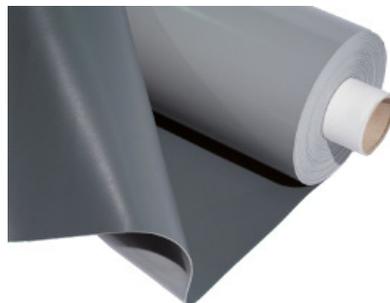


Fig.7 – Membrana de PVC

(Fonte: <http://www.luschi.com.br/membrana-pvc>)

#### 2.3.4. ISOLAMENTO TÉRMICO

A camada de isolamento tem como principal papel a redução das transferências térmicas entre o exterior e o interior.

No caso das coberturas ajardinadas o isolamento térmico é importante, uma vez que há quase sempre água acumulada no sistema que provoca um diferencial de temperatura superior.

A espessura do isolamento térmico nas coberturas ajardinadas é inversamente proporcional à espessura da camada de terra vegetal adotada.

Nas coberturas ajardinadas intensivas esta camada é dispensada, já que a terra vegetal assume o papel de redução das transferências de calor.

#### 2.3.5. CAMADA DRENANTE

A camada drenante permite que a água em excesso seja escoada para drenos externos e/ou internos. O excesso de água na cobertura poderá provocar a morte de algumas das plantas mas também o excesso de peso na cobertura daí o seu papel fundamental no sistema.

Novas soluções de mercado permitem que esta camada desenvolva outro tipo de funções como por exemplo:

- Armazenamento de água
- Alargamento da zona de raízes
- Ventilação do sistema

Devido à restrição do peso da cobertura a camada drenante é habitualmente constituída por materiais leves. Elementos de borracha e plástico são usados com frequência. Há ainda a utilização de camadas de cascalho, argila expandida, gravilha, etc.



Fig.8 – Sistema de drenagem do tipo drentex impact garden

(Fonte: <http://www.texsa.com>)

#### 2.3.6. CAMADA FILTRANTE

Separa a camada drenante da camada de terra vegetal.

Normalmente é constituído por um geotêxtil que evita que as partículas da terra vegetal sejam arrastadas e que provoquem o entupimento do sistema drenante.

### 2.3.7. TERRA VEGETAL

É usual ler-se que o sucesso de uma cobertura ajardinada está nesta camada.

A correta espessura para que as plantas se desenvolvam, uma boa drenagem, boa composição mineral de nutrientes e um solo preferencialmente não argiloso são princípios base desta camada.

Dependendo do tipo de cobertura ajardinada que se pretende implementar há uma série de soluções disponíveis.

Os critérios de escolha passam por:

- Tamanho do grão
- Dimensão do material orgânico
- Resistência ao frio e geada
- Estabilidade estrutural
- Resistência à erosão do vento
- Permeabilidade da água
- Máxima retenção de água
- Nutrientes satisfatórios
- PH

### 2.3.8. PLANTAS

Finalmente as plantas. Deverão ser escolhidas em função do tipo de terra vegetal, exposição solar, tipo de manutenção, clima local, índices pluviométricos, etc.

Baixa manutenção, ser durável e plantas que resistam a temperaturas altas e baixa humidade são as escolhidas para as coberturas ajardinadas extensivas. Já nas coberturas ajardinadas intensivas há uma oferta quase ilimitada de plantas.

- Cobertura Ajardinada Extensiva:

As plantas para este tipo de cobertura tem de ser resistentes à intensa radiação solar, exposição ao vento, falta de água e humidade do ar, baixo teor em nutrientes no solo e áreas limitadas para o desenvolvimento de raízes. As plantas mais adequadas são as que crescem em ambientes de montanha seca, costas, desertos ou prados secos.

As principais variedades são o Sedum e a Sempervivum que são um género de plantas da família das Crassulaceae. Este tipo de plantas possui um metabolismo ácido, que lhes confere a particularidade de à noite, através da abertura dos estomas haja uma absorção de dióxido de carbono que é armazenado sob a forma de ácido málico. Durante o dia, e com a incidência da luz solar, o ácido málico é transformado em moléculas de glicose. Este tipo de plantas tem a capacidade de armazenar muita água nas folhas e recuperam muito facilmente de períodos de seca.



Fig.9 – Sedum spurium, Sedum acre and Sedum sitchotense e Sedum album

(Fonte: <http://greengarage.ca/greenroofs/plants.php>)



Fig.9 – Sedum acre diploid, Sedum album Athoum e Sempervivum "Fame"

(Fonte: <http://greengarage.ca/greenroofs/plants.php>)

▪ Cobertura Ajardinada Intensiva:

A garantia de um bom sistema de drenagem e filtragem e uma boa espessura de terra vegetal com alto teor de nutrientes e água, a utilização de uma variedade sofisticada de plantas é possível neste tipo de coberturas.

As plantas a selecionar deverão no entanto ser resistentes a alta radiação solar e ação do vento forte.

Plantas perenes, plantas herbáceas ou até mesmo árvores são algumas das espécies adotadas.



Fig.10 – Allium cernuum, Aster oolentangiensis, Rudbeckia fulgida e Tradescantia ohioensis

(Fonte: <http://greengarage.ca/greenroofs/plants.php>)



Fig.12 – Exemplo de cobertura ajardinada intensiva - Jubilee Park, Londres

(Fonte: [http://www.zinco-greenroof.com/EN/references/public\\_intensive\\_green\\_roofs.php](http://www.zinco-greenroof.com/EN/references/public_intensive_green_roofs.php))



# 3

## SÍNTESE DE CASOS REAIS NO MUNDO

### 3.1. INTRODUÇÃO

Após uma exaustiva procura de projetos que tivessem adotado esta solução construtiva conclui-se que se noutros países é moda em Portugal a instalação de coberturas verdes ainda não se generalizou. Entre arquitetos, paisagistas e promotores há alguma divisão sobre a utilidade de se fazer um jardim no telhado.

Enquanto em Portugal se dão tímidos passos na construção de jardins de cobertura noutros países já se criaram mecanismos para incentivar as pessoas a darem vida aos telhados das casas.

Por esta razão este capítulo acabou por ficar ligeiramente comprometido, já que a maioria dos casos apresentados se encontram em países estrangeiros.

Apesar de já estarem reportados alguns casos de sucesso em Portugal, como a Torre Verde em Lisboa, o novo parque de negócios da Sonae na Maia, o Centro de Documentação e informação da Presidência da Republica, o jardim das Oliveiras no Centro Cultural de Belém e a Etar de Alcântara a sua divulgação e acesso a dados sobre os projetos são muito limitados.

Hoje em dia as coberturas ajardinadas são uma área de negócio em franca expansão em todo o mundo, já representada por uma indústria poderosa e organizada. Por outro lado o reconhecimento público das enormes vantagens deste tipo de instalação, levou a que alguns governos já tenham estabelecido incentivos para quem adote este tipo de solução construtiva.

Como exemplos refiro que 43 % das cidades Alemãs oferecem incentivos fiscais para a instalação de coberturas ajardinadas; bem como em Portland os códigos de construção dizem que para 0,09 m<sup>2</sup> de coberturas ajardinadas criadas o promotor terá direito a um extra de 0,27 m<sup>2</sup> de espaço no solo. Em Portugal começam agora a dar os primeiros passos neste sentido, exemplo disso é o novo PDM de Lisboa que pondera positivamente a existência de coberturas ajardinadas. O construtor pode ganhar área edificabilidade recorrendo às coberturas verdes.

## 3.2. EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

### 3.2.1. NEW PROVIDENCE WHARF – LONDRES

Situado nas margens do Tamisa, trata-se de um edifício habitacional que incorpora uma cobertura ajardinada em forma elíptica em forma de espiral gigante por oito andares. Cada nível do terraço ajardinado está rodeado de robustos arbustos verdes protegendo os locais dos ventos fortes e olhares dos vizinhos.

O telhado mais elevado, a cerca de 58m de altura foi plantado com uma seleção de sedum que proporcionam um habitat natural para uma espécie rara de pássaros, os "Black Redstart".

O pátio central, cercado pelo edifício, é também de uma cobertura ajardinada, toda ela relvada, neste caso acima de um grande parque de estacionamento subterrâneo.

Quadro 3 – Quadro resumo do projeto

New Providence Wharf	
Tipo de cobertura ajardinada	Intensiva / extensiva
Área	Aproximadamente 3000 m <sup>2</sup>
Ano de construção	2004
Arquiteto	Skidmore, Owings & Merrill (SOM), Londres
Localização	Londres



Fig.13 – Vista geral do complexo residencial New Providence Wharf em Londres

(Fonte: <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=93>)



Fig.14 – Vista aérea do pátio central do complexo residencial New Providence Wharf em Londres

Fig. 15 – Vista aérea do complexo residencial New Providence Wharf em Londres

(Fonte: <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=93>)

### 3.2.2 MORADIA UNIFAMILIAR EM PERISTERI, ATENAS

Numa propriedade privada em Peristeri, Atenas, uma cobertura em terraço existente foi redesenhada de forma a garantir um sofisticado jardim no terraço. As vantagens desta nova solução são várias. Por um lado a clara beleza natural à vista, cria habitats e torna os seus moradores mais próximos da natureza. Por outro lado esta nova cobertura ajardinada teve um efeito de refrigeração no edifício.

Quadro 4 – Quadro resumo do projeto

Moradia Unifamiliar – Peristeri, Atenas	
Tipo de cobertura ajardinada	Intensiva
Área	240 m <sup>2</sup>
Ano de construção	2003
Arquiteto	Heli Pangalou
Localização	Atenas



Fig.16 – Cobertura ajardinada nos subúrbios de Atenas

(Fonte: <http://www.zinco-greenroof.com>)



Fig.17 e Fig. 18 – Cobertura antes da intervenção e Vista geral após a intervenção

(Fonte: <http://www.zinco-greenroof.com>)

### 3.2.3 LILLIE ROAD, LONDRES

Lillie Road é um conjunto habitacional social construído em Fulham, Londres, cuja construção foi concluída em 2003.

A razão principal para a adoção da cobertura ajardinada foi a contribuição que esta poderia ter na redução do escoamento superficial. Trata se de um exemplo de alta qualidade arquitetónica que ganhou inclusivamente um premio de design de habitação em 2001 e foi considerado o melhor empreendimento de habitação social em 2004.

Quadro 5 – Quadro resumo do projeto

	Lillie Road
Tipo de cobertura ajardinada	Extensiva
Área	1400 m <sup>2</sup>
Ano de construção	2003
Arquiteto	Richard Feilden, Clegg Bradley
Localização	Londres



Fig.19 – Cobertura ajardinada extensiva em Londres

(Fonte: <http://www.greenroofs.com>)



Fig.20 e Fig. 21 – Vista parcial e geral de cobertura ajardinada extensiva em Londres

(Fonte: <http://www.greenroofs.com>)

### 3.2.4 MORADIA UNIFAMILIAR – “FISH HOUSE”, SINGAPURA

Trata-se de uma moderna moradia unifamiliar que reúne em si a essência de viver num clima quente e húmido de Singapura, criando para isso espaços abertos que encorajam a ventilação natural e oferece aos seus residentes vistas sobre o oceano.

Os telhados curvos que simbolizam as ondas do mar, estão praticamente cobertos de painéis fotovoltaicos, a área restante foi usada para a implementação de uma cobertura ajardinada acessível de forma a garantir aos residentes zonas de lazer externas.

Quadro 6 – Quadro resumo do projeto

Fish House	
Tipo de cobertura ajardinada	Extensiva
Área	87 m <sup>2</sup>
Ano de construção	2009
Arquiteto	Guz Wilkinson, Guz Architects
Localização	Singapura



Fig.22 – Vista geral da cobertura da moradia Fish House

(Fonte: <http://www.contemporist.com/2010/07/06/the-fish-house-by-guz-architects/guz-sentosa-007/>)



Fig.23 – Vista lateral da cobertura da moradia Fish House

(Fonte: <http://www.contemporist.com/2010/07/06/the-fish-house-by-guz-architects/guz-sentosa-007/>)

### 3.2.5 TORRE VERDE – LISBOA

A Torre Verde é um edifício de habitação com projeto bioclimático. Localiza-se no Parque das Nações, em Lisboa, próximo da Ponte Vasco da Gama.

Foi concluída em 1998, tendo apartamentos, diversas tipologias, usufrui de uma área ajardinada (localizada no embasamento) e terraço comum (localizado no 10º piso), o que proporciona aos habitantes uma excelente possibilidade de interagirem positivamente, com vistas privilegiadas sobre o Mar da Palha e o Parque das Nações.

Em 1997, a Torre Verde foi galardoada com o prémio "Melhor Empreendimento de 1997 - Urbanismo e Ambiente", anualmente atribuído pela revista "Imobiliária".

Quadro 7 – Quadro resumo do projeto

	Torre Verde
Tipo de cobertura ajardinada	Extensiva
Área	----
Ano de construção	1998
Arquiteto	Lívia Tirone
Localização	Lisboa



Fig.24 – Cobertura ajardinada extensiva na Torre Verde em Lisboa

(Fonte: <http://www.lidera.info>)

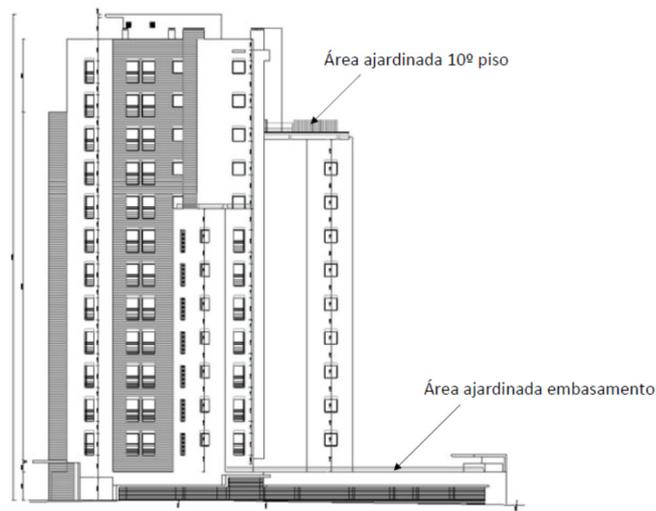


Fig.25 – Alçado Poente da Torre Verde em Lisboa

(Fonte: <http://liviatorone.com/>)

### 3.3. EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS, INDUSTRIAIS E COMERCIAIS E ESPAÇOS RECREATIVOS

#### 3.3.1 MILLENNIUM PARK

O Millenium Park em Chicago é possivelmente a maior cobertura ajardinada do mundo, construída sobre diversas infraestruturas. Este parque público com cerca de 100.000 m<sup>2</sup> é o resultado do trabalho de uma equipa conjunta de renomeados arquitetos, urbanistas, artistas, designers, e é inteiramente construído sobre 2 parques de estacionamento subterrâneos e linhas de ferroviárias ativas.

O custo total deste parque foi de 360M€.

Quadro 8 – Quadro resumo do projeto

Millennium Park	
Tipo de cobertura ajardinada	Intensiva
Área	100.000 m <sup>2</sup>
Ano de construção	2004
Arquiteto	Vários
Localização	Chicago



Fig.26 – Planta geral do parque Millennium, Chicago

Fig.27 – Vista aérea da cobertura ajardinada do parque Millennium, Chicago

(Fonte: <http://www.lafoundation.org/research/landscape-performance-series/case-studies/case-study/399/photos/additional-2865/>)



Fig.28 – Vistas parciais do do parque Millennium, Chicago

(Fonte: <http://www.greenroofs.com>)

### 3.3.2 ACROS FUKUOKA

O impressionante edifício ACROS Fukuoka, construído na cidade de Fukuoka no Japão tem duas faces muito distintas: de um lado aparenta ser um edifício tradicional de serviços, com paredes em vidro, mas do outro existe um enorme telhado em terraços ajardinados, em forma de montanha que se funde com um parque.

A cobertura ajardinada quando foi concluída em 1995 tinha cerca de 37000 plantas entre 76 espécies, atualmente registam-se mais de 120 espécies de plantas distribuídas por um total de 50000 plantas.

Quando foi construído o edifício ocupou o último espaço verde existente no centro da cidade, daí os Arquitetos terem criado este projeto de preservação ainda que, o projeto de escritórios fosse na mesma implementado. Além disso, o telhado ajardinado reduz drasticamente o consumo energético do edifício uma vez que o mantém a temperatura interna mais constante e confortável.

As coberturas ajardinadas deste edifício têm ainda a capacidade de capturar o escoamento de águas pluviais.

Quadro 9 – Quadro resumo do projeto

ACROS Fukuoka	
Tipo de cobertura ajardinada	Intensiva
Área	5.400 m <sup>2</sup>
Ano de construção	1995
Arquiteto	Emilio Ambasz, Emilio Ambasz and Associates, Inc.
Localização	Fukuoka



Fig.28 – Vista frontal da torre de escritórios ACROS Fukuoka no Japão

(Fonte: <http://www.greenroofs.com>)



Fig.29 – Vista lateral da torre de escritórios ACROS Fukuoka no Japão

(Fonte: <http://inhabitat.com/photos-acros-japan-is-a-mountainous-green-roofed-pyramid-planted-with-trees>)

### 3.3.3 CHICAGO CITY HALL

No ano de 2001, 1900 m<sup>2</sup> de cobertura ajardinada foram instalados na cobertura City Hall em Chicago, em resposta a uma medida de redução dos efeitos do aquecimento global.

Quando medida a temperatura na nova cobertura e quando comparada com a anteriormente existente a diferença chegou quase aos 40°C, esta mudança também contribuiu para uma redução de 4000€ anuais do custo energético. Além de todas estas vantagens ainda serviu para melhorar a qualidade do ar e reduzir o escoamento superficial das águas das chuvas.

Quadro 10 – Quadro resumo do projeto

Chicago City Hall	
Tipo de cobertura ajardinada	Semi-extensiva
Área	1900 m <sup>2</sup>
Ano de construção	2001
Arquiteto	Roofscapes, Inc.
Localização	Chicago

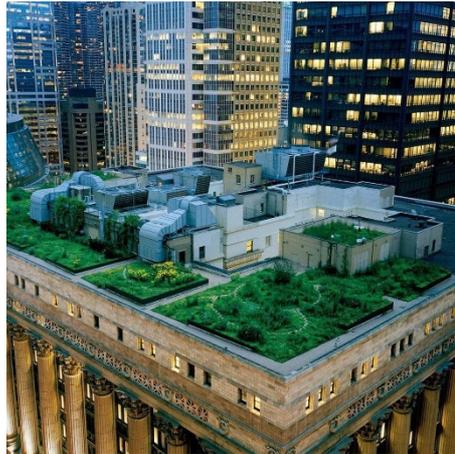


Fig.30 – City Hall Chicago

(Fonte: <http://www.greenroofs.com>)



Fig.31 – Vista aérea da cobertura do edifício City Hall, Chicago

Fig.32 – Vista parcial de parte da cobertura ajardinada do edifício City Hall, Chicago

(Fonte: <http://www.greenroofs.com>)

### 3.3.4 COMPLEXO DA EXPO SARAGOÇA 2008

O tema da exposição mundial de Saragoça 2008, foi “água e desenvolvimento sustentável” e arquitetos e designers de todo o mundo foram chamados a desenvolver estruturas numa área de 229.000 m<sup>2</sup>. Foram construídas maciças áreas de coberturas ajardinadas cobrindo uma área superior a 71.000 m<sup>2</sup> incluindo estruturas elevadas e jardins acessíveis aos visitantes.

Quadro 11 – Quadro resumo do projeto

Expo Saragoça 2008	
Tipo de cobertura ajardinada	Intensiva
Área	71 000 m <sup>2</sup>
Ano de construção	2008
Arquiteto	Vários
Localização	Saragoça



Fig.33 – Vista aérea do complexo da Expo Saragoça 2008

(Fonte: <http://www.greenroofs.com/blog/2011/09/16/gpw-world-expo-zaragoza-2008zentro-expo-zaragoza/>)



Fig.34 – Vistas parciais de coberturas ajardinadas instaladas no complexo da Expo Saragoça 2008

(Fonte: <http://www.greenroofs.com/blog/2011/09/16/gpw-world-expo-zaragoza-2008zentro-expo-zaragoza/>)

### 3.3.5 ETAR DE ALCÂNTARA

No seguimento da modernização da estação de tratamento de águas residuais de Alcântara foi projetado e construído um edifício com uma configuração única, em particular pela sua cobertura vegetal (um jardim suspenso), que, para além de favorecer a sua integração paisagística favorece a redução da insolação, bem como dos caudais pluviais instantâneos, a melhoria da qualidade do ar, a criação de habitats e fomento da biodiversidade.

Quadro 11 – Quadro resumo do projeto

Etar de Alcântara	
Tipo de cobertura ajardinada	extensiva
Área	---
Ano de construção	2011
Arquiteto	Frederico Valsassina e Manuel Aires Mateus
Localização	Lisboa



Fig.35 – Vista aérea da ETAR de Alcântara

(Fonte: <http://www.adp.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=2863&t=ETAR-de-Alcantara--Lisboa>)

### 3.3.6 ESCOLA DE ARTE, DESIGN E MULTIMÉDIA DE NANYANG, SINGAPURA

Trata-se de um edifício de 5 andares que ocupa uma zona do campus universitário de Singapura. A intenção dos projetistas era que o edifício se misturasse organicamente com a envolvente e o resultado é uma clara mistura entre a natureza e a modernidade e tecnologia do edifício construídos que acaba por simbolizar a escola que abriga.

Os telhados curvos ajardinados permitem a distinção do edifício das restantes infraestruturas do campus, no entanto a linha entre edifício e a paisagem natural é turva.

Os telhados criam um espaço aberto, isolam o edifício, refrigeram a temperatura e recolhem as águas das chuvas para rega.

Foram usadas variadas espécies de plantas na cobertura.

Quadro 12 – Quadro resumo do projeto

Escola de Arte, Design e Multimédia de Nanyang	
Tipo de cobertura ajardinada	intensiva
Área	10 000 m <sup>2</sup>
Ano de construção	2006
Arquiteto	CPG Consultants
Localização	Singapura

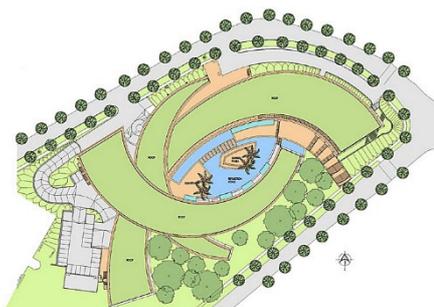


Fig.36 – Plano geral do campus

(Fonte: <http://inhabitat.com/amazing-green-roof-art-school-in-singapore/nanyang-technical-university-singapore-plan/?extend=1>)



Fig.37 – Vista geral da Escola de Arte, Design e Multimédia de Nanyang

Fig.38 – Vista parcial da cobertura ajardinada da Escola de Arte, Design e Multimédia de Nanyang

(Fonte: <http://inhabitat.com/amazing-green-roof-art-school-in-singapore/nanyang-technical-university-singapore-plan/?extend=1>)

# 4

## BENEFÍCIOS DAS COBERTURAS AJARDINADAS

### 4.1. BENEFÍCIOS DAS COBERTURAS AJARDINADAS

Uma das características mais valiosas do sistema das coberturas ajardinadas é o facto de gerar benefícios de nível económico, ambiental e social tanto a um nível privado como a um nível público.

### 4.2. BENEFÍCIOS A NÍVEL PRIVADO – PONTO DE VISTA DO PROMOTOR DO EDIFÍCIO

#### 4.2.1. AUMENTO DA DURABILIDADE DA COBERTURA

Usualmente os sistemas de coberturas planas tradicionais têm uma durabilidade expectável entre 10 e 15 anos.

O sistema das coberturas ajardinadas protege as membranas das coberturas de extremadas flutuações de temperatura, do impacto da radiação ultra violeta e da eventual deterioração devido ao tráfico pedestre.

É usual que se verifiquem diferenças de temperatura superiores a 100°C durante um ano e de 50°C ao longo de 24h na superfície de uma cobertura. As radiações ultra violeta e os níveis de ozono elevado aceleram o processo de envelhecimento do sistema de impermeabilização.

As camadas de terra vegetal e as plantas promovem a proteção ao sistema de impermeabilização diminuindo os diferenciais de temperatura registados para 35°C durante o ano e 15°C ao longo do dia.

Para além do já mencionado, as camadas “verdes” criam uma barreira de proteção mecânica à camada de impermeabilização contra danos provocados pelo vento, granizo, vandalismo e incêndios. Há estudos europeus que indicam que as coberturas ajardinadas facilmente duplicam vida útil de uma cobertura convencional e deste modo reduzem a necessidade manutenção profunda, há estimativas de vida útil para além dos 40 anos.

Este é um benefício que se traduz em poupança económica direta para o promotor.

#### 4.2.2. ISOLAMENTO ACÚSTICO

As coberturas ajardinadas podem ser usadas para isolamento acústico dos edifícios, sendo que a camada de terra vegetal será a responsável pelo isolamento nas baixas frequências e as plantas e vegetação pelo isolamento nas altas frequências.

As melhorias acústicas passam por uma diminuição da reflexão sonora e aumento do isolamento acústico.

As coberturas ajardinadas podem reduzir a reflexão sonora até 3 dB e são capazes de melhorar o isolamento acústico até 8 dB.

São uma solução ideal para edifícios que estejam próximos de aeroportos, parques industriais, etc..



Fig.39 – Melhora acústica de edifício próximos de focos ruidosos

(Fonte: [http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es/ventajas/ventajas\\_ecologicas.php](http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es/ventajas/ventajas_ecologicas.php))

#### 4.2.3. CONFORTO TÉRMICO

Durante milhares de anos o conceito das coberturas ajardinadas foi usado em diversos países como forma de prevenir a entrada e saída de calor do edifício.

No Verão, as plantas das coberturas ajardinadas protegem o edifício da radiação solar e através do fenómeno de evapotranspiração reduz o aquecimento provocado pelo radiação solar na cobertura. Esta situação permite que haja um arrefecimento global da área da cobertura que permite que haja um decréscimo na energia utilizada no arrefecimento mecânico do edifício.

No Inverno, o isolamento térmico proporcionado pela camada de terra vegetal, permite uma diminuição no decréscimo de energia necessária ao aquecimento mecânico do edifício.

Alguns estudos sobre coberturas ajardinadas têm sido realizados em alguns países cujo Verão é bastante rigoroso. Em Atenas, Grécia, Niachou et. Al. (2001) compararam os desempenhos térmico e energético de edifícios com e sem cobertura ajardinada e verificaram que, em 68% dos edifícios com cobertura convencional as temperaturas máximas do ar ultrapassaram 30°C, enquanto que esta temperatura foi atingida em apenas 15% dos edifícios com coberturas ajardinadas.

Já no Brasil, Pouey et. al.(1998) compararam as temperaturas superficiais externas de coberturas ajardinadas e de terraços, constatando 35.9°C na cobertura com vegetação contra 48.9 °C nos terraços.

Todos estes estudos foram realizados durante o verão.

#### 4.2.4. RESISTÊNCIA AO FOGO

As coberturas ajardinadas ajudam a retardar a propagação do fogo através ou para a cobertura, esta particularidade deve-se à saturação da camada de terra vegetal, a capacidade de armazenamento de água das coberturas ajardinadas torna-as naturalmente mais resistentes ao fogo.

Em particular as coberturas ajardinadas intensivas são extremamente resistentes ao fogo já que possuem uma espessura de terra vegetal menor mas com bastante água.

#### 4.2.5. BENEFÍCIOS ADICIONAIS

Há uma série de benefícios, para além dos já anteriormente mencionados, que justificam a implementação de coberturas ajardinadas e consequentemente o investimento extra inicial neste tipo de solução.

Por exemplo, coberturas ajardinadas acessíveis promovem espaços de recreação para os utentes de um edifício, sejam eles residentes, no caso de edifícios residenciais, sejam utentes no caso de edifícios de serviços ou comerciais, mas também tem a capacidade de valorizar os condomínios e o espaço que o rodeia, principalmente no presente onde o espaço disponível nas cidades para zonas verdes é cada vez mais reduzido.

Escolas que adotem coberturas ajardinadas acessíveis poderão promover aulas extracurriculares onde haja o incentivo ao contacto com o meio ambiente.

Inclusivamente encontram-se benefícios nas coberturas ajardinadas não acessíveis em edifícios comerciais que pretendam ser construídos em zonas residenciais já que podem ser valorizados esteticamente e inclusivamente serem mais rapidamente licenciados em fase de projeto junto das entidades.

Hospitais e outro tipo de unidades de tratamento poderão incentivar o desenvolvimento de projetos de horticultura terapêutica que se caracterizam por um conjunto de programas de terapia e reabilitação que e traduzem em atividades como o ajardinamento e o contacto com o mundo natural e com as plantas.

Edifícios industriais incorporam coberturas ajardinadas para refrigeração natural dos espaços de forma a promover uma temperatura ambiente agradável aos trabalhadores mas também melhorar esteticamente espaço envolvente e de quem olha por cima da cobertura.

Há já alguns casos onde as coberturas ajardinadas são utilizadas para criar hortas urbanas de agricultura biológica, onde são cultivados alimentos de alta qualidade, flores ornamentais e até mesmo plantas medicinais. Esta solução tem a grandes vantagens tais como:

- Redução do tempo e custo do transporte
- Reduz os resíduos de embalagem
- Incentivo à decomposição de materiais orgânicos através de compostagem
- Aumento da produção local de vegetais e vendas
- Aumento do consumo de vegetais orgânicos



Fig.40 – Agricultura Urbana numa cobertura na cidade de Nova Iorque (Eagle Street Rooftop)

(Fonte: <http://inhabitat.com/urban-farming-a-visit-to-brooklyns-eagle-street-rooftop-farm/>)



Fig.41 – Agricultura Urbana de vegetais e ervas aromáticas num edifício no distrito de Lak Si em Bangkok, Tailândia.

(Fonte: <http://organicagrisolutions-thimmaiah.blogspot.pt/2013/02/roof-top-gardens-for-climate-smart.html>)

Resumidamente, para além da clara valorização a nível de mercado, a instalação de uma cobertura ajardinada facilita muitas vezes o processo de licenciamento junto das entidades oficiais já que potencia os espaços verdes nas cidades.

### 4.3. BENEFÍCIOS PÚBLICOS

Apesar de todos os benefícios privados que as coberturas ajardinadas impulsionam, existem atualmente uma serie de incentivos Europeus e legislação que incentivam a adoção deste sistema de forma a promover os benefícios públicos.

#### 4.3.1. REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A ocupação urbana de forma desordenada, e as inundações das áreas urbanas são considerados um dos mais significativos impactos negativos sobre os recursos naturais, sobre as cidades e sobre a sociedade.

A alteração do ciclo hidrológico resulta num aumento significativo do escoamento superficial das águas pluviais.

A título de exemplo caracteriza-se o comportamento verificado nas florestas e nas cidades quando chove. Numa floresta, a água segue o seu ciclo natural, ou seja, cerca de 30 % dessa água atingem rapidamente os lençóis de água superficiais que alimentam a vegetação, outros 30 % escorrem para lençóis de água mais profundos e cerca de 40% regressa de imediato à atmosfera através dos fenómenos de evaporação e transpiração das plantas. Não se verificando praticamente qualquer tipo de escoamento superficial.

Por outro lado, nas cidades apenas 5% passa para os lençóis de água superficiais, e apenas 15% é evaporado. Sendo que uns impressionantes 75% que escorrem e transformam-se em enxurradas. Para inverter esta situação as cidades foram dotadas de sistema de coletores que canalizam estas águas sem qualquer tratamento para os rios e mar. Há aliás estudos que revelam uma ligação direta entre o escoamento das águas provenientes de superfícies pavimentadas e o declínio de qualidade dos cursos naturais.

Tratando-se de uma solução sustentável as coberturas ajardinadas surgiram como uma proposta interessante para a redução do escoamento superficial e gestão das contribuições pluviais para as redes de drenagem das cidades.

Dependendo do sistema de cobertura ajardinada ou seja em função da espessura da camada de terra vegetal e tipo de vegetação adotados, as coberturas ajardinadas poderão reduzir o escoamento superficial entre 50% e 90%. A maior parte da água retida na cobertura entra de novo no ciclo hidrológico através da evapotranspiração da cobertura ajardinada. O facto das coberturas ajardinadas reterem parte das águas das chuvas, verifica-se um atraso no escoamento tradicional e desta forma há uma vantagem de diminuir a quantidade de água que entra nos sistemas de drenagem públicos.

Na figura a seguir apresentada ilustra-se a comparação de um escoamento verificado numa cobertura ajardinada e uma cobertura tradicional.

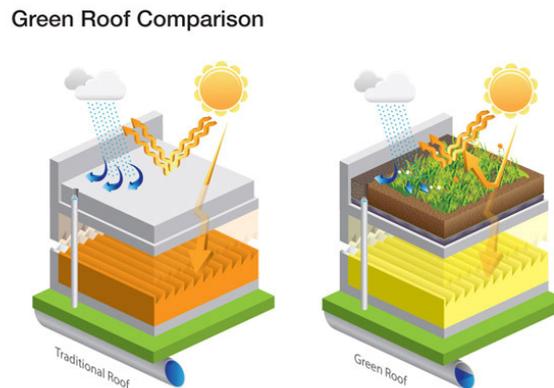


Fig.42 – Comparação esquemática entre o escoamento de uma cobertura ajardinada e uma cobertura tradicional (Fonte: <http://www.greenroofguide.co.uk/benefits/>)

A capacidade de retenção de água nas coberturas ajardinadas é diferente de cobertura para cobertura e está dependente de fatores como:

- Profundidade e composição do substrato;
- Espécies de plantas e densidade;
- Declive da cobertura;
- Percentagem da superfície da cobertura que é revestida por vegetação;
- Frequência e intensidade dos fenómenos de precipitação;
- Presença de elementos com capacidade de retenção de água, incorporados no projeto



Fig.42 – Exemplo de sistema de drenagem de águas pluviais numa cobertura ajardinada (Fonte: <http://www.igra-world.com>)

A solução das coberturas ajardinadas permite que as premissas de dimensionamento dos sistemas de drenagem de águas pluviais tradicionais sejam inferiores aos adotados no caso de cobertura tradicional.

Há ainda a possibilidade de combinação da solução da cobertura ajardinada com modernas soluções de aproveitamento das águas da chuva, nomeadamente cisternas ou reservatórios subterrâneos, que poderão resultar na eliminação completa do escoamento superficial e a capacidade extra de reaproveitar essas águas para por exemplo alimentar sistemas de rega, reduzindo o consumo de água, seja de espaços públicos seja de espaços particulares.

De seguida apresenta-se um exemplo de um sistema de reutilização das águas pluviais retidas numa cobertura ajardinada:

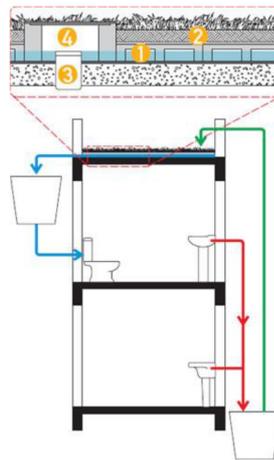


Fig.43 – Sistema de reutilização das águas pluviais retidas nas coberturas ajardinadas  
(Fonte: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/imprime144157.asp>)

#### 4.3.2. REDUÇÃO DOS GASES EFEITO ESTUFA E DIMINUIÇÃO DO AQUECIMENTO GLOBAL

O efeito de estufa é um fenómeno que ocorre naturalmente na atmosfera. Neste mecanismo estão envolvidos gases que permitem que a luz do sol penetre na superfície terrestre, mas que impedem que a radiação e o calor voltem ao espaço, mantendo assim um nível de aquecimento ótimo para a manutenção da vida. O problema em causa é que o ser humano, com as suas atividades, está a lançar um excesso de gases, levando ao sobreaquecimento da baixa atmosfera, como o nome diz do tipo “estufa”.

O aumento da concentração dos gases do efeito de estufa poderá ter como reflexo o aumento da temperatura do ar. A preocupação a nível mundial acentua-se cada vez mais pois um aquecimento acentuado da temperatura ao nível do solo pode provocar alterações climáticas em todo o mundo.

A utilização das coberturas verdes ajudam reduzir os gases do efeito de estufa e consequentemente a combater o aquecimento global.

A capacidade das coberturas ajardinadas em reduzir o efeito de estufa deve-se principalmente ao fenómeno da evapotranspiração.

A camada de terra vegetal e as plantas das coberturas ajardinadas promovem o fenómeno da evapotranspiração, reduzindo desta forma a temperatura ambiente e gerando um efeito de refrigeração nas imediações do edifício, comparável a um sistema de ar condicionado exterior.

Por sua vez o fenómeno da evapotranspiração combinado com outras variáveis como, a sombra das plantas, o isolamento térmico e a reflexão da radiação solar reduz as perdas e ganhos de calor nas diferentes estações do ano, permitindo que seja reduzido significativamente a necessidade do uso de ar condicionado no interior do edifício. Resultado da redução de ar condicionado é a consequente redução da emissão de gases poluentes que em muito contribuem para o efeito de estufa.

#### 4.3.3. NOVOS HABITATS PARA PLANTAS E ANIMAIS

Com o crescente desenvolvimento das cidades e de áreas rurais, espécies vegetais e animais têm sido expulsas de seu habitat natural. As coberturas ajardinadas são uma ferramenta fundamental para a sobrevivência e continuidade da manutenção da fauna e de pequenos animais como pássaros e insetos.

Coberturas ajardinadas extensivas, de baixa manutenção, promovem uma biodiversidade extraordinária, variedade de plantas sensíveis que podem ser facilmente danificadas pelo homem, abelhas e borboletas selvagens e espécies de pássaros que vivem ao nível do solo, encontram neste tipo de cobertura comida e abrigo. Há inclusivamente registos de espécies protegidas encontradas em coberturas ajardinadas.

O ciclo natural do crescimento das plantas que se verifica nas coberturas ajardinadas desenvolve sistemas ecológicos de características únicas, já que fomenta o crescimento de espécies de plantas cujas sementes não são dispersas por ar.

#### 4.3.4. BENEFÍCIOS ESTÉTICOS – AUMENTO DAS ÁREAS VERDES

Devido à diversidade de funções exercidas pelas plantas, as coberturas ajardinadas desempenham um papel fundamental na criação e restabelecimento de microclimas e na atenuação do efeito de estufa, contribuindo para uma redução dos níveis de dióxido de carbono. A implementação de coberturas verdes, acelera a expansão das áreas verdes das cidades que contribui para o bem-estar do ser humano e implementa um modelo de urbanização ideal.

A preocupação dos planos diretores municipais das grandes cidades com a adequação ambiental e o uso racional do solo é uma realidade, e o aumento das áreas verdes é um tema quase obrigatório nos diversos planos diretores, no entanto o modelo industrial e as necessidades atuais económicas divergem em determinados pontos no processo de se utilizar elementos naturais no processo de urbanização.

A construção de parques urbanos e o incentivo para a manutenção de espaços verdes é atualmente uma realidade urbana, e a possibilidade das coberturas ajardinadas se tornarem mais populares do que atualmente são, pode ser positivo no planeamento urbano do século XXI. Podendo este tipo de coberturas ser mais um elemento importante para arquitetos e engenheiros na resposta aos planos diretores municipais.



Fig.44 – Complexo residencial “The Waldspirale”, que significa floresta em espiral, do Arquiteto austríaco Friedensreich Hundertwasser, em Darmstadt, Alemanha

(Fonte: <http://www.fortytwotimes.com/5511/5-of-the-most-peculiar-gardens-in-the-world/>)



# 5

## CUSTOS DAS COBERTURAS AJARDINADAS

### 5.1. CUSTOS DAS COBERTURAS AJARDINADAS

O custo inicial de instalação de uma cobertura ajardinada pode duplicar quando comparada com o da instalação de uma cobertura tradicional.

O custo de instalação pode variar de 82 €/m<sup>2</sup> até 415 €/m<sup>2</sup> ou mais, dependendo do tipo de cobertura ajardinada que se pretende adotar, seleção de plantas, etc.. No entanto, uma simples comparação entre os custos iniciais das coberturas ajardinadas e das coberturas tradicionais não permitem analisar e avaliar a equação do custo global.

As coberturas ajardinadas têm uma série de características que promovem o seu valor a longo prazo, características que não estão presentes nas coberturas tradicionais.

Contudo este tipo de características que levam à diminuição dos custos a longo prazo de uma solução construtiva, ainda são atualmente, bastantes ignoradas pela maior parte dos intervenientes no processo construtivo.

Para além do custo inicial, outros custos tais como com níveis de consumo de energia dos edifícios, aumento da durabilidade dos materiais, manutenção, etc., terão de ser equacionados.

Apresenta-se de seguida um quadro comparativo de custos entre uma cobertura ajardinada e uma cobertura tradicional. Tratam-se de valores estimados pelos construtores que estão envolvidos no programa “City of Portland Ecoroof Program” da cidade de Portland.

Quadro 13 – Quadro comparativo custos da cobertura ajardinada vs. Coberturas tradicionais

Custo por m <sup>2</sup>	Cobertura ajardinada	Cobertura tradicional	Diferencial
Custo inicial (incluindo a camada de suporte)	82 € - 124 € 103 €	25 € - 75 € 50€	53 €
Reconstrução	124 € - 206 €	41 € - 165 €	
Substituição do sistema de impermeabilização	----	27 € / m <sup>2</sup>	-27 €/m <sup>2</sup>
Sistema de drenagem	0,10 € / m <sup>2</sup>	0,17 €/m <sup>2</sup>	0,07 €/m <sup>2</sup>

Há ainda outro tipo de custos associados a benefícios diretos da implementação de uma cobertura ajardinada que devem ser considerados, nomeadamente:

#### 5.1.1. AUMENTO DA DURABILIDADE DA COBERTURA

O sistema de coberturas ajardinadas protege as membranas de impermeabilização dos efeitos dos raios UV e diminui as variações da temperatura no sistema, levando naturalmente a uma extensão na durabilidade do material.

É comum ler-se que um sistema de cobertura ajardinada poderá duplicar o tempo útil dos materiais que o constituem, nomeadamente o sistema de impermeabilização, quando comparado com sistemas tradicionais de coberturas.

Esta vantagem resulta num custo benéfico para o promotor ao longo dos anos.

#### 5.1.2. POUPANÇA EM COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

As coberturas ajardinadas têm vantagens em termos de isolamento térmico, através da sua capacidade de refrigerar os edifícios no Verão e isolá-los no Inverno, dependente da condução térmica diária da cobertura.

O fabricante alemão Zinco Internacional estima que a implementação de coberturas ajardinadas pode contribuir para a poupança nos custos de combustível de aquecimento até 2 litros/m<sup>2</sup>/ano na Alemanha outro exemplo é uma unidade industrial em Frankfurt [Cooling Cider Possmann] que recuperou o custo inicial da instalação de uma cobertura ajardinada em 2-3 anos através da poupança no aquecimento e refrigeração do edifício e corte em termos de aquisição e manutenção dos equipamentos responsáveis pela climatização do edifício.

#### 5.1.3. POUPANÇA NA DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Há uma potencial poupança para os construtores e promotores de edifícios, uma vez que uma cobertura ajardinada poderá diminuir o número de pontos de drenagem necessários. No entanto esta redução ainda

não é de fácil quantificação, uma vez que se tende a separar o custo da cobertura do custo da drenagem do edifício. Contudo e, dependendo da dimensão da cobertura e altura do edifício, os benefícios económicos que podemos assegurar através da redução do número de pontos de drenagem podem compensar a instalação de uma cobertura ajardinada.

Conclui-se portanto que embora inicialmente as coberturas ajardinadas tenham um custo mais elevado do que as coberturas convencionais, eles são mais competitivos numa base de solução construtiva de longo prazo por causa dos custos de manutenção e de substituição reduzidos e pelas vantagens que poderão trazer ao nível de diminuição do uso de energia e redução dos sistemas de drenagem.

## 5.2. FATORES QUE INFLUENCIAM OS CUSTOS

Cada cobertura ajardinada é um projeto único. O custo de uma cobertura residencial depende de diversas variáveis, incluindo:

- Localização geográfica
- Tipo de cobertura ajardinada (espessura da cobertura)
- Materiais usados
- Fornecedor
- Dimensão da cobertura ajardinada – a economia de escala é um fator na obtenção de descontos
- Incentivos fiscais (caso existam)

Conforme já foi referido, há países e cidades que têm incentivos económicos que encorajam os promotores à instalação de coberturas ajardinadas introduzindo.

Nos Estados Unidos da América, o custo da instalação de uma cobertura ajardinada poderá variar entre os 85€ e 202€ por metro quadrado, incluindo a membrana de impermeabilização que é sem qualquer dúvida o elemento mais dispendioso de todo o sistema. Sistemas sofisticados custar entre 202€ e 807€ por metro quadrado de construção de cobertura.

Na cidade de Nova Iorque, o custo médio de uma cobertura ajardinada é de 148.5€ - 165€ por metro quadrado de instalação. No entanto a instalação de coberturas verdes em Nova Iorque rende aos seus promotores um benefício fiscal de 37€ por cada metro quadrado de instalação ou aproximadamente 25% dos custos associados com materiais, mão-de-obra, instalação e projeto da cobertura ajardinada.

Já na Alemanha, o custo de uma cobertura ajardinada é relativamente baixo já que existem no país incentivos económicos à sua implementação e um mercado do sistema de coberturas ajardinadas há muito estabelecido.

Através de economias de escala, a redução de custos comuns é possível, no entanto a instalação de uma cobertura ajardinada em ambiente residencial terá sempre dois fatores que não permitirão a obtenção de um preço tão competitivo quanto o pretendido:

- As coberturas ajardinadas residenciais são mais caras por metro quadrado do que as coberturas ajardinadas instaladas em edifícios de serviços e comerciais isto porque os custos fixos da sua instalação não podem ser repartidos por uma maior área;
- O retorno do investimento inicial associado a uma cobertura ajardinada residencial será muito mais difícil de justificar já que as economias de custos associados serão mais baixas do que as verificadas no caso de edifícios de serviços ou comerciais;

### 5.3 ANÁLISE DOS CUSTOS DO CICLO DE VIDA – ANÁLISE LCC

Neste novo paradigma da construção sustentável, o papel de vários agentes é decisivo, incluindo o setor da extração de materiais, o da construção, os clientes das estruturas edificadas, os gestores e os responsáveis pela manutenção. Pode, assim, dizer-se que este novo modo de conceber a construção procura satisfazer as necessidades humanas, protegendo e preservando simultaneamente a qualidade ambiental e os recursos naturais, contabilizando, além do capital de investimento inicial, os custos e os benefícios ao longo de toda a vida útil.

A busca de equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente sustentável é o propósito do desenvolvimento sustentável.

Na perspetiva das três dimensões, a construção sustentável não pretende nem desempenho ambiental excelente sacrificando a viabilidade financeira de uma empresa, nem desempenho financeiro excepcional à custa de importantes efeitos adversos no ambiente e na sociedade.

Na prática, são poucas as empresas que procuram produzir construções de elevada qualidade e durabilidade, dado que o investimento inicial necessário para garantir reduzidos custos de operação e manutenção não lhes é compensatório. Isto deve-se ao facto de, na maioria dos casos, o empreiteiro não ser o dono de obra, isto é, o construtor não ser o utilizador final da edificação. Desta forma, o empreiteiro apenas tem de assegurar um prazo de garantia de 10 a 15 anos sendo este tempo mínimo admissível para um produto como por exemplo uma habitação.

Em particular nas obras públicas o prazo de garantia considerado é de 10 anos, no caso dos elementos estruturais e de 5 anos no caso de defeitos relativos a defeitos construtivos não estruturais ou a instalações técnicas.

Em suma, ao empreiteiro apenas cabem os custos de construção, enquanto os custos de operação e manutenção são suportados pelo dono da edificação. Por isso o empreiteiro não tem interesse em aumentar os seus gastos para reduzir os custos de outrem, isto é, não pretende um acréscimo de custos na fase da construção para obter benefícios que apenas se refletem na fase de operação/exploração beneficiando os utentes da edificação em operação.

A construção sustentável envolve a consideração de todo o ciclo de vida dos edifícios, uma vez que a minimização e redução de impactos na natureza depende do desempenho dos edifícios durante toas as suas fases: projeto, construção, operação, renovação e demolição.



Fig.45 – Ciclo de vida dos edifícios na perspetiva de uma construção sustentável

Esta perspetiva equilibrada da análise do ciclo de vida deve substituir a consideração do custo de investimento como fator único.

Genericamente, Life Cycle Costs – LCC, em português Custos do Ciclo de Vida, consiste na análise de todos os custos de um produto, processo ou atividade ao longo da vida.

Os custos do ciclo de vida de um edifício incluem os custos de projeto, custos de construção, custos de operação, custos de manutenção, custos de reabilitação e custos de demolição/desconstrução.

Simplificadamente, os custos do ciclo de vida podem ser estimados através da contabilização dos recursos despendidos em cada uma das fases do mesmo. Estes recursos pode ser uma disponibilidade financeira, material, humana ou imaterial consumida ou utilizada na execução das atividades.

Há estudos que afirmam que cerca de 80% do custo de vida útil d edificado podem estar relacionados com a sua utilização e manutenção, pelo que se torna incontornável a consideração dos custos de ciclo de vida aquando da análise de uma construção ou solução construtiva.

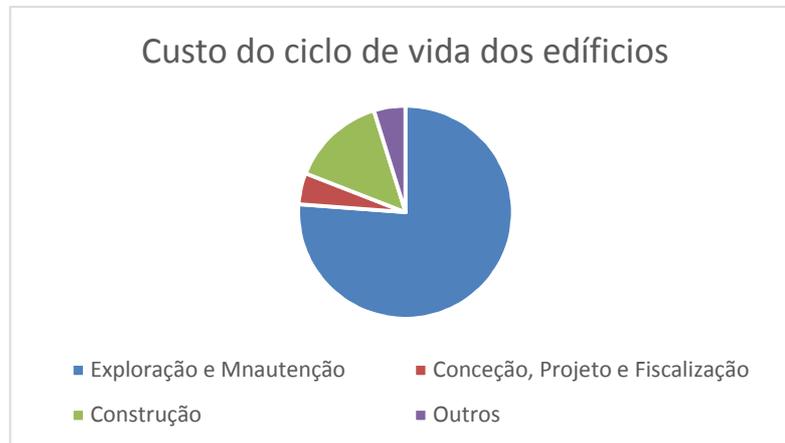


Fig.46 – Distribuição do custo do ciclo de vida dos edifícios

A análise LCC é uma metodologia de carácter económico que pode contribuir para seleccionar, de entre alternativas analisadas ao longo de um período de tempo, a mais eficiente em termos de custos tendo em conta custos como os da construção, de operação, de manutenção, de reabilitação e de fim de vida.

Apresenta-se de seguida uma análise LCC efetuada pelo município de Boston nos Estados Unidos onde se pretendia avaliar o impacto das coberturas ajardinadas na cidade, “Green Roof Planning Study – Final Report”.

Para avaliar os benefícios a longo prazo das coberturas ajardinadas o estudo em questão considerou duas soluções de coberturas:

- Uma cobertura tradicional com membrana de betume como sistema de impermeabilização
- Uma cobertura ajardinada extensiva

Ambas as coberturas com 930 m<sup>2</sup> de área.

O período de estudo considerado foi de 60 anos e forma a garantir que os benefícios da durabilidade dos materiais a longo prazo as coberturas ajardinadas eram considerados.

A análise LCC foi efetuada com dois modelos de construção. Esta duplicação deveu-se ao facto de um dos principais benefícios de uma cobertura ajardinada ocorre durante a estação de arrefecimento quando a cobertura com vegetação proporciona uma significativa redução do ganho de calor para o interior do prédio, a análise LCC foi desenvolvida para testar a condição quando não há economia de energia (como num edifícios sem ar condicionado) e com poupança de energia (edifício com ar condicionado), foi considerada uma taxa de atualização de 5% ao ano.

Não foram contabilizados neste estudo enumeras poupanças que poderiam rentabilizar as coberturas ajardinadas, tais como, a redução da necessidade de infraestruturas de drenagem enterradas proporcional à redução do escoamento superficial, etc.

**MODELO 1 – EDIFÍCIO SEM SISTEMA DE AR CONDICIONADO – NÃO É CONSIDERADA A POUPANÇA DE ENERGIA**

Sem a economia de energia a cobertura ajardinada é aproximadamente 15% mais cara ao fim de 20 anos.

O custo de capital inicial mais elevado é pouco compensado pelo ciclo de vida mais longo do sistema de impermeabilização das coberturas ajardinadas.

Para o período de estudo completo de 60 anos, a cobertura ajardinada é cerca de 8,6% mais cara que uma cobertura tradicional com base no valor atualizado líquido (VAL - indicador utilizado na avaliação da rentabilidade de projetos de investimento, é a soma de todas as entradas e saídas de dinheiro durante a vida útil de um projeto atualizada para o momento presente).

Quadro 14 – Análise LCC – Modelo 1

	Cobertura tradicional	Cobertura ajardinada
Custos de instalação inicial	136.200 €	264.845 €
Substituição do sistema de impermeabilização	19 anos	39 anos
VAL (20 anos)	379.351 €	432.811 €
VAL (40 anos)	550.092 €	643.163 €
VAL (60 anos)	668.888 €	726.396 €

Em resumo, sem a consideração de poupanças de energia uma cobertura ajardinada é mais cara que uma cobertura tradicional tanto para um período de 20 anos como para um período de 60 anos.

**MODELO 2 – EDIFÍCIO COM SISTEMA DE AR CONDICIONADO – É CONSIDERADA A POUPANÇA DE ENERGIA**

Para esta análise foram consideradas poupanças de energia na ordem dos 15% no edifício que tinha implementada a cobertura ajardinada.

Com a economia de energia considerada a cobertura ajardinada é mais cara que uma cobertura tradicional depois de 20 anos (aproximadamente 9%). No entanto para o período de estudo completo de 60 anos, a cobertura ajardinada é apenas ligeiramente mais cara que uma cobertura tradicional (cerca de 2,5%) com base no VAL.

Quadro 15 – Análise LCC – Modelo 1

	Cobertura tradicional	Cobertura ajardinada
Custos de instalação inicial	136.200 €	264.845 €
Substituição do sistema de impermeabilização	19 anos	39 anos
VAL (20 anos)	379.351 €	415.015 €
VAL (40 anos)	550.092 €	612.280 €

---

VAL (60 anos)	668.888 €	685.875 €
---------------	-----------	-----------

---

Apesar de ainda não haver retorno do investimento, este estudo, que apenas considerou a poupança energética resultante da instalação da cobertura ajardinada, aproxima os valores de custo das duas coberturas estudadas ao fim de um período de 60 anos.

#### ANÁLISE FINAL

Os resultados desta análise de Custos de Ciclo de Vida mostram que mesmo com benefícios económicos, como 15% de poupanças ao nível energético, ao fim de 20 anos o VAL das coberturas ajardinadas excede o VAL das coberturas tradicionais.

No entanto, este valor torna-se bastante reduzido quando o período de estudo é alargado a 60 anos, onde as coberturas ajardinadas são apenas 2,5% mais dispendiosas que as coberturas tradicionais.

Existem uma série de opções que podem ajudar a reduzir ainda mais o VAL das coberturas ajardinadas, nomeadamente:

- Benefícios fiscais, que ajudam a compensar o elevado custo inicial
- Redução do escoamento superficial que se pode transformar numa fonte de poupanças, seja através do custo dos sistemas, seja através da redução da tarifa de drenagem paga ao município;
- Redução das premissas de dimensionamento dos equipamentos de AVAC.



# 6

## CONCLUSÕES

### 6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação teve por objetivo uma introdução ao sistema das coberturas ajardinadas e a sua análise em termos de estado de arte em Portugal e no Mundo.

Conforme já foi sendo referido ao longo da dissertação em Portugal há uma clara falta de conhecimento sobre este assunto e o número de edifícios que já adotaram esta solução para além de reduzidos foram pouco divulgados que se tornou impossível recolher mais informação para além da aqui referida.

Ainda são muito poucas as empresas portuguesas que se dedicam exclusivamente à instalação de coberturas ajardinadas, no entanto é considerado um sector em crescimento.

Por outro lado temos o estado de arte das coberturas ajardinadas no resto do mundo onde por exemplo na Suíça e na Áustria quem instalar coberturas verdes em casa tem direito a alguns benefícios fiscais. Estes três países foram os fundadores da European Federation of Green Roof Associations em 1997, que agrega associações e empresas que desenvolvem atividades na área. Depois foram se juntando outros sete países europeus num grupo do qual Portugal ainda não faz parte.

Os jardins nas coberturas têm ganho muita popularidade também nos países nórdicos onde existem até projetos para a criação corredores verdes no topo dos edifícios à semelhança daqueles que se fazem em terra.

O desejo de alcançar o objetivo de se tornar na primeira capital livre de carbono já em 2025 já levou em Copenhaga a obrigar qualquer cobertura nova pública ou privada com uma inclinação inferior a 30 graus a ter vegetação.

Na era do aquecimento global, em que o planeta corre sérios riscos ambientais, nada mais acertado do que investir no uso de tecnologias sustentáveis, principalmente na construção civil.

Esta é sem qualquer dúvida uma tecnologia a implementar rapidamente no nosso país no entanto deverá ser projetadas e aplicadas por especialistas, não é tarefa que se aconselhe a amadores que rapidamente poderão eliminar todas as vantagens do sistema.

Em suma, as coberturas ajardinadas contribuem para a sustentabilidade ecológica do ambiente urbano. São constituídas por um sistema de engenharia ligeiro que permite a plantação e crescimento de plantas e flores sobre uma laje convencional.

Este é um sistema integrado por diversas camadas sobrepostas ao telhado do edifício, que asseguram uma correto isolamento, quer para a integridade dos materiais de construção, quer para a cada do reino botânico que acolhe.

A vegetação adequada para as coberturas ajardinadas é escolhida em função das condições climáticas próprias de cada cidade e das características físicas do edifício. Em geral, ainda que se concebam coberturas ajardinadas com vegetação caduca ou perene, consideram-se ideais aquelas espécies cuja altura é baixa, que crescem e se expandem com rapidez, com alta resistência à seca e carentes de necessidades especiais de irrigação ou nutrição.

Ao longo do estudo, desde a análise histórica, tipos, componentes, benefícios, custos, até aos exemplos apresentados, não resta dúvida de que as coberturas ajardinadas fornecem uma enorme gama de benefícios para o sector público e privado.

Analisados os benefícios e requisitos específicos da tecnologia, o desenvolvimento mais amplo das soluções construtivas de coberturas verdes em Portugal passa pela elaboração de regulamentação específica que procure implementar os necessários critérios de qualidade e também pela existência de incentivos e estratégias que estimulem e fomentem a sua implementação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, Sidney Rocha de (2007). *As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos*. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro

Hui, Sam C. M. (2001). *Green roof urban farming for buildings in high-density. Paper do encontro Hainan China World Green Roof Conference 2011*

King County Office Project. (2004) *Green Roof Feasibility Review*

Livingroofs.Org & Ecology Consultancy Ltd. (2004) *GREEN ROOFS: Benefits and cost implications, A Report for Sustainable Eastside*

Luckett, Kelly. (2009) *Green roof Construction and Maintenance*, McGraw-HillCompanies, Inc.

Miller,Charlie (2010). *Paper Extensive GreenRoofs*.

Niachou, A. (2001). *Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance*. Energy and Buildings

Oliveira, Eric Watson Netto de (2009). *Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico*, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Peck, Steven, *Design Guidelines for Green Roofs*. Ontario Association of Architects

Pouey, M. T.F. (1998). *Coberturas verdes: análise de desempenho térmico*. Paper do VII do Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis.

Wong, N. H. (2003). *Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. Building and Environment*.

Hilary, Dave (2011) artigo: *Intensive and Extensive: The Two Major Types of Green Roof*

<http://www.lnec.pt/>

[www.greenroofs.ca](http://www.greenroofs.ca)

[www.greenroofs.com](http://www.greenroofs.com)

[www.greenroof.se](http://www.greenroof.se)

[www.livingroofs.org](http://www.livingroofs.org)

<http://www.revistatechne.com.br>

[www.tironenunes.pt](http://www.tironenunes.pt)

<http://www.zinco-greenroof.com>

<http://building.dow.com/>

<http://www.texsa.com/pt/>