JARDINS DE COBERTURA

APLICABILIDADE DA ESPÉCIE *Salvia officinalis L.* EM SISTEMAS DE COBERTURA

ANA RITA SOUTA BARREIROS

Dissertação para obtenção do grau de mestre em Arquitectura Paisagista

Orientador
Prof ª. Doutora Maria da Conceição Martins Lopes de Castro

Co-Orientador
Prof ª. Doutora Alexandra Rosa da Costa

Universidade de Évora

Évora
Dezembro de 2011

Jardins de Cobertura

Aplicabilidade da espécie *Salvia officinalis L. em sistemas de cobertura*

Ana Rita Souta Barreiros

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em

Arquitectura Paisagista

Orientador:

Profª. Doutora Maria da Conceição Martins Lopes de Castro

Co-Orientador:

Profª. Doutora Alexandra Rosa da Costa

Évora

Dezembro de 2011

Ao terminar esta dissertação não posso deixar de agradecer àqueles que me auxiliaram na sua realização, e cujo contributo foi essencial, dentro e fora do âmbito académico.

Às Professoras Maria da Conceição Castro e Alexandra Costa pelos ensinamentos, pela paciência, pelo apoio e pela orientação prestada ao longo do trabalho.

À Professora Rute pela ajuda prestada.

Ao Professor Luís Dias pela sua disponibilidade e auxilio no campo da Estatistica.

Aos meus pais e amigos agradeço o apoio e incentivo. Em especial ao Sérgio, pelo seu carinho e paciência incondicional.

A todos os que contribuíram para a concretização deste trabalho, muito obrigada.

RESUMO

A consciencialização da população, de que o espaço urbano densamente construído e artificializado poderá imputar graves problemas na cídade e nos seus habitantes, permitiu uma nova abordagem dos edifícios, tornando-os parte integrante de uma estrutura verde semi-continua atráves da introdução de soluções de jardins de cobertura, sendo este o contexto em que este estudo se centra.

Este trabalho resulta assim, de uma pesquisa e análise dos métodos construtivos e de tipologias de jardins de cobertura passíveis de executar actualmente, procurando-se desta forma conhecer os benefícios e desvantagens da utilização deste tipo de coberturas.

O desenvolvimento de um estudo mais aprofundado da aplicabilidade da espécie *Salvia officinalis L.,* neste tipo de contrução permitiu um segundo momento, mais prático, direccionado para o desenvolvimento de uma metodologia que permitisse avaliar a adaptabilidade de espécies autóctones à solução de coberturas ajardinadas.

Palavras-chave:

Jardins de Cobertura; Sustentabilidade; Adaptabilidade; Espécies Autóctones

Roof Gardens – Applicability of the species *Salvia officinalis L.* in roofing systems

The population's awareness, that densely constroyed and artificialized urban space may generate serious issues to the city and it's inhabitants allowed a new building approach, making them part of semi-continuous green structure by introducing green roof solutions – being this context the focus of this study.

This dissertation is the result of a research and analysis on today's feasible constructive methods and green roof typologies, looking forward to learn the benefits and disadvantages of using this king of roof systems.

The development of a deeper study on the *Salvia officinalis L*. species applicability on this kind of construction allowed a second moment, a more practical one, directed to a methodology development that would allow evaluating the adaptability of autochthonous species to green roof solutions.

Palavras-chave:

Green roofs; Sustainability; Adaptability; Autochthonous species

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS ii

RESUMO iii

ABSTRACT iv

INTRODUÇÃO 1

1.1 OBJECTIVOS 2

1.2 METODOLOGIA E ORGANIZAÇÃO 3

CAPÍTULO I

UM OLHAR HISTÓRICO 6

CAPÍTULO II

CONCEITOS E MATERIAIS 18

2.1 O CONCEITO 18

2.2 TIPOLOGIAS DE COBERTURAS 22

2.2.1 – COBERTURA EXTENSIVA 23

2.2.2 – COBERTURA INTENSIVA SIMPLES 24

2.2.3 – COBERTURA INTENSIVA COMPLEXA 25

2.3 APLICABILIDADE: VANTAGENS E DESVANTAGENS 27

2.3.1 - BENEFÍCIOS SOCIAIS 27

2.3.2 - BENEFÍCIOS ECONÓMICOS 29

2.3.3 - BENEFÍCIOS AMBIENTAIS 33

2.4 ESPECIFICIDADES TÉCNICAS DAS COBERTURAS 42

2.5 ELEMENTOS CONSTRUTIVOS 47

2.5.1 – VEGETAÇÃO 47

2.5.2 – SUBSTRATO 59

2.5.3 – CAMADA FILTRANTE 62

2.5.4 – CAMADA DRENANTE 63

2.5.5 – SISTEMA DE REGA 65

2.5.6 – SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO 68

2.5.7 – CAMADA DE FORMA 69

2.6 AVALIAÇÃO ECONOMICA DA APLICAÇÃO DE COBERTURAS AJARDINADAS 70

CAPÍTULO III

CONSIDERAÇÕES SOBRE A ABORDAGEM PROJECTUAL DO ARQUITECTO PAISAGISTA 72

CAPÍTULO IV

ESTUDO DE CASO 78

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E DEFINIÇÃO DA PROBLEMÁTICA 78

4.2 DEFINIÇÃO DA ESPÉCIE EM ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO EXPERIMENTAL 81

4.3 MATERIAL E MÉTODOS 83

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 91

CONSIDERAÇÕES FINAIS 104

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 107

ANEXOS 112

Tabela 1	*Tipologias de Cobertura ajardinada, baseada na informação disponibilizada pela marca Imperalum*	**22**
Tabela 2	*Plano de trabalhos anuais proposto para a manutenção de coberturas extensivas e intensivas simples*	**55**
Tabela 3	*Plano de trabalhos anuais proposto para a manutenção de coberturas intensivas*	**55**
Tabela 4	*Distribuição dos Tabuleiros experimentais pelo tipo de tratamentos*	**84**
Tabela 5	*Tabela Valores Mensais com a aplicação do Coeficiente de Dispersão*	**87**
Tabela 6	*Listagem de alguns Projectos de Coberturas Ajardinadas*	**113**
Tabela 7	*Dados referentes à precipitação mensal (mm) obtidos atráves do tratamento dos valores recolhidos no Sistema Nacional de Informação de Recursos hídricos*	**121**
Tabela 8	*Altura (cm) da plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento*	**128**
Tabela 9	*Tabela de Anova: factor duplo com repetição – Altura*	**128**
Tabela 10	*Peso Seco Total da plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento*	**129**
Tabela 11	*Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Peso Seco Total*	**129**
Tabela 12	*Peso Seco do Sistema Foliar da plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento*	**130**
Tabela 13	*Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Peso Seco Foliar*	**130**
Tabela 14	*Peso Seco do Sistema Caulinar da plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento*	**131**
Tabela 15	*Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Peso Seco do Sistema Caulinar*	**131**
Tabela 16	*Peso Seco do Sistema Radicular da plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento*	**132**
Tabela 17	*Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Peso Seco do Sistema Radicular*	**132**
Tabela 18	*Área Foliar das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento*	**133**
Tabela 19	*Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Área Foliar*	**133**

Tabela 20	*Razão entre os pesos da parte aérea e das Raizes, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento ……..*	**134**
Tabela 21	*Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Razão entre os pesos da parte aérea e das Raízes ……*	**134**
Tabela 22	*Área especifica, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento*	**135**
Tabela 23	*Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Área Especifica ……*	**135**
Tabela 24	*Leaf Weight Ratio das plantas do género Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento ……*	**136**
Tabela 25	*Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Área Especifica ……*	**136**
Tabela 26	*Potencial Hídrico das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento ……*	**137**
Tabela 27	*Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Potencial Hídrico ……*	**137**
Tabela 28	*Condutância Estomática (T0) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento ……..*	**138**
Tabela 29	*Condutância Estomática (T1) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento ……..……*	**138**
Tabela 30	*Condutância Estomática (T2) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento .....*	**138**
Tabela 31	*Condutância Estomática (T3) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento .....*	**139**
Tabela 32	*Condutância Estomática (T4) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento .....*	**139**
Tabela 33	*Fotossíntese Liquida (T0) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento .....*	**139**
Tabela 34	*Fotossíntese Liquida (T1) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento .....*	**140**
Tabela 35	*Fotossíntese Liquida (T2) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento .....*	**140**
Tabela 36	*Fotossíntese Liquida (T3) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento .....*	**140**
Tabela 37	*Fotossíntese Liquida (T4) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento .....*	**141**
Tabela 38	*Transpiração (T0) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento .....*	**141**

Tabela 39 *Transpiração (T1) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento* **141**

Tabela 40 *Transpiração (T2) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento* **142**

Tabela 41 *Transpiração (T3) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento* **142**

Tabela 42 *Transpiração (T4) das plantas do género, Salvia officinalis L., expostas aos quatro tipos de tratamento* **142**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	*Representação gráfica de um corte tipo dos Jardins Suspensos da Babilónia, por volta de 500 a.C., baseada na descrição do arqueólogo Robert Koldewey .*	**8**
Figura 2	*Rockefeller Center, Nova Iorque, EUA .....*	**11**
Figura 3	*Centro das Artes – Casa das Mudas, Calhetas, Madeira .....*	**14**
Figura 4	*Hospital Central da Madeira, Funchal, Região Autónoma da Madeira, Portugal*	**15**
Figura 5	*"Il Vulcano Buono", Nola, Itália .....*	**15**
Figura 6	*High Line Park, Nova Iorque, Estados Unidos da América .....*	**17**
Figura 7	*Exemplo de elemento de segurança na manutenção .....*	**58**
Figura 8	*Exemplo da aparência de um tipo de substracto .....*	**61**
Figura 9	*Exemplo de um tipo de Geotextil .....*	**63**
Figura 10	*Exemplo de elementos de drenagem: Topo – argila expandida; Base Esquerda- Tela de drenagem do tipo Optigrün; Base Direita – Sistema triangular de drenagem do tipo Optigrün .....*	**65**
Figura 11	*Localização das estações meteorológicas, segundo a foto-áerea disponibilizada pelos Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos ..*	**120**

ÍNDICE DE PORMENORES CONSTRUTIVOS

Pormenor Construtivo 1	*Exemplo tipo de cobertura ajardinada extensiva .....*	**23**
Pormenor Construtivo 2	*Exemplo tipo de cobertura ajardinada intensiva simples .....*	**25**
Pormenor Construtivo 3	*Exemplo tipo de cobertura ajardinada intensiva .....*	**26**
Pormenor Construtivo 4	*Exemplo tipo de cobertura ligeira com isolamento .....*	**43**
Pormenor Construtivo 5	*Exemplo tipo para coberturas de clima chuvoso .....*	**44**

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	*Flutuação da temperatura diária numa cobertura ajardinada e numa cobertura tradicional em Toronto, durante o período de 22 de Novembro de 2000 a 30 de Setembro 2002. Estudo realizado por Liu e Baskaran in Planting green roofs and living walls*	**31**
Gráfico 2	*Média de alturas (cm) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30)*	**91**
Gráfico 3	*Média do peso Seco Total (g) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30)*	**92**
Gráfico 4	*Média do peso Seco do Sistema Foliar (g) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30)*	**93**
Gráfico 5	*Média do peso Seco do Sistema Caulinar (g) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30)*	**94**
Gráfico 6	*Média do peso Seco do Sistema Radicular (g) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30)*	**94**
Gráfico 7	*Média da Área Foliar (cm^2) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30)*	**95**
Gráfico 8	*Média da razão entre o peso seco da parte aérea e das raízes (AA/ Psr) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30)*	**96**

Gráfico 9 *Média da área especifica das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30) 96*

Gráfico 10 *Média da razão entre o peso seco do sistema foliar e do peso seco total(LWR) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30) 97*

Gráfico 11 *Média do potencial hídrico (Mpa) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30) 98*

Gráfico 12 *Média da condutância estomática (mmol / m^2) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30) 99*

Gráfico 13 *Média da fotossintese liquida (mmol / m^2) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30) 100*

Gráfico 14 *Média da transpiração (mmol / m^2 /s) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30) 101*

O crescimento acelerado e casuístico da cidade determinou que as áreas rurais, fossem sendo invadidas por subúrbios socialmente fragmentados de dinâmicas instáveis, especulativas e sensorialmente preocupantes.

Actualmente, assiste-se a um desenvolvimento da cidade indiferente aos condicionalismos das pré-existências, sendo as novas intervenções feitas de forma desorganizada e desintegrada. Desta forma, os espaços de vivência da cidade sofreram uma forte segregação, deteriorando o sentido de "lugar" e dando lugar a espaço públicos abertos desqualificados.

É importante criar modelos e mecanismos de ligação e interacção que possam contribuir para a união dos sistemas vivos dentro do perímetro urbano. Estes mecanismos passam por um novo conceito de intervenção, em que a vertente ambiental é a base de uma política de sustentabilidade ecológica assumida. Assim, é objectivo deste trabalho, examinar e experimentar tecnicamente uma das novas soluções de espaços abertos: os jardins de cobertura.

Numa realidade dominada maioritariamente pela presença de edificados e ausência de espaços abertos, os jardins de cobertura surgem como um elemento importante na reconversão dos centros urbanos consolidados. Este tipo de solução permite criar áreas que possibilitem resgatar as funções de sociabilidade e estimular a noção de vizinhança. Estes são conceitos perdidos do racionalismo moderno. Os jardins de cobertura surgem, hoje em dia, como um dos possíveis suportes para o recreio e lazer – aspectos fundamentais ao bem estar do homem citadino.

Apesar da sobreposição dos conceitos "*edificado*" e "*espaços abertos*" a concepção de jardins de cobertura interliga-se com as premissas: "*Continuum naturale"* e "*sustentabilidade ecológica*" devido às suas mais valias na manutenção e suporte da biodiversidade das cidades, assim como na regulação climática, na gestão e

regularização dos *inputs* necessários ao correcto isolamento do edificado, e na possibilidade de interligação dos “espaços abertos” numa escala mais abrangente.

1.1 OBJECTIVOS

A crescente divulgação das várias soluções de carácter ecológico despoletou o interesse e a iniciativa para a elaboração deste estudo. Os objectivos principais foram definidos no sentido de obter uma identificação e caracterização dos sistemas de jardins de cobertura, de modo a compreender e facilitar as possíveis aplicações destas soluções. Assim sendo, procedeu-se a uma abordagem tão homogénea quanto possível de todos os meios de aplicação deste processo de cobertura. Analisaram-se os vários componentes e identificaram-se possíveis vantagens e desvantagens dos jardins de cobertura que foram aplicadas em Portugal. Pretendeu-se incluir não só aspectos relevantes da sua construção, mas também as tendências, potencialidades, problemas e ainda orientações para futuras aplicações.

Os objectivos deste trabalho evoluíram de acordo com as seguintes premissas:

- Compreensão e domínio dos conceitos fundamentais do sistema;
- Compreensão do funcionamento e condicionalismos do sistema;
- Reflexão sobre a verdadeira função destes sistemas no contexto de funcionamento e regulação dos fluxos ambientais da cidade;
- Ensaio experimental: Elaborar e testar uma metodologia experimental para obtenção de resultados sobre as condições de adaptabilidade de espécies autóctones às coberturas, permitindo assim avaliar a eficácia do sistema em condições similares ao clima Mediterrâneo.

1.2 METODOLOGIA E ORGANIZAÇÃO

A abordagem pela qual se optou materializa-se tanto pelo trabalho de pesquisa como pelo trabalho experimental. Numa primeira fase, foi desenvolvida uma revisão bibliográfica alargada, abrangendo estudos semelhantes noutros países, trabalhos de diversos domínios disciplinares sobre jardins de cobertura e também obras que, directa ou indirectamente, explorassem esta temática.

Já na segunda fase, e tendo em conta a identificação e definição de todo um sistema de cobertura, partiu-se de uma abordagem genérica para o conhecimento das partes técnicas que constituem as coberturas.

Numa terceira etapa, foi traçado um primeiro esboço do protocolo experimental que possibilitasse identificar algumas das variáveis a testar, e que resultasse da reflexão das questões e dos resultados esperados, assim como de todo um conjunto de informação recolhida.

Na etapa final, analisou-se e reflectiu-se sobre os resultados obtidos no ensaio experimental e sobre as conclusões alcançadas.

A pesquisa envolveu várias tarefas que se prolongaram ao longo das diversas fases, embora cada uma delas com diferentes durações:

- Revisão da bibliografia referente a estudos equivalentes noutros países, nomeadamente à abordagem escolhida e à metodologia a aplicar;
- Definição da estrutura do ensaio e aperfeiçoamentos da metodologia a seguir;
- Caracterização e fundamentação das bases testadas no ensaio experimental;
- Selecção e elaboração do estudo do caso a testar;
- Obtenção de resultados;
- Discussão dos resultados;

- Elaboração das considerações finais.

A abordagem seguinte fundamentou-se através da obtenção e síntese de conhecimentos adquiridos, originando por conseguinte a sua organização por capítulos:

Capítulo I – Um olhar histórico

Neste capítulo reuniram-se de forma sintética e cronológica as ocorrências de jardins de coberturas ao longo da História. Esta pesquisa resultou da recolha e análise bibliográfica, que possibilitou a contextualização e interiorização da evolução do conceito de "*cobertura*".

Capítulo II – Conceitos e Materiais

Este capítulo foi organizado em três partes principais. Na primeira parte apresentou-se o *conceito de "jardins de cobertura"* que pretendia definir e consolidar o seu significado, mas também sintetizou as vantagens e desvantagens desse tipo de sistemas. Na segunda parte do capítulo, surgem as tipologias de coberturas que foram devidamente fundamentadas com variados exemplos que vão desde a sua aplicabilidade à sua constituição.

Na última parte desta unidade, pretendeu-se decompor e especificar cada material componente desse tipo de sistema.

Capítulo III – Considerações sobre a abordagem projectual do Arquitecto Paisagista

Nesta unidade do trabalho de pesquisa reflectiu-se e analisou-se a função das coberturas na perspectiva de um contributo ecológico e estético da Cidade,

procurando assim fundamentar uma linha de pensamento projectual sobre a temática.

Capítulo IV – Estudo de Caso

Este capítulo subdivide-se em três unidades distintas. Na primeira parte, contextualizou-se e fundamentou-se a escolha do “Estudo de Caso”, assim como os objectivos desenvolvidos. Na segunda unidade deste capítulo, “Materiais e Métodos”, definiram-se quais as metodologias e matérias necessários para a execução do “Ensaio Experimental”. Na terceira e última parte, “Resultados e Discussão”, apresentou-se os resultados e conclusões obtidos na elaboração do “Ensaio”.

Capitulo V – Considerações Finais

Como já se referiu na metodologia apresentada, a última fase deste trabalho consiste na reflexão e apresentação das conclusões e análises desenvolvidas ao longo de todo o processo.

"Desde os tempos mais antigos que o homem quis utilizar os telhados."

(Le Corbusier, 1927)[1]

Neste capítulo, pretende-se abordar de maneira sucinta, mas contextualizada, os primórdios dos jardins de cobertura, pois ao longo do tempo tiveram as mais variadas aplicações e configurações, onde o recurso "vegetação" adquiriu diversas formas, significados e funções. Historicamente, a utilização das coberturas do edifícado está ligada às formas e métodos construtivos usados em cada época.

De acordo com o historiador Paul Oliver [2], a Arquitectura Vernacular resultou do confronto de quatro factores: as condições climáticas, a localização, as questões de funcionalidade e a sociedade pelas quais são produzidas, sendo que o aspecto mais condicionante dos três, é o factor climático. No caso das coberturas, as directrizes projectuais baseiam-se fundamentalmente na temperatura e na capacidade de escoamento da precipitação. Desta forma, em áreas com precipitações baixas e temperaturas elevadas, recorre-se usualmente à utilização de coberturas planas, mas em locais com características opostas, utilizam-se coberturas inclinadas. Porém, isso nem sempre se verifica devido a factores estéticos e/ou funcionais.

1 LE CORBUSIER,1927, Théorie du toit-jardin, L´Architecture Vivante, s.l., Autumn-Winter.
2 Para uma abordagem mais alargada desta temática, ver OLIVER, P.,1997, Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World, s.l., Oxford Brooke University.

Ravérau [3] dá como exemplo de coberturas: as casas tradicionais de Adobe de Mzab, no sul do deserto da Argélia, cuja cobertura foi sempre utilizada de acordo com as necessidades climáticas da região, desempenhando assim, uma função importante no espaço habitado da edificação. Neste tipo de casa tradicional, o terraço possui a mesma importância que o pátio central. A laje plana é utilizada como um local protegido, privado, ao ar livre.

Outro exemplo memorável são os Jardins Suspensos da Babilónia. Segundo Osmundson [4], não há evidências arqueológicas da sua existência, mas de acordo com as informações que chegaram até aos nossos dias, o imperador Nabucodonosor (630 a.C. – 562 a.C.) teria ordenado a construção, nas margens do Rio Eufrates, próximo do seu palácio, de uma enorme construção feita de pedras e de vegetação. Pretendia recriar uma montanha artificial e assim amenizar a nostalgia da sua esposa Semiramis, nascida a norte do país, onde o terreno era acidentado e dominavam as grandes áreas florestais.

De acordo com Diodorus Siculus, (historiador grego do século I a.C.) "Os jardins tinham 30 metros de comprimento por 30 metros de largura, foram construídos em terraços de modo a parecer um teatro. (...) As abóbadas foram construídas sob os terraços de modo a suportar todo o peso das coberturas plantadas. (...) Em cima dos terraços o solo era suficiente para permitir grandes maciços de árvores. A terra estava estabilizada e estava densamente plantada com cada tipo de árvore. (...) A maioria das galerias continha condutas para água, que era elevada através da bombagem de grandes dimensões, do rio" [5]. Esta descrição coincide com a

3 RAVÉRAU, A., 2003, Le M´Zab, une leçon d´architecture, Sidbbad, Paris, ActesSud.

4 OSMUNDSON, T., 1999, Roof Gardens. History, Design and Construction, W.W. Norton & Company Inc, New York.

5 Cf. Finke, 1988 in OSMUNDSON, T. , 1999, Roof Gardens. History, Design and Construction, W.W. Norton & Company Inc, New York.

reconstrução gráfica criada pelo arqueólogo Robert Koldewey (Figura 1) e com as representações românticas do século XVII.

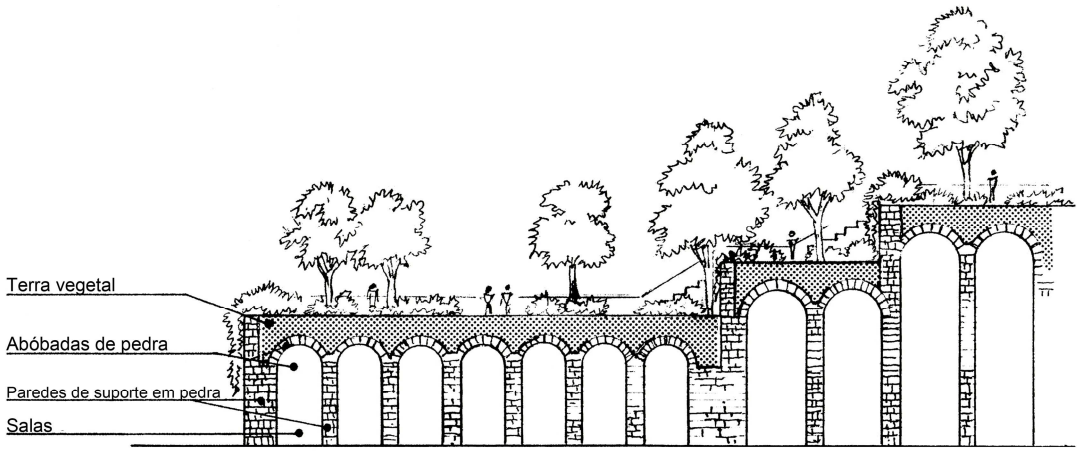


Figura 1: *Representação gráfica de um corte tipo dos Jardins Suspensos da Babilónia, por volta de 500 a.C., baseada na descrição do arqueólogo Robert Koldewey (Fonte:* OSMUNDSON, Theodore, Roof Gardens. History, Design and Construction, W.W. Norton & Company Inc, New York, 1999*)*

No Império Romano existem também referências à utilização de coberturas como locais de usufruto. É o caso de jardins sobre os edifícios, encontrados na Cidade de Herculano, datados 79 d.C., ano da forte erupção do Monte Vesúvio[6].

Outro exemplo importante desta época é a construção do Mausoléu de César Augusto, no Campo de Marte em Roma. Este edifício circular com diâmetro aproximadamado de 88 metros e cerca de 44 metros de altura, é composto por quatro terraços concêntricos cobertos de solo que comportavam alinhamentos de Ciprestes. Nesta época, existia uma preferência pelo uso de coberturas e terraços bastantes amplos que resultavam da influência do culto a Adónis, Deus da vegetação e símbolo da natureza.

6 Cf. WHALLEY, 1978 in GRANT, G. et al, 2003, Green Roofs: their existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas*, English Nature Research Reports, Report Number 498.*

No Renascimento, as alterações ideológicas e dos movimentos culturais funcionaram como estímulo para as variações arquitectónicas, tanto ao nível de formas como dos modelos de construção. Também as alterações climáticas, para um clima ameno e aprazível, fomentaram o gosto de viver nas coberturas e terraços.

De acordo com Martinez [7], um dos primeiros projectos da época Renascentista sobre jardins de cobertura no espaço urbano foi concebido por Leonardo da Vinci, em 1488. No manuscrito intitulado "*Paris Manuscript"*, Leonardo da Vinci procede à reformulação da cidade de Milão, em Itália. Este concebeu o desenho de vilas urbanas, onde os jardins se localizavam novamente no topo do edificado.

Outros exemplares resultantes desta época são, o Palácio Piccolomini construído para o Papa Pio II, no século XV em Pienza, Itália; os terraços da Villa Careggi em Florença pertencentes à família Lippi e mais tarde a Cosimo Medici, datados de 1400; os terraços do Museu são mandados construir pelo Cardeal Andrea della Valle, em Roma, tal como o Palácio dos Conde de Maffei em Verona com os seus jardins nos terraços do edifício, ambos construídos em 1530.

No mesmo período, são construídos na Alemanha, terraços no Castelo de Nuremberga (1050) pelo Imperador Friedrich, albergando assim um jardim dentro da cidade murada.

No século XVII e XVIII, a utilização da cobertura verde deixa de ser recorrente, existindo, portanto, poucos edifícios ou estruturas urbanas e privadas com esse tipo de sistema arquitectónico. Contudo, é de referir que no século XVII, na Rússia Czarista, o uso e aproveitamento de jardins nas coberturas, estava em pleno desenvolvimento. Era um símbolo exuberante, associado à nobreza e à realeza. Assim sendo, foram construídas as coberturas do Palácio do Kremlin, onde se

7 MARTINEZ, A. , 2005, Habitar la cubierta*, Editora Gustavo Gilli, Barcelona.*

edificaram dois níveis de Jardins Suspensos: um ao nível dos quartos e outro ao nível das águas do Rio Moscow.

Em 1893 na América, surge pela primeira vez a definição “Jardins de Cobertura” (Roof Gardens), e foi concebida especificamente para as áreas de coberturas ajardinadas utilizadas no recreio. Uma das maiores invenções da era industrial foi a construção do elevador, pois facilitou o acesso vertical aos diferentes pisos das edificações. Inverteu-se também a tradicional distribuição interna das habitações, em que o piso térreo era área familiar e o piso superior era destinado às áreas de serviço e descanso dos empregados. A cobertura da habitação passou a ter um novo sentido, ganhou *status*, transformou-se num espaço de descanso e lazer, passando as áreas de coberturas ajardinadas a serem mais comuns.

Nos meados de 1800, com o desenvolvimento do betão como material de revestimento, as coberturas planas dos edifícios começaram a ser construídas nas maiores cidades da Europa e da América. Em 1839, Samuel Haüsler, desenvolve a primeira cobertura plana recorrendo a um sistema de impermeabilização adequado ao clima do norte da Europa.

Pouco depois, em 1868 numa exibição mundial em Paris, Carl Rabitz apresentou uma patente para a edificação de coberturas planas impermeabilizadas, construindo um protótipo da sua própria casa em Berlim.

Ainda no século XIX, o rei Ludwig II da Baviera manda erguer um Jardim na sua residência de Munique. Esse jardim funcionava como uma estufa sobre o telhado da habitação com 70 metros de comprimento. Dentro desta, podia-se encontrar uma densa e exuberante vegetação composta essencialmente por espécies tropicais.

Com a industrialização, as superfícies impermeabilizadas passaram a ser uma realidade nas cidades. Na mudança de século, o impacto na formação das grandes cidades e das grandes alterações tecnológicas despoletaram novos conceitos

arquitectónicos. Assim sendo, a mudança radical das edificações e do espaço urbano fizeram com que vários arquitectos criassem novos conceitos de cidade, sociedade e qualidade de vida. As cidades passaram a ser verticais e muitos arquitectos passaram a considerar que a nova vida social deveria acontecer nas coberturas dos edifícios.

Raymond Hood, arquitecto norte-americano (1881-1934), após analisar a paisagem do cimo dos novos edifícios, verificou que as cidades se encontravam descaracterizadas, com muitos espaços desvalorizados e disfuncionais. Resolveu, então, desenvolver um projecto de remodelação das coberturas de todos os edifícios da baixa de Rockefeller Center *(Figura 2)*, criando um grupo de Jardins Suspensos, densamente plantados, que se interligavam através de Pontes. Este projecto tinha como princípio basilar a criação de "uma cidade acima da cidade". Contudo, após a sua morte a execução do projecto foi suspenso, acabando por nunca atingir o carácter global para o qual foi concebido, resultando apenas em pequenos oásis de jardins decorativos.

Figura 2: *Rockefeller Center, Nova Iorque, EUA. (Fotos: David Shankbone in http://www.google.com/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e6/Rockefeller_Center_Rooftop_Gardens_2_by_David_Shankbone.JPG)*

Em 1927, Le Corbusier publicou na revista *L´Architecture Vivante* um artigo intitulado “Théorie du Toit-Jardin” (Teoria do Terraço Jardim), onde apresentava a ideia que as coberturas planas deveriam ser utilizáveis, um potencial de quinta fachada. Ele pretendia que essa ideia fosse o factor determinante na “Nova Arquitectura”. Contudo, esta ideologia só podia ser aplicada por Le Corbusier em edifícios destinados a elites, devido ao seu valor monetário de construção. Este arquitecto foi o que mais se empenhou na utilização de coberturas planas em áreas habitacionais, pois defendia que apenas desta forma se recuperava o espaço social perdido nas urbes. Ideologicamente, Le Corbusier, defendia que o piso térreo deveria ser livre para transportes, enquanto que as coberturas seriam as novas praças, as áreas de lazer e recreio, onde as condições de higiene, ventilação e insolação apresentavam as melhores condições, obtendo-se assim uma sectorização das funções presentes nos edificios, o que permitia alcançar uma optimização organizacional de espaço.

Outro arquitecto que projectou coberturas como prolongamento de edificações, foi Frank Lloyd Wright. A sua obra Midway Gardens, construída em Chicago em 1914, destinava-se a um espaço de Casino e restauração e desenvolvia-se maioritariamente à volta de um grande terraço, onde se procurava introduzir actividades polivalentes a céu aberto.

É de referir ainda neste contexto, os jardins de cobertura no Ministério da Educação do Rio de Janeiro, em 1938, e na Associação Brasileira de Imprensa em 1940, pelo arquitecto paisagista Burle Marx.

Nas últimas décadas, a construção de coberturas ajardinadas abrandou, não tendo sido tema de reflexão para muitos técnicos. As questões associadas a esta temática têm vindo a ser tratadas individualmente, de acordo com a cultura, formação ou tendências de mercado. É de salientar que actualmente o espaço destinado a equipamento, casa de máquinas, tubagens, reservatório, etc, veio a ocupar o

espaço das coberturas, deixando espaço periféricos e diminutos com escasso potencial.

A partir de 1990, os jardins de cobertura passaram a ter uma forte influência na concepção da arquitectura, tornando a sua aplicação um forte "ex-líbris" da sustentabilidade energética e da qualidade de vida. É de salientar, que nesta época existia uma crescente procura pela sustentabilidade ambiental, que resultou da consciencialização das alterações climáticas e do conceito de qualidade de vida pela sociedade.

É nesse contexto que surge o projecto "Programa Cubiertas Verdes" na cidade de Buenos Aires, onde os graves problemas ambientais se tornaram uma realidade. Esse projecto, actualmente ainda em desenvolvimento, pretende equilibrar a relação entre "espaços verdes" e "espaços edificados", convertendo as coberturas dos edifícios em coberturas ajardinadas e espaços de lazer. Desta forma os órgãos de gestão territorial da cidade pretendem melhorar o espaço urbano e minimizar os impactos emocionais na população.

Em Portugal começa-se a verificar a existência de jardins de cobertura, fruto das características das grandes cidades. É o caso, da sede do Banco MAIS, em Lisboa, da autoria de Gonçalo Byrne. Este é um exemplo actual de recuperação habitacional, em que se incorporou na cobertura um sistema de passadiços em madeira e áreas de plantação que permitem criar uma ampla área de lazer. Inaugurado em 2006, este edifício de construção sustentável é um dos mais recentes exemplos do movimento de jardins de cobertura, mas há outros, tais como: o Centro de Arte Moderna José Azeredo Perdigão e a Galeria das Exposições Temporárias, o Pátio dos Congressos e a Cobertura do estacionamento subterrâneo, na Fundação Calouste Gulbenkian, projectada pelos arquitectos paisagistas, António Viana Barreto e Gonçalo Ribeiro Telles, a cobertura do Hotel Ritz, projectada pelo arquitectos António Viana Barreto e Dentinho, o Centro de

documentação e Informação projectado pelo arquitecto Carrilho da Graça; a Torre Verde, na zona oriental de Lisboa, projectada por Livia Tirone, o Jardim das Oliveiras, no edifício do Centro Cultural de Belém, projectado por Gregotti, Manuel Salgado e Francisco Caldeira Cabral.

É de salientar que as novas designações de "coberturas", muitas vezes não são espaços resultantes de edifícios, mas de áreas de continuação ou de integração na paisagem. Actualmente, o conceito de "integração dos edifícios na paisagem" passa por sua vez pela sua assimilação volumétrica, pela morfologia e pela vegetação envolvente. Exemplo desta concepção é o Centro das Artes – Casa das Mudas na Madeira, projectado pelo arquitecto Paulo David e pelos dois arquitectos paisagistas; João Nunes e Carlos Ribas. Todo o edifício faz parte da encosta escarpada. As coberturas são o piso de entrada, onde a vegetação tenta interligar o "construído" com a "envolvente", criando assim, uma ambivalência propícia à ocorrência de inúmeras actividades culturais, *(Figura 3)*.

Figura 3: *Centro das Artes – Casa das Mudas, Calhetas, Madeira (Fotos: Fernando Guerra e Leonardo Finotti in http://www.centrodasartes.com/Default.aspx)*

Dentro do mesmo conceito / principio podemos também referenciar o projecto do novo Complexo Hospitalar do Funchal, ainda em fase de projecto. Esta edificação é da autoria do atelier *Aripa*, Ilídio Pelicanos Arquitectos e os espaços exteriores a cargo do atelier de arquitectura paisagista *PB.ARQ*. Através do uso dos jardins de cobertura, pretende-se integrar o edifício na paisagem, fornecendo aos utentes a

possibilidade de usufruírem dos pisos internamente e nos pisos mais elevados, terem a visão de um cenário *(Figura 4)*.

Figura 4: Hospital Central da Madeira", Funchal, Região Autónoma da Madeira, Portugal (Fonte: http://www.aripa.pt)

Outro exemplo, da utilização dos jardins de cobertura, é o complexo desenvolvido pelo arquitecto Renzo Piano em Itália, "Il Vulcano Buono". Este Centro de prestação de serviços é também um ponto de encontro de cultura. Encontra-se numa região morfologicamente plana, caracterizada pela existência do vulcão Vesúvio. Por isso, este conjunto edificado, na sua forma mais orgânica, tenta reproduzir a forma exterior do vulcão existente, integrando-se completamente na paisagem, através da reprodução dos padrões naturalizados da vegetação envolvente *(Figura 5).*

Figura 5: "Il Vulcano Buono", Nola, Itália (Fonte: http://rpbw.r.ui-pro.com/)

É de referir ainda o projecto de Freeway Park, projectado pelo arquitecto paisagista Lawrence Halprin em colaboração com Angela Danadjeva, em Seattle, Washington. Este projecto de jardins-terraço ocupa uma plataforma que se estende sobre a auto-

estrada, que atravessa o centro da cidade, proporcinando novos espaços de recreio e uma forma de conecção entre dois bairros adjacentes. A seu desenho e o recurso a uma plantação densa permitiu uma perfeita fusão entre a área com verdadeiro solo e a zona onde começa a estrutura de betão. De acordo com o autor Marc Treib o Freeway Park retira os seus visitantes da vida urbana, criando assim uma fuga ao ambiente urbano consolidado. À semelhança deste projecto é necessário referir ainda, dois exemplos de reconverção urbana atráves da utilização de jardins suspensos: Plantée Promenade em Paris e High Line em Nova Iorque.

Plantée Promenade, também denominado de Verte Coulée, foi o primeiro exemplo de parque sobrelevado, desenvolvido pelo Arquitecto Paisagista Jacques Vergely e pelo Arquitecto Mathieus Philippe. Este parque desenvolve-se ao longo de 4,5Km, fazendo a ligação entre a Place de La Bastille e o Bois de Vincennes, reutilizando e reconvertendo a linha ferroviária sobrelevada, construida no século XIX, num espaço dedicado ao lazer e à vivência do espaço exterior.

Sobre a influência deste exemplo, surgiu em 2009, por iniciativa da população residente do Bairro Chelsea, a reconversão de um troço de linha ferroviária, num espaço de jardim, projecto da autoria de Field Operations, liderado pelo Arquitecto Paisagista James Conner.

Este projecto actualmente desenvolve-se em cerca de 2,33Km de coberturas sobrelevadas, situando-se no centro da ilha de Manhattan. Estão ainda a ser desenvolvidos, ao nível do projecto, novos troços da referida linha, para aumentar a extensão do parque sobreelevado. Este tipo de intervenção permitiu criar uma rede pedonal de fácil uso, que possiblita a interligação de vários pontos de distribuição da cidade, num tecido urbano densamente consolidado. Para além dos benefícios ambientais associados a este projecto, é importante referir a ampla oferta de actividades neste espaço, com a introdução de áreas de anfiteatro, zonas associadas a elementos de água e zonas de recreio infantil, entre outras.

Figura 6: High Line Park, Nova Iorque, Estados Unidos da América

(Fonte: http://www.thehighline.org/)

Salienta-se ainda que ao longo desta breve abordagem histórica se identificaram dierentes espaços: jardins suspensos, jardins-terraço e jardins de cobertura, por forma a apresentar a evolução da utilização deste tipo de soluções. Apesar de serem espaços distintos conceptualmente, na sua base construtiva apresentam semelhas, com base neste facto consideram-se exemplos fundamentais para a compreenção da utilização e ocupação de espaços sobre coberturas/lajes. Para uma melhor percepção da distribuição dos projectos de coberturas verdes, encontra-se no anexo I uma listagem de alguns exemplos existentes em todo o mundo.

2.1 O CONCEITO

Um dos primeiros problemas que se levantou nesta pesquisa foi a questão terminológica associada a esta temática, uma vez que este tipo de sistema ainda não se encontra bem difundido em Portugal.

A nível internacional as expressões que designam este tipo de sistema são: “green roof” para países de língua Inglesa; “Dachbegrünungen” para países de língua Alemã; “Cubiertas verdes”, “Cubiertas ajardinadas” ou “Cubiertas ecologicas” para países de língua Espanhola.

A tradução livre dos termos atrás mencionados revela de facto significados muito diferentes, nomeadamente: “green roof” ou “Dachbegrünungen” telhados verdes, “Cubiertas verdes” Coberturas verdes, “Cubiertas ajardinadas” Coberturas ajardinadas e “Cubiertas ecologicas” Coberturas ecológicas. Tais expressões encontram-se muito difundidas actualmente, embora não exista bibliografia que estabilize e fundamente cientificamente a utilização de uma única expressão.

Ao nível da bibliografia de língua Portuguesa, apenas foram encontrados dois comunicados apresentados à comunidade científica, redigidos pela Arquitecta Paisagista Laura Roldão Costa e pelo Engenheiro Jorge Lopes [8] onde se recorre à utilização do conceito “coberturas ajardinadas”.

8 COSTA, L., s.d, Coberturas ajardinadas – contributos para um urbanismo mais sustentável , s.l.. E LOPES, J.,2007, As Especificidades das Coberturas Ajardinadas, Comunicação apresentada ao “2º Congresso Nacional da Construção – Construção 2004”, realizado no Porto, Dezembro 2004, Lisboa, LNEK.

Reconhecendo a diversidade terminológica associada a esta temática optou-se por analisar e reflectir sobre o conceito mais difundido em Portugal, isto é, o termo "coberturas ajardinadas".

Fruto da necessidade de clarificar e evitar algumas incorreções semânticas, procurou-se encontrar étimos e definições dos conceitos que constituem o termo utilizado, por forma a defini-lo clara e objectivamente.

A terminologia, "coberturas ajardinadas" é constituida por dois vocábulos :

Cobertura + ajardinada.

Segundo a Enciclopédia Portuguesa digital da Porto Editora, o vocábulo "cobertura" com raíz etimológica no latim *coopertura*, é definido como o elemento superior de uma construção.

De acordo com a mesma fonte bibliográfica, o vocábulo "ajardinada", significa transformar em jardim ou tornar semelhante a jardim. Etimologicamente este termo descende de um conceito mais abrangente, "jardim".

Aurora Carapinha[9], indica que o vocábulo "jardim" entrou na língua portuguesa num período tardio, o que pode levar-nos a pensar que só a partir de 1570 é que esta expressão surge na cultura lusíada. Contudo, este conceito já era patente em datas anteriores à generalização do uso do termo "jardim", sendo nesse período temporal designado por "horto". Em suma, os termos "horto" e "jardim" exprimem na sua origem, a mesma realidade, apenas chegaram a Portugal por caminhos diversos. Este facto é confirmado por Covarrubias, em 1611, na definição encontrada para jardim: "*huerto de recreacion de diversas flores y yervas olorosas con fuentes e quadros repartidos cum muchas lazos e obra que ilamam los latinos "topiaria" de massas de arrayan e de otras yervas"*.

9 CARAPINHA, A., 1995, Da Essência do Jardim Português, Dissertação para a obtenção do grau de doutor, Universidade de Évora.

O estudo da História da Arte dos Jardins, fornece-nos muitas definições para o conceito de "jardim", embora todas elas se fundamentem na ideia do jardim primordial, o *locus amenoeus*. É com base na nostalgia do Paraíso Perdido que se enraíza a vontade de construir jardins – que são afinal, materializações do modelo ideal de uma primeira natureza de absoluta felicidade, que propicía lugares de meditação e relaxamento.

Ilídio de Araújo, por sua vez, define jardim como "*um recinto recatado destinado ao lazer das pessoas e cuja área é na sua maior parte ocupada com revestimento vegetal, amenizador do seu ambiente".*[10]

Verificando o somatório das definições associadas ao conceito de " coberturas ajardinadas", resolveu-se avançar para a definição conceptual de "jardins de cobertura", uma vez que esta terminologia se aproxima mais dos vocábulos originais que explicam este sistema.

Após esta breve introdução terminológica pretende-se relacionar quais as características espaciais, as funções e transmutações associadas ao conceito "jardim", que também ocorrem nos jardins de cobertura.

À semelhança dos jardins térreos, situação mais comum, os jardins de cobertura podem ser:

- espaços privados ou públicos;
- de grandes ou pequenas dimensões;
- espaços produtivos e/ou de recreio e/ou de contemplação
- espaços compartimentados ou amplos
- espaços delimitados

10 ARAÙJO, I., A Vegetação no Jardim Português do séc. XV ao séc. XIX" Comunicação apresentada no colóquio "Encontro sobre o Jardim Português" promovido pela Fundação Casa de Fronteira e Alorna, em Junho de 1989

Na sua essência, esta tipologia de espaço baseia-se em todos os princípios de um jardim, onde são aspectos fundamentais:

- a organização do espaço

- o elenco vegetal presente

- as ambiências vividas, fruto das percepções visuais formalista de elementos físicos (estrutura, forma, côr, dimensões) e da sua conjugação com os componentes efemeros.

- a presença de elementos construídos, como as treliças, as latadas, as pérgolas, os elementos de água, entre outros.

Assim, acredita-se que a única diferença entre os jardins térreos e os de cobertura, são os condicionalismos do meio físico onde se inserem, uma vez que as dificuldades técnicas sentidas nestas tipologias de espaço são obrigatoriamente distintas, visto que uma se sobrepõe à morfologia do terreno e a outra a uma base edificada.

É de salientar ainda que ao longo deste trabalho, se recorreu à utilização da terminologia “coberturas ajardinadas”, principalmente nos capítulos das definições técnicas, de forma a manter uma coerência com as referências bibliográficas dos fornecedores e aplicadores destes sistemas. Acredita-se que esta dicotomia de expressões não será incorrecta, uma vez que a expressão de “jardins de cobertura” é uma terminologia mais precisa, mas conceptualmente similar à expressão coberturas ajardinadas.

2.2 TIPOLOGIAS DE COBERTURAS

Na selecção do tipo de cobertura ajardinada a instalar, é fundamental ter em consideração alguns requisitos técnicos como: inclinação da cobertura, a capacidade estrutural da laje de suporte, as condições climáticas da região, (nomeadamente ao nível da exposição solar, valores de precipitação, direcção dos ventos dominantes, entre outros), bem com a utilização humana pretendida.

As diferenças na utilização entre coberturas ajardinadas extensivas, intensivas simples ou complexas, são evidentes quando comparadas às limitações da vegetação a utilizar.

Tabela 1: *Tipologias de Cobertura ajardinada, baseada na informação disponibilizada pela marca Imperalum*

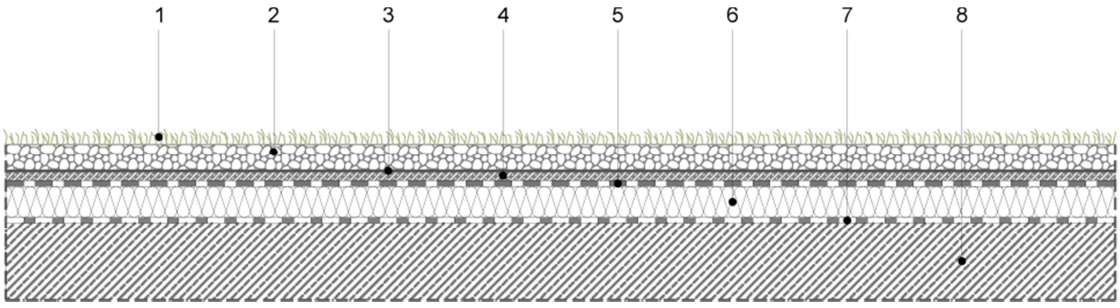
	COBERTURA AJARDINADA EXTENSIVA	COBERTURA AJARDINADA INTENSIVA SIMPLES	COBERTURA AJARDINADA INTENSIVA COMPLEXA
Campo de Aplicação	Aplicação em coberturas planas ou inclinadas existentes ou novas, com capacidade de carga limitada	Aplicação em coberturas planas ou inclinadas existentes ou novas, com capacidade de carga limitada	Aplicação em coberturas planas existentes ou novas com grande capacidade de carga limitada.
Espessura de substracto	< 10 cm	20 cm	> 20 a 60 cm
Peso	100 Kg / m^2	> 100 Kg / m^2	150 a 600 Kg / m^2
Tipo de Vegetação	Plantas herbáceas, e suculentas	Sub-arbustos e relva	Arbustos, relva e árvores de pequeno porte
Manutenção	Muito reduzida	Reduzida mas necessária	Elevada

2.2.1 – COBERTURA EXTENSIVA

As Coberturas Extensivas são caracterizadas por uma estrutura de simples implantação e, praticamente, não necessitam da intervenção humana na sua manutenção. É um sistema mais leve que requer pouca água e possui uma implantação com custo mais económico.

Uma cobertura ajardinada extensiva é indicada para situações onde a laje de suporte apenas comporta pequenas cargas, e/ou o seu objectivo é somente ecológico e não suporta a carga humana. A criação deste tipo de cobertura apresenta grandes valias, nas questões ecológicas e económicas, sendo o custo de instalação e manutenção significativamente baixos. Para este tipo de aplicação torna-se preferencial a utilização de vegetação com elevada resiliência a substratos pobres e pouco profundos, insolação elevada e longos períodos de carência hídrica que lhes permitam a sua manutenção com baixos ou inexistentes níveis de rega.

Estruturalmente este tipo de coberturas varia entre 5 a 10cm de espessura, imputando cargas na estrutura de suporte de aproximadamente 60 Kg/m^2 a 240 Kg/m^2, de acordo com Zimmermann [11].



Pormenor Construtivo 1: *Exemplo tipo de cobertura ajardinada extensiva. (adaptado de Zimmermann, A., Berlim, 2009, pág. 458)*

1- Vegetação: Plantas herbáceas e suculentas; 2- Substrato com 7cm de espessura mínima; 3- Tela filtrante; 4- Tela de drenagem; 5- Tela anti-raíz; 6- Camada de isolamento térmico; 7- Sistema de impermeabilização; 8- Laje de suporte

11 ZIMMERMANN, A. , 2009 , Constructin Landscape – Materials, Techniques, Structural Components, Berlim, Birkhauser.

COBERTURA INTENSIVA

As *Coberturas Intensivas* são aquelas onde é necessária uma estrutura complexa de implantação e uma elevada manutenção. Nestes sistemas podem ser utilizados vários estratos de vegetação, desde herbáceas até árvores de pequeno porte. Os sistemas intensivos dificilmente são executados sobre coberturas com inclinações, devido ao elevado peso do substrato e do material vegetal. Normalmente é escolhido o sistema intensivo quando existe uma preocupação estética, plástica e filosófica. As coberturas intensivas podem ser subdivididas em duas categorias diferentes as intensivas simples e as complexas, consoante a espessura de solo que admitem e a tipologia de vegetação que suportam.

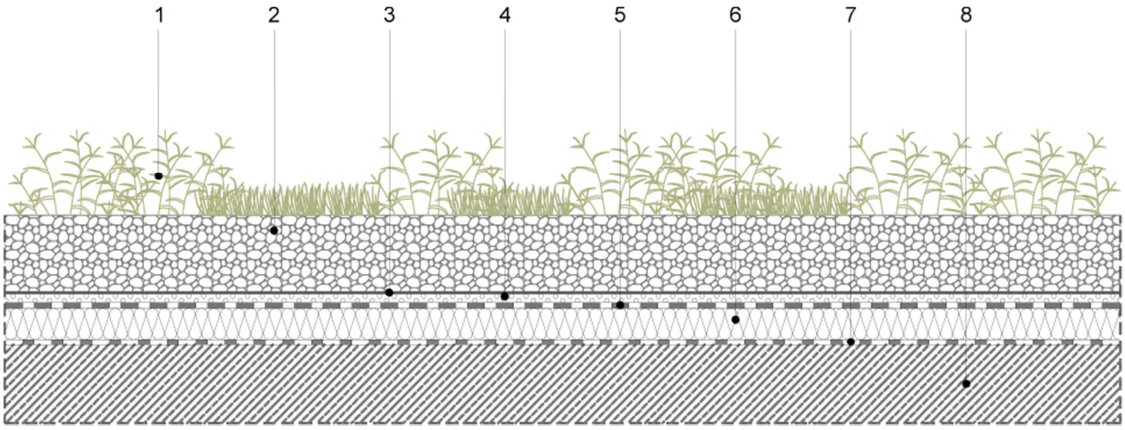
2.2.2 – COBERTURA INTENSIVA SIMPLES

As coberturas ajardinadas intensivas simples são uma solução intermédia entre as cobertura extensivas e intensivas, podendo ser utilizadas em edificações de lajes de suporte médio (180 – 300 Kg/m^2) com uma ampla variedade de vegetação, de acordo com Zimmermann [12].

Este tipo de cobertura envolve um estrutura que varia entre os 10 a 20 cm, mais complexa que a anterior. A utilização de um substrato mais profundo permite o uso de vegetação menos rudimentar, podendo ser utilizadas diversas herbáceas tal como no tipo extensivo. No entanto, é possível recorrer também a sub-arbustos e arbustos. Esta diversidade de estratos traz inúmeras vantagens no processo criativo de construção de coberturas verdes.

12 ZIMMERMANN, A. , 2009 , Constructin Landscape – Materials, Techniques, Structural Components, Berlim, Birkhauser.

A instalação e manutenção desta solução requerem custos mais elevados que a solução anteriormente descrita, contribuindo para isso, a maior intensidade de rega e um planeamento de adubações maior e mais regular.



Pormenor Construtivo 2: *Exemplo tipo de cobertura ajardinada intensiva simples. (adaptado de Zimmermann, A., Berlim, 2009, pág. 458)*

1- Vegetação: sub-arbustos e relva; 2- Substrato com 20 cm de espessura mínima; 3- Tela filtrante; 4- Camada de drenagem com 2.5cm de espessura mínima; 5- Tela anti-raíz; 6- Camada de isolamento térmico; 7- Sistema de impermeabilização; 8- Laje de suporte

2.2.3 – COBERTURA INTENSIVA COMPLEXA

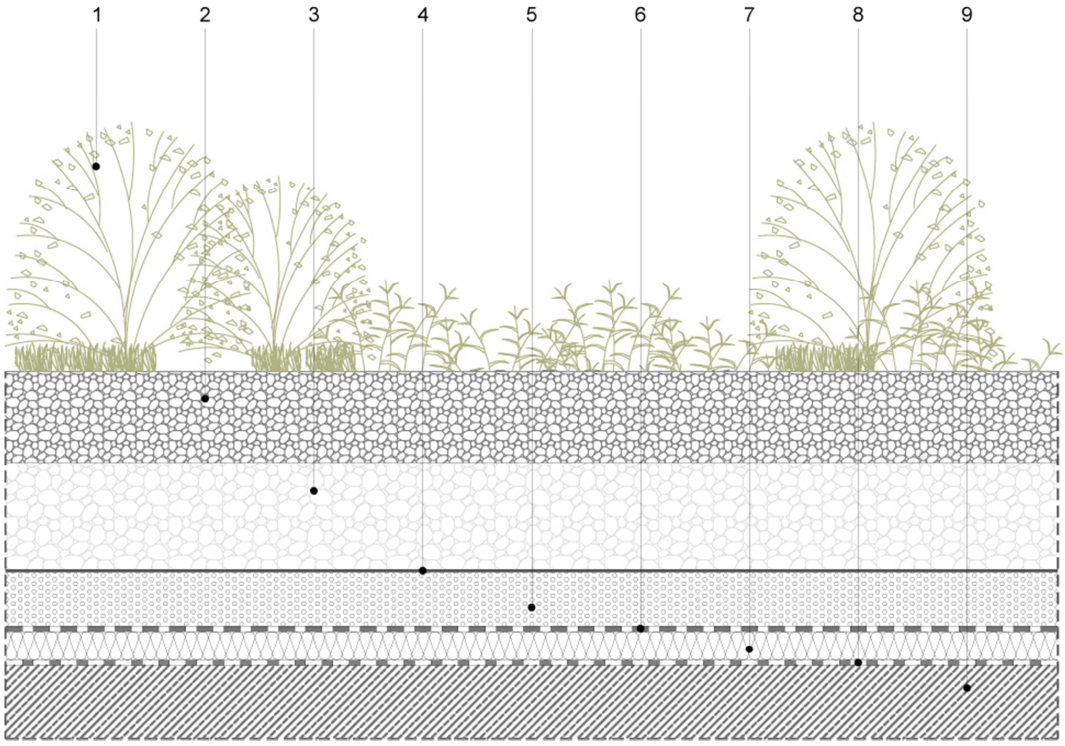
A solução de coberturas ajardinadas intensivas permite uma ampla variedade de vegetação e de funcionalidades. Dependendo da construção, este tipo de solução pode variar entre os 300 a 1500 kg/m^2, de acordo com Zimmermann [13]. Este tipo de carga justifica-se com a complexidade deste sistema, visto que pode comportar desde herbáceas a árvores de pequeno porte, fazendo variar o substrato entre os 20 a 150 cm.

O tipo de aplicação intensiva pode ser aplicado no máximo a superfícies de estrutura com declives inferiores ou iguais a 10% devido à acção erosiva da chuva.

A utilização de vegetação mais complexa, neste tipo de sistema, confere um maior incremento dos custos económicos e dos recursos energéticos. A manutenção a

13 ZIMMERMANN, A. , 2009 , Constructin Landscape – Materials, Techniques, Structural Components, Berlim, Birkhauser.

efectuar neste tipo de solução é semelhante à realizada em espaços exteriores. A cobertura necessita portanto de sistema de rega, fertilização, poda, monda e controlo do crescimento da vegetação. Apesar de todos os cuidados necessários, é a solução com maior capacidade de isolamento térmico, acústico e hidráulico devido à elevada profundidade do substrato.



Pormenor Construtivo 3: *Exemplo tipo de cobertura ajardinada intensiva. (adaptado de Zimmermann, A., Berlim, 2009, pág. 458)*

1- Vegetação: Arbustos, relva e árvores de pequeno porte; 2- Substrato de granulometria fina com 25cm de espessura mínima; 3- Substrato de granulometria média com 30cm de espessura mínima; 4- Tela filtrante; 5- Camada de drenagem; 6- Tela anti-raíz; 7- Camada de isolamento térmico; 8- Sistema de impermeabilização; 9- Laje de suporte

2.3 APLICABILIDADE: VANTAGENS E DESVANTAGENS

De acordo com o Arquitecto Paisagista Gonçalo Ribeiro Telles a implementação de uma Estrutura Ecológica Urbana é fundamental para a implementação de um "*Continuum naturale*" integrado no espaço urbano. A presença de um sistema espacial, que assegure o funcionamento dos ecossistemas fundamentais e simultaneamente contenha uma rede de biótopos interligados de suporte à vida silvestre, é um aspecto crucial na dinâmica de uma estrutura urbana de qualidade. Este tipo de estrutura é representada, quer por ocorrências naturais, quer por espaços criados para o efeito, de modo a assegurar os objectivos ecológicos.

A existência de jardins de cobertura, na cidade, possibilita um enriquecimento da estrutura ecológica urbana, através da introdução de diversidade espacial. Para além deste pressuposto, este tipo de coberturas poderá participar na dinâmica ecológica do espaço urbano através da implementação de benefícios sociais, ambientais e económicos.

2.3.1 BENEFÍCIOS SOCIAIS

De acordo com Magalhães [14], nas décadas de 80 e 90, alguns especialistas centraram as suas atenções na tentativa de estabelecer correlações que traduzissem as carências sentidas pela população de diferentes faixas etárias ao nível de espaços exteriores de qualidade, em função do número de alojamentos e/ou habitantes. Este tipo de análises, levou Aloys Bernatzky a considerar, em 1966, que 40 m^2 de espaços verdes por habitante seriam o suficiente para responder às necessidades da regulação ambiental. Em Itália, o decreto ministral de 1968 estabeleceu que em áreas urbanas densas e antigas dever-se-ia considerar um

14 MAGALHÃES, M., et al , 1992, Espaços verdes urbanos. Lisboa : Direcção Geral do Ordenamento do Território

valor médio de 9 m^2/habitante, aumentando este valor para 15 m^2 em áreas parcialmente edificadas. Em França, a circular governamental de 1973 fixou a norma de 10 m^2/ habitante de espaços verdes em meio urbano denso.

Contudo, a determinação de padrões mínimos referentes aos espaços "verdes" urbanos, considerados por estes estudos, basearam-se sobretudo nas funções de produção de oxigénio e absorção de anidrido carbónico, na regularização do estado higrométrico e da temperatura do ar e na absorção e filtragem das poeiras atmosféricas. Por outro lado, cada vez mais se generalizou o conceito de que, para além da acção da regulação ambiental, se tornava crucial a acção sobre a saúde mental da população.

Segundo Ian Douglas [15], o contacto com espaços "verdes" aumenta o bem estar da população, visto que o relaxamento, a contemplação e o lazer passivo são fundamentais a uma população que actualmente se caracteriza por um elevado grau de "stress". Os benefícios sobre a saúde mental da população tornam-se evidentes através de estudos como os apresentados por Hartig [16], onde após vários testes se verificou que os níveis de pressão sanguínea podiam ser directamente influenciados pelo contacto dos indivíduos testados com o espaço exterior. Os testes foram realizados em duas situações: a primeira, colocando indivíduos no interior de habitações com ou sem janelas com vistas para áreas "verdes"; e uma segunda situação onde os indivíduos teriam de percorrer durante 20 minutos um percurso numa zona naturalizada ou numa zona densamente urbana. Em ambas as situações verificou-se que a pressão sanguínea, apresentada pelos indivíduos em contacto com a natureza, era significativamente inferior aos indivíduos expostos a ambientes construídos / edificados.

15 DOUGLAS, I., May 2004, Urban greenspace and mental health, Prepared for the UK MAB.

16 Cf. HARTIG in DOUGLAS, I., May 2004, Urban greenspace and mental health, Prepared for the UK MAB,.

Ilídio Araújo [17], evidencia a necessidade de descanso, isolamento periódico e relaxamento muscular e psicológico que se fazem sentir a partir da faixa etária dos 35 anos. De acordo com este autor, são estas necessidades que exercem pressão sobre os habitantes das grandes cidades, que demonstram a sua necessidade de contacto com a natureza com as inúmeras saídas em direcção às terras de província.

Dado que nem todas as classes sociais podem suportar despesas de deslocação, é fundamental criar espaços de lazer e contacto com o ambiente exterior em espaço urbano.

De acordo com a organização "Greenroofs", as coberturas ajardinadas poderão participar na construção de um ambiente global terapêutico, sendo que usufruem de uma maior proximidade e/ou interacção com as habitações da população, disponibilizando desta forma um local de lazer de fácil acesso, que poderá fornecer, de uma forma limitada mas eficaz, todas as variações sazonais e temporais que podem ser plenamente apreciadas.

2.3.2 BENEFÍCIOS ECONÓMICOS

- Aumento da durabilidade da estrutura edificada

A apreciação de algumas pessoas leigas ou técnicos envolvidos na área da construção civil, sobre os sistemas de cobertura ajardinada é desfavorável, devido à ligação depreciativa estabelecida entre este tipo de sistema e o aparecimento de infiltrações e/ou deteriorações estruturais. Contudo, a instalação deste tipo de cobertura, apresenta resultados de durabilidade superiores aos obtidos pelos sistemas tradicionais. De facto, a exposição ao calor de uma cobertura comum acelera a decomposição dos materiais betuminosos utilizados na impermeabilização

17 ARAÚJO, I. , 1961, Problemas da paisagem urbana. Lisboa : Direcção Geral dos Serviços de Urbanização.

e isolamento do edificado. Outro aspecto a ter em consideração na longevidade do sistema tradicional é a incidência da radiação ultravioleta uma vez que esta altera a composição química dos materiais de impermeabilização.

Vários estudos demonstram que existe uma variação de temperatura nas diferentes coberturas devido à capacidade de captação dos raios solares. Numa cobertura tradicional o aumento da temperatura é proporcional à cor da tela impermeabilizante, isto é, a implementação de uma membrana de cor clara irá, de acordo com o seu especto [18], emitir uma maior gama de radiação, enquanto que um revestimento negro absorverá na totalidade todo os raios luminosos.

De acordo com o estudo referenciado por Dunnett [19], desenvolvido em Toronto, os valores de temperatura referentes às coberturas ajardinadas são inferiores aos apresentados numa cobertura comum. No período de desenvolvimento do estudo, cerca de 660 dias, a temperatura média variou entre os 30 ºC e os 70 ºC, sendo que as coberturas tradicionais com impermeabilizações de cor clara tiveram uma maior frequência de ocorrências com elevadas temperaturas nomeadamente 342 dias, em oposição aos 18 dias em coberturas ajardinadas.

Outro aspecto a salientar é a ampla variação de temperatura que as telas numa solução comum suportam, o que pode originar uma degradação precoce dos materiais, afectando assim a viabilidade estrutural com ocorrências de infiltrações e aparecimento de fissuras. De acordo com o gráfico 1, retirado do estudo atrás mencionado, verificou-se que as coberturas ajardinadas apresentam uma variação reduzida de amplitudes térmicas ao logo do dia, em oposição às coberturas tradicionais.

---

18 Espectro – Conjunto das radiações emitidas ou absorvias por uma substância ou mistura, dispersas de acordo com os seus comprimentos de onda. in *Enciclopedia luso-brasileira de cultura, Lisboa : Editorial Verbo, 1963.*

19 DUNNETT, N. & KINGSBURY, N. , 2004, Planting green roofs and living walls*, Timber Press*.

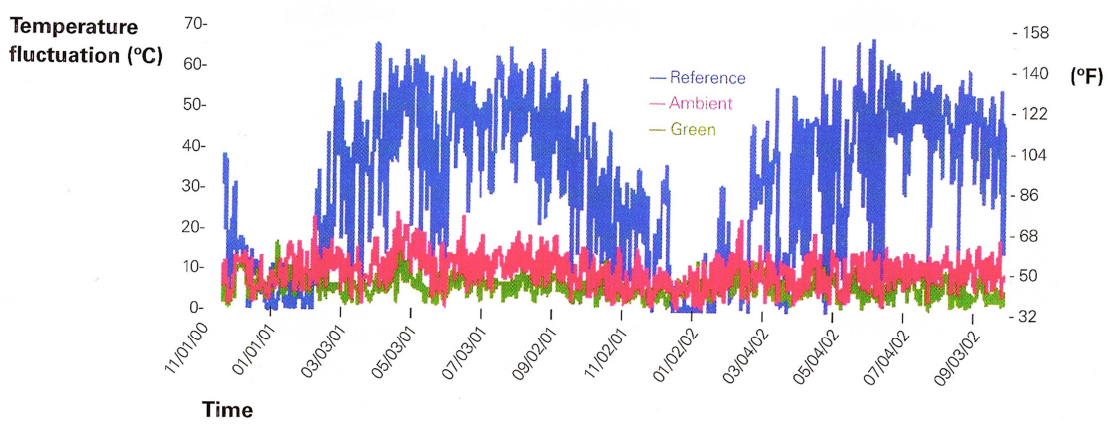


Gráfico 1: Flutuação da temperatura diária numa cobertura ajardinada e numa cobertura tradicional em Toronto, durante o período de 22 de Novembro de 2000 a 30 de Setembro 2002. Estudo realizado por Liu e Baskaran in *Planting green roofs and living walls in DUNNETT, N. & KINGSBURY, N.,* Planting green roofs and living walls*, Timber Press, 2004*

Pesquisas alemãs analisaram as variações de temperaturas numa cobertura e concluíram que estas podem ser reduzidas em 94% com soluções de revestimento vegetal, contudo esta diminuição varia de acordo com o tipo de cobertura ajardinada instalada. Os testes indicam ainda que o controlo da temperatura varia de acordo com o estrato de vegetação usada, sendo que, monoculturas apresentam resultados inferiores aos das comunidades diversificadas. Outro aspecto a salientar, no controlo da temperatura das coberturas, é o tamanho da vegetação a aplicar, segundo o estudo apresentado, quanto maior forem os exemplares maior irá ser a redução da temperatura, devido ao aumento do processo da transpiração das plantas e à criação de uma camada de ar que funcionará como regulador das variações térmicas, aumentando assim o seu valor em termos de isolamento.

- Aumento da eficiência da energética

Actualmente, a utilização eficiente de soluções energicamente sustentáveis é um aspecto fundamental, face às alterações climáticas e ao custo dos combustíveis fósseis. Desta forma, pretende-se que as novas construções interajam com as variáveis climáticas da região onde se inserem, de forma a proporcionar um maior conforto térmico com base nos recursos naturais. De acordo com alguns estudos

efectuados no âmbito da concepção de edifícios energeticamente eficientes [20], verificou-se que uma habitação desprovida de sistemas de isolamento térmico admite elevadas amplitudes térmicas originadas pela variabilidade da insolação.

A incorporação de um sistema de cobertura ajardinada, poderá contribuir de forma eficiente para a regulação térmica.

Peck [21], demonstra através das suas pesquisas que as temperaturas no interior de edifícios com sistemas de cobertura ajardinada extensiva apresentam uma diminuição na ordem dos 3 a 4ºC da temperatura, em comparação com o valor térmico no exterior do edificado.

A capacidade reflexiva da vegetação, assim como as propriedades físicas do solo, permitem atenuar a variação térmica das construções, reflectindo o excesso de radiação e controlando as trocas térmicas entre as habitações e o exterior. Desta forma, este tipo de sistema promove a moderação da utilização de sistemas de AVAC [22], evitando gastos energéticos desnecessários e consequentemente um aumento dos benefícios económicos e ecológicos. De acordo com Dunnett [23], uma variação próxima dos 0,5ºC dentro de uma habitação pode levar a uma diminuição dos gastos de electricidade na ordem dos 8%, valor considerável após um período de 4meses de utilização.

As variações sazonais da vegetação utilizadas nas coberturas ajardinadas permitem uma adaptação às necessidades térmicas do edificado, isto é, na época estival a vegetação promove uma redução da intensidade da radiação solar através do

20 Para uma abordagem desta temática mais abrangente ver RIBEIRO, A., 2008, Concepção de edifícios energeticamente eficientes com incorporação de energias renováveis, Dissertação da Univerisidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

21 Adaptado de: PECK, S. P., 2003 in DUNNETT, N. & KINGSBURY, N. , 2004, Planting green roofs and living walls*, Timber Press.*

22 AVAC- "Aquecimento, Ventilação e ar Condicionado", constitui a tecnologia destinada ao conforto ambiental interior, sobretudo em edifícios e em veículos. in *Enciclopedia luso-brasileira de cultura, Lisboa : Editorial Verbo, 1963.*

23 DUNNETT, N. & KINGSBURY, N. , 2004, Planting green roofs and living walls*, Timber Press*.

desenvolvimento da biomassa foliar, no inverno a redução da área foliar potencia um aumento térmico através do incremento da acção solar. Outro aspecto a salientar na implantação das coberturas ajardinadas é a diminuição da acção mecânica do vento sobre o edificado, contribuindo para evitar variações térmicas das superfícies.

2.3.3 BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

- Conservação da qualidade da atmosfera urbana

Existem vários problemas associados à poluição atmosférica, contudo o mais significativo é a presença de partículas em suspensão originárias pelo tráfego automóvel. O aumento da poluição na atmosfera urbana é proporcional ao incremento das doenças respiratórias, apesar de não ser uma causa directa do aumento da mortalidade. Contudo, de acordo com Dunnett [24], registaram-se aproximadamente 24 000 mortes prematuras no Reino Unido, devido à grande incidência da poluição atmosférica.

A introdução de material vivo no tecido urbano pode contribuir para a captação de partículas finas através de um processo de fixação por contacto na parte área das plantas. As partículas recolhidas neste processo não são transformadas, mas sim transportadas e retidas pelo ciclo hidrológico. Contudo, algumas espécies possuem processos de captação de poluentes gasosos. De acordo com inúmeras referências a um estudo desenvolvido pela NASA existem evidências que plantas como *Chamaedorea seifritzii, Aglaonema modestum, Hedera helix, Gerbera jamesonii, Dracaena marginata, Dracaena massangeana, Spathiphyllum sp.*, conseguem eliminar da atmosfera gases como o formaldeído, benzeno e mesmo o monóxido de carbono. Contudo, não foi possível encontrar o documento original, mas apenas citações informais do mesmo.

24 DUNNETT, N. & KINGSBURY, N. , 2004, Planting green roofs and living walls*, Timber Press*.

Ainda que o conhecimento sobre os processos de fixação de particulas desempenhados por algumas espécies, existem poucos trabalhos experimentais sobre o papel das coberturas ajardinadas neste campo. Apesar da escassa informação disponível, acredita-se que as coberturas extensivas apresentem uma taxa muito reduzida de fixação de gases poluentes devido ao crescimento reduzido da vegetação utilizada neste tipo de solução. Contudo, os sistemas de coberturas intensivas, devido à sua diversidade vegetal, poderão participar em processos de recolha e transformação das partículas poluentes da atmosfera, caso seja um sistema global de várias coberturas.

De acordo com Dunnett [25], as coberturas ajardinadas podem desempenhar também um papel importante na fixação de outros poluentes utilizados na construção civil, sendo que existem estudos que demonstram que estes sistemas podem interceptar até 95% de metais pesados, como o cobre e o chumbo, e 16 % de zinco.

- Contribuição para a melhoria do conforto bioclimático

Segundo Magalhães [26], o clima, apesar de não ser um factor ecológico que assuma directamente uma expressão espacial no território, influencia de tal modo outros factores de ambiente, que constitui matéria cujo conhecimento é indispensável à construção do espaço.

O clima específico das cidades apresenta claras diferenças em relação ao das áreas rurais devido ao que se designa por “ilha de calor”. De acordo com Geigner, este tipo de efeito promove um aumento da temperatura do ar na cidade em comparação com os valores apresentados para as áreas rurais em cerca de 1 a 7ºC. Esta

25 DUNNETT, N. & KINGSBURY, N. 2004, Planting green roofs and living walls*, Timber Press.*

26 MAGALHÃES, M., 2001, A arquitectura paisagista : morfologia e complexidade. Lisboa : Editorial Estampa.

variação térmica justifica-se: pelas actividades humanas, pelo aumento de materiais inertes, e pelo elevado teor de poeiras presente na atmosfera.

A impermeabilização do solo provocada pela edificação conduz a uma menor infiltração das águas pluviais e, consequentemente, a uma menor disponibilidade hídrica no subsolo e menores teores de humidade na atmosfera (4-8%).

A concentração das actividades, aumentando o teor em poeiras, reduz a insolação que chega ao solo (25-30%) e, as mesmas poeiras, ao constituírem núcleos de condensação, podem aumentar a precipitação.

A introdução de vegetação no tecido urbano, nomeadamente nas coberturas ajardinadas, pode funcionar como elemento termoregulador da temperatura: aumentando o teor de humidade do ar, acelerando as brisas de convecção, filtrando ou absorvendo as poeiras em suspensão na atmosfera, promovendo sombra no Verão e permitindo usufruir do sol no Inverno, devido à variância do seu ciclo fenológico.

Os benefícios produzidos pelas coberturas ajardinadas no microclima da cidade devem-se ao facto de estas soluções modificarem o albedo[27] das superfícies das construções, uma vez que interferem no balanço da radiação. Além disso, a vegetação desenvolve processos de transpiração, que contribuem também para a diminuição da temperatura do ar.

- Contribuição para a diminuição da poluição sonora

De acordo com a Comissão Europeia, em 1996, cerca de 20% da população da União Europeia, aproximadamente 80 milhões de indivíduos à data, estiveram sujeitos a amplitudes sonoras acima dos limites regulamentares, ou seja a poluição sonora.

27 Albedo – Relação entre a quantidade de luz reflectida pela superfície de um corpo e a totalidade de luz que e recebe do Sol. in *Enciclopedia luso-brasileira de cultura, Editorial Verbo, Lisboa 1963.*

Estudos na área da propagação sonora referem que superfícies sólidas e planas em áreas urbanas tendem a reflectir ondas sonoras e não a absorvê-las, mantendo ou aumentando a diversidade de ruídos disponíveis nas gamas sonoras captadas pelo Homem. Actualmente, encontram-se testados os benefícios de absorção sonora por maciços de vegetação. O seu elevado poder de captação das ondas sonoras torna a sua utilização indispensável nos centros urbanos.

Segundo algumas referências, uma cobertura ajardinada com profundidade de 12 centímetros de substrato pode reduzir as ondas sonoras até aos 40 decibéis, enquanto que uma profundidade de aproximadamente 20 centímetros poderá reduzir a amplitude sonora ate 50 decibéis [28]. Contudo, testes realizados no aeroporto de Frankfurt, através da implementação de coberturas ajardinadas extensivas, com uma profundidade de aproximadamente 10 centímetros, verificaram apenas uma redução de 5 decibéis no interior do edifício. Efectivamente pode-se considerar que uma cobertura ajardinada poderá ter impacto na absorção sonora, todavia o isolamento acústico dependerá do tipo de vegetação e da camada de substrato aplicados.

- Controlo do equilíbrio hidrológico de áreas urbanas

De acordo com o Professor Carlos Rodrigues, durante a ocorrência de um evento de precipitação, uma fracção da água precipitada acaba por ficar retida na vegetação, acabando por retornar à atmosfera antes de contribuir para a escorrência superficial ou infiltração no solo. Este efeito de intercepção das precipitações induzido pelo coberto vegetal tem poucas implicações na redução dos escoamentos resultantes das grandes chuvadas, mas é importante na redução da energia cinética das gotas

28 Adaptado de: PECK, S. P., 2003 in DUNNETT, N. & KINGSBURY, N. , 2004, Planting green roofs and living walls, Timber Press.

da chuva, contribuindo para a diminuição da acção erosiva durante as chuvadas intensas.

A quantidade de precipitação interceptada depende das características da precipitação e da natureza da cobertura das superfícies. Nas zonas urbanizadas é desprezível a fracção da precipitação retida nos telhados, estradas, parques de estacionamento e outras superfícies impermeabilizadas, verificando-se assim valores elevado de escoamento. Em oposição numa área revestida por vegetação a água é interceptada por duas vias: intercepção pela parte aérea e intercepção pela manta morta junto ao solo.

Nos centros urbanos, o processo de escorrência efectua-se rapidamente devido à captação das águas pluviais através de sistemas de drenagem. A ocorrência de cheias em situações urbanas tendem a aumentar, devido à constante impermeabilização das superfícies e ao aceleramento do processo de escoamento, através da captação das águas pluviais e respectivas descargas em cursos de água. Desta forma, o período de tempo percorrido entre a ocorrência de precipitação e a acumulação em situações de talvegues diminui consideravelmente, podendo originar problemas de erosão e até mesmo de destruição completa dos sistemas ribeirinhos. Outro aspecto a salientar é a elevada percentagem de nutrientes, hidrocarbonetos, cloro orgânico, sais dissolvidos e metais pesados, oriundos dos materiais de construção, transportados juntamente com as águas pluviais.

Os fenómenos de aquecimento global têm vindo aumentar a ocorrência de períodos de precipitação, o que torna fundamental o conceito de regulação do tempo de escoamento das superfícies, numa perspectiva de atenuar o acontecimento de cheias nos centros urbanos.

De acordo com Scholz-barth [29], um sistema de cobertura extensiva poderá reter cerca de 75% da precipitação que ocorra sobre a sua área de implantação. A captação de cerca de 15 a 20% do volume de água retido por este sistema de cobertura poderá ser utilizado pela vegetação como fonte de hidratação. Desta forma a influência das coberturas ajardinadas sobre a escorrência superficial é principalmente caracterizada pela absorção da precipitação por parte do substrato ou por materiais absorventes nele contidos. Assim, a retenção das águas pluviais nas coberturas ajardinadas depende da variação da espessura do substrato utilizado, assim como da sua composição. Outro aspecto a salientar é o possível armazenamento das águas pluviais nas coberturas para posterior irrigação da vegetação, o que poder-se-á traduzir numa captação significativa das águas pluviais.

Em resumo, através da implementação de coberturas ajardinadas é possível reduzir significativamente a pressão exercida pelos caudais originados pela precipitação, promover a redução da ocorrência de cheias em situações urbanizadas, e atenuar da rapidez da concentração das águas pluviais nos sistemas de drenagem, permitindo assim aumentar o tempo de escoamento.

- Diversidade biológica e ecológica

Nas últimas décadas, verificou-se um desenvolvimento que beneficiou enormemente a humanidade e que enriqueceu as nossas vidas. No entanto, grande parte desse desenvolvimento tem estado associado a um declínio na variedade e extensão dos sistemas naturais, isto é da biodiversidade. Esta perda de biodiversidade, a nível dos ecossistemas, espécies e genes é preocupante, não só devido ao importante

29 Cf. Scholz-barth (2001) in *OSMUNDSON, T., 1999, Roof Gardens. History, Design and Construction, W.W. Norton & Company Inc, New York.*

valor intrínseco da natureza, como também por ter como resultado um declínio nos "serviços ecossistémicos" que os sistemas naturais proporcionam.

A "Avaliação do Ecossistema do Milénio" [30] demonstrou que os ecossistemas da Europa sofreram uma fragmentação induzida pelo homem maior do que a dos ecossistemas de qualquer outro continente. A título de exemplo, o nível de espécies, 42% dos mamíferos nativos da Europa, 43% das aves, 45% das borboletas, 45% dos répteis e cerca de 800 espécies de plantas, na Europa, estão em risco de extinção a nível global. Verificam-se alterações desconhecidas, mas potencialmente significativas, nas formas de vida inferiores, incluindo a diminuição da diversidade microbiana e dos invertebrados. Além disso, em muitas das espécies anteriormente comuns, observam-se sinais de declínio das populações. Esta perda de espécies ou o declínio da sua abundância são acompanhados por uma diminuição significativa da diversidade genética.

Esta problemática verifica-se essencialmente nos espaços urbanos, onde a fragmentação dos espaços abertos se faz sentir. Contudo, algumas cidades apresentam ainda alguma diversidade faunística e florística, proporcionada pela implantação de uma estrutura verde. A aplicação deste tipo de rede de espaços abertos, predominantemente "verdes", permeáveis e plantados, proporciona nichos ecológicos para as populações mais resilentes, isto é, garantem abrigo, áreas de desenvolvimento e alimento. No Reino Unido, a politica de implementação de corredores verdes urbanos garante ainda a existência de raposas (*Vulpes vulpes),* coelhos-bravos (*Oryctolagus cuniculus)* e esquilos (*Sciurus vulgaris)* no espaço urbano.

As coberturas ajardinadas surgem no contexto citadino como um local propício à fixação de fauna e flora, pois apresentam-se como espaços directamente

30 Estudo Realizado pela World Resources Institute

inacessíveis ao público em geral, recatados que possibilitam a criação de um refúgio ou a transição para áreas de dimensão superior. Desta forma, as coberturas ajardinadas desempenham um papel fundamental de conexão entre espaços abertos, participando assim claramente na estrutura ecológica da cidade, como se demostra com o projecto da baixa de Rockefeller Center.

O uso de coberturas ajardinadas nas áreas urbanas, permitiram a coexistência de nichos ecológicos e habitats, em locais que anteriormente não constituíam qualquer ponto de atractividade para a nidificação de determinadas aves ou para a propagação de espécies vegetais.

Um dos mais detalhados estudos no controlo da biodiversidade em cobertura ajardinadas foi realizado em Basel, na Suíça, onde foram monitorizados dezassete coberturas extensivas, na sua construção foram utilizados resíduos urbanos, seixos e substratos provenientes da região. No decorrer da monitorização estas coberturas foram deixadas colonizar espontaneamente por vegetação e fauna. Como bioindicadores foram utilizados dois grupos de invertebrados, nomeadamente escaravelhos e aranhas. No período relativo aos três primeiros anos do estudo foram encontradas 78 géneros de aracnídeos e 254 géneros da família *Scarabaeidae* (escarabeídos), sendo que 18% das espécies de aranhas e 11% das espécies de escaravelhos encontravam-se classificadas como raras ou em perigo de extinção. Foi também concluído que a variação da altura dos edifícios não apresentou efeitos na sua utilização por parte das aves. Neste estudo verificou-se ainda que a actividade da avifauna neste tipo de espaços encontra-se intimamente relacionada com a disponibilidade de alimento.

Como forma de oposição ao desenvolvimento das áreas impermeabilizadas nas cidades e as limitações da disponibilidade de solos produtivos e passíveis de constituir habitats florísticos e faunísticos, têm sido feitas propostas de planeamento com vista à introdução de áreas de conservação da biodiversidade. Na cidade de

Londres estabeleceu-se um programa proteccionista de “habitats” fundamentais à fauna, com intuito de preservar espécies autóctones consideradas raras ou em via de extinção, nomeadamente do Rabirruivo-preto (*Phoenicurus ochruros*). As estratégias de conservação têm incidido especialmente na criação de coberturas ajardinadas de desenvolvimento e ocupação espontâneos. Neste âmbito, foram planeadas cerca de 150 000 metros quadrados de coberturas ajardinadas.

Outro exemplo do contributo destes sistemas é o *plateau* de Wollishofen, perto de Zurique. Este projecto consta da reconversão dos três hectares de cobertura da estação de tratamento de água da região, através da implementação de uma cobertura com profundidade de substrato de cerca de 20 centímetros, proveniente de horizontes superficiais de solo da envolvente. Actualmente podem encontrar-se um conjunto de 170 géneros florísticos, dos quais nove são da família das *Orchidaceae* e constituem variedades raras e/ou em perigo de extinção. Neste projecto, verificou-se ainda o aparecimento de 6000 exemplares de *Orchis morio*, espécie considerada extinta na zona de Zurique. Assim, o governo regional encontra-se actualmente a desenvolver um plano de classificação desta área como zona protegida, com inigualável espolio botânico.

As coberturas ajardinadas devem ser compreendidas como sistemas semi-naturais, capazes de albergar habitats. Desta forma, podem ser consideradas sistemas intermitentes, constituintes de percursos de ligação entre espaços verdes urbanos, potenciando um incremento da área especifica de nichos ecológicos e de redes de conexão, permitindo tanto do ponto da mobilidade como da migração e dispersão de algumas espécies, uma maior eficiência.

No planeamento de uma cobertura ajardinada, é fundamental verificar em primeiro lugar a viabilidade da construção, de forma a não criar problemas graves a nível estrutural. Em construções novas dever-se-á equacionar, desde a fase inicial, este tipo de coberturas, introduzindo assim nos cálculos de engenharia as cargas estimadas. Outro aspecto fundamental a salientar é a possibilidade de regulação climática das coberturas, aspecto que poderá ser equacionado na fase de projecto garantindo um maior conforto climático através de um correcto sistema de isolamento.

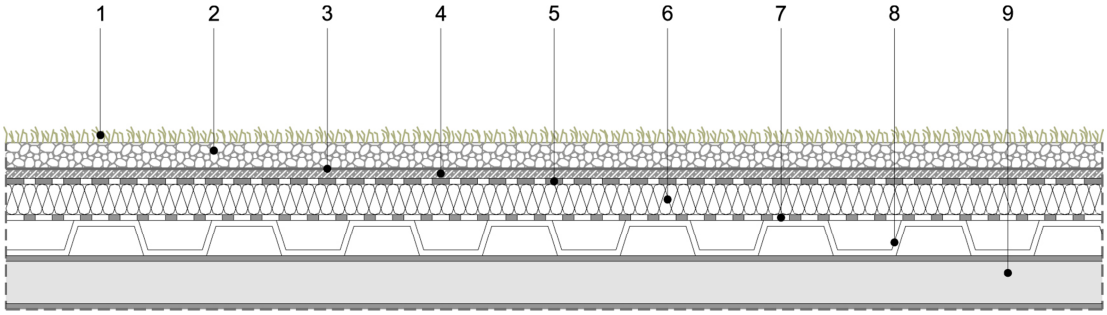
2.4.1 Solução de Isolamento para coberturas em lage de betão

Nestes casos a instalação de uma cobertura ajardinada, desempenhará um reforço do isolamento térmico. De uma forma genérica, esta solução de isolamento (ver pormenor construtivo 1), é adequada a edifícios que por si só não apresentem exigências especiais em termos de isolamento térmico. Neste caso, o isolamento deverá ser composto por: uma tela impermeabilizante / drenante, que evite a acumulação da humidade e condensação de vapor; por uma camada de isolamento térmico em poliestireno extrudido e por uma tela anti-raíz.

2.4.2 Solução de Isolamento para coberturas em estruturas ligeiras

Este tipo de solução destina-se a coberturas ligeiras, isto é, placas cerâmicas, zinco, onduladas, entre outras, onde se pretende uma construção eficaz mas com custos reduzidos. A utilização deste método construtivo é recorrente em locais com pouca importância habitacional, garagens ou edificações subterrâneas. Este tipo de solução, é essencialmente destinado a coberturas extensivas com pouca

profundidade de substrato o que pode condicionar fortemente a vegetação a aplicar, pois estas são expostas a condições de elevado stress.

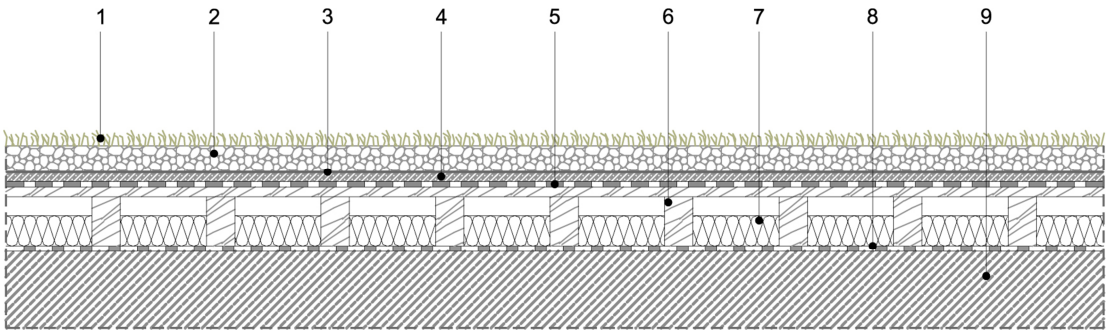


Pormenor Construtivo 4: *Exemplo tipo de cobertura ligeira com isolamento. (adaptado de Zimmermann, A., Berlim, 2009, pág. 458)*

1- Vegetação: Plantas herbáceas e suculentas; 2- Substrato com 7cm de espessura mínima; 3- Tela filtrante; 4- Tela de drenagem; 5- Tela anti-raíz; 6- Camada de isolamento térmico; 7- Sistema de impermeabilização; 8- Cobertura em chapa trapezoidal; 9- Perfil metálico

2.4.3 Solução de Isolamento para coberturas em clima chuvoso

Este tipo de aplicação com ventilação tem como principal objectivo o arejamento da estrutura de modo a evitar uma excessiva acumulação e condensação de água proveniente da precipitação. Desta forma, esta solução de cobertura é constituída por duas partes distintas: uma primeira camada composta por substratos, vegetação e telas, e uma segunda composta por cavidades que permitem a circulação de ar entre a primeira camada e o sistema de isolamento propriamente dito. A capacidade de carga deste sistema está relacionada directamente com a capacidade de suporte da estrutura que apoia a cobertura. Esta estrutura de suporte é usualmente em madeira, devendo ter uma configuração simples, leve e capaz de suportar o peso da parte viva do sistema. De forma genérica esta solução é apenas aplicada a coberturas extensivas devido à gestão de cargas necessárias para a aplicação do sistema de arejamento.



Pormenor Construtivo 5: *Exemplo tipo para coberturas de clima chuvoso. (adaptado de Zimmermann, A.,Berlim, 2009, pág. 458)*

1- Vegetação: Plantas herbáceas e suculentas; 2- Substrato com 7cm de espessura mínima; 3- Tela filtrante; 4- Tela de drenagem; 5- Tela anti-raíz; 6- subestrutura em madeira; 7- Camada de isolamento térmico; 8- Sistema de impermeabilização; 9- Laje de suporte

2.4.4 Solução de coberturas em vertentes

Outro factor importante a salientar são as situações em vertentes. Como já foi referido anteriormente, é possível instalar sistemas de coberturas ajardinadas em superfície com declives, sendo que o aspecto mais importante a ter em consideração neste tipo de solução é gestão do recurso água, de forma a que não ocorra escorrência superficial e se evitem acções de elevada erosão. Outro aspecto fundamental é a capacidade de fricção / aderência do sistema à cobertura propriamente dita. Para uma melhor estabilização da cobertura ajardinada é possível, através de cálculos matemáticos, obter o coeficiente de fricção, factor que permite garantir uma correcta aplicação da solução ajardinada.

De acordo com a Associação Alemã de Pesquisa e Desenvolvimento Paisagístico [31], existem os seguintes tipos de aplicações:

31 Cf. FLL, 1995, in KOLB, W. & SCHWART, T. , 1999, Dachegrünung – Intensiv und extensiv, Ulmer, Stuttgart.

2.4.4.1 Coberturas verdes com declive de 0 a 2% (0 a 1º) – aplicação em coberturas intensivas

Neste tipo de cobertura o declive não é significativo, apresentando apenas a inclinação necessária à drenagem de alguma água pluvial. Este declive é utilizado em regiões onde existe uma ocorrência irregular de precipitação.

2.4.4.2 Coberturas verdes com declive > 2 a 5% (>1 a 3º) – aplicação em coberturas intensivas

Neste tipo de aplicação as águas pluviais mantêm-se no substrato, não existindo por isso dificuldades hídricas nas plantas. Este declive não apresenta ainda qualquer problemática ao nível da erosão ou da estabilidade.

2.4.4.3 Coberturas verdes com declive > 5 a 36% (>3 a 20º) – aplicação em cobertura extensivas

De acordo com Fll [32], esta classe de coberturas já apresenta alguns problemas associados ao nível da estabilidade e disponibilidade hídrica. Em superfícies com declives iguais ou superiores a 27%, existe a necessidade de efectuar estruturas de suporte (travessas, perfis, material adesivo, favos, redes, etc.) perpendiculares à direcção da força da gravidade, de forma a evitar e controlar deslizes das várias camadas da cobertura. Na aplicação destes tipo de estruturas de suporte é necessário ter em atenção a manutenção e preservação das telas de isolamento para não comprometer o sistema nas fases seguintes. Outro aspecto a salientar é a desvantagem na utilização de travessas em madeira na estrutura de suporte. Este

32 Cf. FLL, 1995, in KOLB, W. & SCHWART, T. , 1999, Dachegrünung – Intensiv und extensiv*, Ulmer, Stuttgart.*

material não apresenta elevada durabilidade, devido à sua decomposição por acção da água, o que pode acarretar com deslizamentos ou perda das camadas superficiais do sistema ajardinado.

Para o caso de declives entre 15 a 20%, por vezes, e dependendo do tipo de vegetação aplicado, o raizame das plantas pode ser suficiente na estabilização das camadas constituintes da cobertura.

Nesta tipologia de cobertura é essencial ter em conta que a distribuição da água é efectuada de forma irregular e pode originar processos erosivos nas camadas superficiais. Devido à elevada inclinação da superfície, a água tende a drenar rapidamente, o que poderá colocar em causa as associações vegetais utilizadas na composição da cobertura.

2.4.4.4 – Coberturas verdes com declive >36 a 100%(>20 a 45º) – aplicação em coberturas extensivas com baixa espessura de substrato

Este intervalo de declive representa o limite viável para a construção de coberturas ajardinadas. Neste caso é indispensável o uso de materiais de forte aderência, como grelhas ou favos, na sustentação e estabilização do sistema de cobertura. A aplicação da vegetação deverá ser feita em tapete, permitindo assim que as associações de vegetação estejam numa fase desenvolvida e propícia a uma rápida estabilização do substrato.

2.5 ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

2.5.1 – VEGETAÇÃO

Na natureza, as plantas encontram por si a sua ordem e espaço. Num jardim, é o Homem que procura o seu lugar, por forma a compor ideologicamente a sua natureza. Quando sujeitas a condições espontâneas, a vegetação distribui-se no espaço de acordo com as características próprias de cada lugar: a intensidade do vento; a disponibilidade dos recursos hidricos; os niveis de insolação; a temperatura; o relevo; o solo; entre outras, determinam por si só, para cada planta o seu lugar. Porém, quaisquer que sejam as condições edáficas e climáticas, permanece sempre uma enorme diversidade tanto de espécies como de combinações. Assim, a decisão final a respeito da localização e tipologia de vegetação a aplicar num espaço depende também de um impulso criativo, de um sentimento de ordem estética, plástica e filosófica.

A vegetação nas coberturas ajardinadas, como em qualquer jardim ou área verde, define o espaço e a sua funcionalidade. Citando o Arquitecto Paisagista Caldeira Cabral [33]:

“ As plantas constituem o nosso material por excelência (...)

(...) São inúmeras as suas formas, variadíssimo o seu porte, a sua cor e textura. São elas propriamente que tornam mutável a nossa obra ... Elas são um material riquíssimo e já por isso difícil de conhecer. É delas que nos servimos para criar os espaços e as perspectivas, para lhes dar fundo e movimento. Com elas enquadramos os horizontes e criamos planos, damos intimidade ou desafogo a um recinto. Com elas conseguimos os efeitos de luz e de sombra, de cor viva ou repousante, conforme a nossa intenção (...)” .

33 Cf, CALDEIRA, C., 1943, Lição proferida no Instituto Superior de Agronomia.

As coberturas ajardinadas são algumas das áreas onde se pode exercitar a capacidade criativa e estética do ser humano. As mesmas plantas, o mesmo espaço podem servir de argumento a uma multiplicidade de propostas. Assim, para além das diferentes possibilidades de ecolha da vegetação e face às qualidades plásticas a explorar, a evolução das coberturas e suas funcionalidades passam também, por formas distintas de reorganizar a vegetação no espaço.

À semelhança de outros espaços "verdes", numa cobertura ajardinada intensiva simples ou complexa, a determinação de harmonias e contraste entre volumes, formas, texturas e cores constitui um elemento chave para o sucesso da contrução espacial, baseando-se sempre em princípios de simplicidade, unidade e diversidade [34].

De acordo com a ideia de harmonia e simplicidade, a diversidade não deve ser entendida como a aplicação de inúmeras espécies distintas, mas antes como a combinação de um pequeno número de elementos.

As espécies dominantes determinam a aparência geral do conjunto e as suas variações sazonais, sendo acompanhadas por um número variável de outras espécies não dominantes mas não menos importantes, que acrescentam uma maior biodiversidade à comunidade.

Para além das funcionalidades e qualidades plásticas da aplicação da vegetação referidas anteriormente, a sua instalação em coberturas ajardinadas depende ainda de critérios visuais e funcionais, isto é, da exposição e protagonismo que estas construções terão. Nas coberturas onde se pretende meramente a climatização do edificado ou nas que têm menos protagonismo em termos visuais, opta-se, usualmente, por coberturas extensivas com aspecto mais naturalizado, fruto de comunidades vegetais mais resistentes e extremamente eficazes. Em oposição, nas

*34 LUZ, H., Dez. 200*1, The principle of dominant species, *in* Topos – European Landscape Magazine, *n.º 37, , p.95-99*

coberturas com algum protagonismo visual, interesse estético e/ou importância ao nível da fruição e lazer, recorre-se à utilização de coberturas ajardinadas intensivas, onde a criatividade e a diversidade na utilização das espécies podem ser maiores. Sem diminuir a importância do carácter do desenho associado a este tipo de cobertura, estas possuem também um carácter marcadamente ecológico, reflectindo as características essenciais das associações fitossociológicas, tal como num jardim.

2.5.1.1 – Características e factores a considerar

De acordo com os princípios de sustentabilidade inerentes ao conceito de cobertura, a vegetação deve ser seleccionada de acordo com as condições edáficas e climáticas do local, procurando minimizar assim os custos económicos e de recursos energéticos. De uma forma genérica dever-se-á optar por vegetação autóctone, preferencialmente plantas perenes, que protejam o substrato contra fenómenos erosivos durante todo o ano, e que não desenvolvam material seco que propicíe a ocorrência de incêndios. A vegetação a seleccionar deverá estar adaptada às condições atmosféricas das cidades, isto é, as plantas necessitam de ser resilientes aos factores poluentes, resultantes de unidades industriais e circulação automóvel. Outros aspectos importantes na escolha das espécies a utilizar são relativos à sua resistência: grandes variações de temperatura; ventos; pressão atmosférica / altitude; períodos se carência hídrica; baixa percentagem de nutrientes; possibilidade de ocorrência de salsugem no ar, caso a aplicação seja efectuada em áreas costeiras.

2.5.1.2 – Elencos de espécies adaptadas às coberturas ajardinadas

Os exemplos de plantas aqui listados para coberturas verdes são o resultado de uma recolha na bibliografia encontrada. Contudo, as várias hipóteses apresentadas, não foram testadas no clima Mediterrâneo. Apesar das características fitossociológicas indicarem a sua adaptabilidade a esta região biogeográfica, os ensaios de campo ainda são fundamentais. Actualmente, o conhecimento e a divulgação das experiências práticas desenvolvidas em Portugal são quase inexistentes, pois as empresas instaladoras deste tipo de solução de cobertura mostram-se reticentes em divulgá-las, e continuam a apostar na aplicação de vegetação exclusivamente introduzida. Outro aspecto a salientar é a existência, em Portugal, de um pequeno mercado viveirista que actualmente não apresenta resposta a uma procura tão especifica de espécies.

Apesar das plantas autóctones serem espécies preferenciais nestes tipos de aplicações, devido à sua adaptabilidade ao meio envolvente, o recurso a espécies exóticas, torna-se recorrente. A escolha da vegetação exótica, deverá respeitar todos os critérios de adaptabilidade: resiliência a períodos de secura; resistência a disponibilidades nutritivas baixa; desenvolvimento radicular contido, e capacidade de suporte da acção eólica.

Alguns exemplos de espécies possíveis de aplicar são os seguintes:

- Para coberturas extensivas com substrato entre 4 a 6 cm de profundidade:

  Acinus alpinus; Euphorbia capitulata; Herniaria spp.; Sedum acre; Sedum album; Sedum amplexicaule; Sedum andegavense; Sedum anglicum; Sedum arenarium; Sedum brevifolium; Sedum caespitosum; Sedum candollei; Sedum forterianum;Sedum hirsutum ssp. Hirsutum; Sedum mucizonia; Sedum pedicellatum; Sedum pruinatum; Sedum rubens; Sedum sediforme.

- Para coberturas extensivas com substrato entre 6 a 15 cm de profundidade:

  Alyssum spp.; Armeria marítima; Cerastium tomentosum; Duchesnia indica; Iris pumila; Primula vulgaris; Thymus vulgaris; Ajuga reptans; Delosperma cooperi; Hedera helix; Hypericum reptans; Ophiopogon japonicus; Vinca major; Vinca minor; Festuca ovina.

- Para cobertura intensivas simples com substrato entre 15 a 20 cm de profundidade:

  Aloe spp.; Calluna vulgaris; Cistus spp.; Cotoneaster horizontalis; Cytisus procumbens; Hebe spp.; Jasminum spp.; Juniperus horizontalis; Juniperus procumbens; Kniphofia; Lavandula spp.; Lonicera spp.; Rosmarinus officinalis; Salvia officinalis; Santolina chamaecyparissus; Spiraea japonica.

2.5.1.3 – Métodos de Plantação

Para que o material vegetal a empregar conserve a vitalidade indispensável ao sucesso da plantação é necessário reduzir ao mínimo o prazo entre a aquisição dos exemplares a instalar e a sua aplicação. Além disso, durante esse periodo, as plantas ou estacas devem manter-se em ambientes húmidos, abrigadas do vento, do calor e do frio. As sementes, pelo contrário, devem conservar-se em local seco e arejado por forma a garantir o seu coeficiente germinativo. Nas coberturas ajardinadas é possível utilizar os seguintes métodos de plantação: sementeira tradicional, hidrossementeira, plantação de espécies em torrão, estacaria directa, aplicação de tapete de relva e trepadeiras.

O método de sementeira tradicional consiste em espalhar, manualmente ou com auxílio de semeadores, as sementes e os restantes materiais intervenientes na sementeira. Esta técnica deve ser efectuada imediatamente antes das primeiras chuvas do Outono (excepto em relação às espécies cuja semente amadurecem

mais tarde) garantindo, deste modo, que a sementeira beneficiará de condições hídricas mais favoráveis, sem o auxilio de sistemas de rega.

A sementeira em superfícies inclinadas deverá ser antecipada um mês, em relação às primeiras chuvas, de forma a evitar o arrastamento das sementes e a acção erosiva das águas. Neste caso, a germinação deverá ser forçada mediante regas que se devem manter, até a superfície revestida se apresentar bastante desenvolvida para proteger o substrato.

Neste método, a quantidade de semente a empregar varia com: a densidade de plantas que se pretende obter; o grau de pureza; a faculdade germinativa e com as condições edáficas. A profundidade à qual se devem colocar as sementes pode ser calculada através da multiplicação por três a quatro vezes o diâmetro maior da semente a instalar.

Os métodos como a hidrossementeira, que empregam equipamentos especializados, são por vezes de difícil utilização nas coberturas ajardinadas mais elevadas, devido a questões de acessibilidade. Esta técnica consiste na projecção, de uma mistura a alta pressão sobre os substratos a revestir, com água, sementes e fertilizantes. Em seguida, projecta-se também uma emulsão celulósica que, para além de estabilizar a superfície e fixar as sementes, fornece ou conserva a humidade e a temperatura necessária à germinação, contribuindo acessoriamente para aumentar a fertilidade do substrato . Projecta-se ainda uma substância orgânica fragmentada – palha ou resíduos de pasta de papel, entre outros – que adere ao solo por colagem da emulsão, reforça a acção protectora desta e fornece “cama” apropriada à germinação das sementes e ao posterior desenvolvimento das plantas. Este recobrimento orgânico é particularmente recomendável em superfícies inclinadas.

A aplicação destas duas técnicas de sementeira são aconselhadas quando se pretende a instalação de superfícies de carácter extensivo, como por exemplo a aplicação de uma superfície de herbáceas – relvados ou prados.

A utilização de plantas comercializadas em vaso ou torrão apresenta o método mais fiável na implementação do sistema de coberturas ajardinadas de pequena escala. Um dos problemas a enfrentar nesta técnica de plantação é a dimensão dos torrões das plantas a instalar, em relação à profundidade do substrato disponível. No caso da plantação ser efectuada numa cobertura extensiva é preferível a utilização de vegetação em palete por apresentarem torrões mais pequenos e serem facilmente compatíveis com a profundidade do substrato disponível. Outro aspecto a ressaltar é a vantagem da relação preço / desenvolvimento da planta.

A plantação deve ser efectuada na Primavera, por razões edafo-climáticas, e ser iniciada no ponto / área oposto à zona de acesso à cobertura, de forma a não danificar a vegetação já estabelecida.

Para a plantação de arbustos e árvores em sistemas de aplicação intensiva são preferíveis os espécimes que se comercializam em torrão, ou contentor, por possuírem um raizame desenvolvido e por se adaptarem mais rápida e facilmente ao substrato. Para árvores aconselha-se a utilização de tutoragem por forma a facilitar a resistência à acção mecânica do vento.

Aproveitando a elevada aptidão de certas espécies, nomeadamente as pertencentes ao género *Sedum*, para se multiplicarem por via vegetativa, sobretudo em condições favoráveis de solo e clima, utiliza-se frequentemente a técnica de plantação por estacaria. Esta plantação pode ser feita em regos, ou simplesmente em covachos, abertos na altura de colocar as estacas, sem outra preocupação parem além de as deixar bem apertadas e presas ao terreno.

Os valores de plantação para esta técnica situam-se entre 30 a 100 g/m^2 o que se traduz em 40 a 80 unidades/m^2 [35].

Na instalação de tapetes a superfície a revestir deve ser previamente regularizada e fertilizada para que as placas fiquem bem acamadas e se estimule o desenvolvimento e a fixação das raízes.

Quando a superfície for muito inclinada poderá ser necessário fixar os tapetes com estacas, geralmente de madeira. Uma vez colocados os tapetes deve-se preencher as juntas com substrato e regar. Esta técnica deve ser utilizada sempre que exista disponibilidade económica e se pretenda um resultado imediato.

2.5.1.4 – Manutenção

Em qualquer sistema controlado pelo Homem é inevitável a manutenção. Numa solução de coberturas ajardinadas, como já se referiu, os cuidado continuados são fundamentais para garantir a durabilidade e viabilidade bioreguladora e ecológica do sistema. Apesar de serem essenciais cuidados com a estrutura edificada, tais como: a verificação do aparecimento de goteiras; a observação das anomalias nas juntas de dilatação em vertente e a verificação do laró e do encontro com o algeroz. Neste trabalho pretende-se salientar com mais evidência os cuidados necessários à manutenção da vegetação. Para tal introduziu-se o plano de trabalhos proposto (tabela 8 e 9) resulta de uma síntese da informação obtida em referências bibliográficas. Procurou-se desta forma definir as tarefas necessárias ao correcto funcionamento, manutenção e inspecção dos projectos após a sua execução.

35 Adaptado de: KOLB, W. & SCHWARZ, T., 1999, Dachbegrunung – Intensiv und extensiv*; Ulmer, Stuttgart,.*

Tabela 2: *Plano de trabalhos anuais proposto para a manutenção de coberturas extensivas e intensivas simples, adaptado de GONÇALVES, D., Évora, 2006*

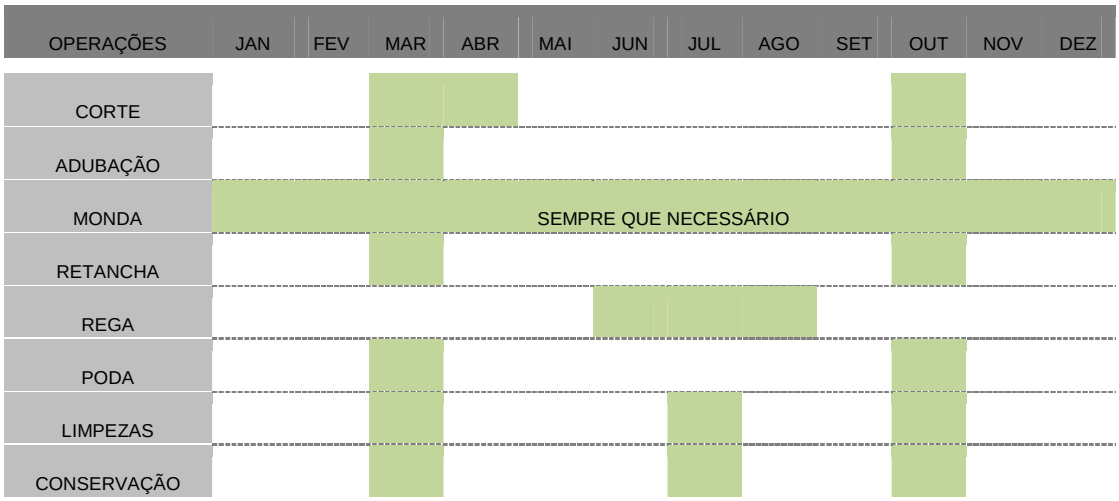
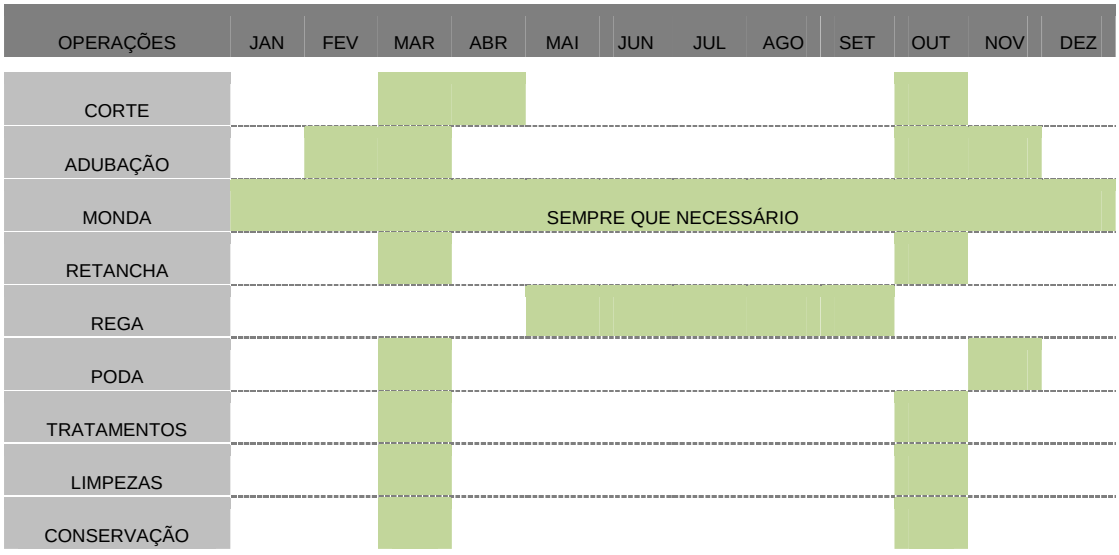


Tabela 3: *Plano de trabalhos anuais proposto para a manutenção de coberturas intensivas, adaptado de GONÇALVES, D., Évora, 2006*



a. Adubação e/ou Fertilização: A aplicação de adubação deverá ser bem planeada e adaptada às condições do substrato. Neste tipo de solução, a vegetação encontra-se instalada em substratos pouco férteis sendo essencial regular, cuidadosamente, o acréscimo de nutriente, de forma a não estimular de maneira pejorativa o

crescimento das plantas. De acordo com a bibliografia consultada as quantidades de fertilizante ou adubo adequado para substratos pobres em matéria orgânica são:

Adubos residuais com uma composição NPK de 15:9:15, em 30g/m^2, de aplicação a lanço; em situações em que a vegetação se apresenta bastante carente, dever-se-á recorrer a um adubo composto por NPK 15:10:15 numa solução aquosa a 5%.

É fundamental referir neste "item" que devido a espessuras muito reduzidas presentes muitas vezes no sistema de cobertura ajardinada, torna-se crucial que o trabalho de manutenção seja desempenhado por pessoal qualificado, que de uma forma profissional possa adaptar a composição dos adubos às necessidades das plantas. Outro aspecto a ressaltar é a problemática da adubação na poluição dos recursos hídricos. De forma a evitar este tipo de poluição, a dosagem de fertilizante deve ser ponderada e restrita ao necessário.

b. Monda e Retancha: Uma das técnicas fundamentais na minimização da propagação de plantas indesejadas nas coberturas ajardinadas é a monda. Esta operação consiste na limpeza e/ou manutenção das coberturas através da eliminação manual ou química das ervas nocivas ao desenvolvimento das associações de vegetação implantadas. A monda de infestantes deverá fazer-se sempre que estas se tornem visíveis, não devendo, estas espécies existir numa percentagem superior a *10% m^2*, no casos do relvados.

A retancha deve ser efectuada quando, ocorrem perdas de exemplares, por qualquer motivo de stresse vegetativo. A substituição deve ser feita na Primavera ou no Outono, épocas mais apropriadas à plantação, por forma a evitar acções erosivas na cobertura, tais como deslizes e perda de substrato.

c. Limpeza ou poda: A limpeza ou poda dos arbustos só deve efectuar-se quando é necessário manter o equilíbrio, conservar a forma natural, manter o bom estado fitossanitário ou favorecer a floração. A melhor época para a sua realização varia consoante as espécies e os objectivos finais da intervenção. De um modo geral, a limpeza deve ser efectuada na época de repouso vegetativo (Outubro a Março). Os rebentos ladrões e os ramos secos devem ser retirados sempre que existam e sempre que se justifique. O corte deve ser correcto para permitir um bom desenvolvimento do calo de cicatrização.

d. Tratamentos fitossanitários: A vegetação aplicada nas coberturas ajardinadas não sofre grandes problemas referentes a pragas e doenças. No entanto, poderão existir algumas incidências de doenças no Outono, fruto da acumulação de matéria orgânica e do aumento dos agentes decompositores, tais como fungos. Para o caso das coberturas intensivas será fundamental uma vigilância contínua, por forma a detectar e combater qualquer praga ou doença, atempadamente, através de tratamentos fitossanitários. Este trabalho deverá ser efectuado por pessoal qualificado, com o conhecimento necessário para a aplicação dos fitofármacos-praguicidas, utilizados muitas vezes no combate a pragas e doenças, por forma a evitar subcargas de compostos químicos na vegetação.

e. Limpeza e/ou Conservação: Dever-se-á, de forma continuada, proceder à limpeza das coberturas eliminando todo o lixo e garantindo um bom funcionamento do sistema. É de salientar que, apesar da limpeza das coberturas ser essencial para o correcto desempenho desta solução, em regiões com ocorrência de elevada precipitação ou mesmo queda de neve, este trabalho poderá prevenir o aparecimento de problemas no sistema de drenagem e na estrutura edificada. Dever-se-á verificar ainda o seu estado de conservação e proceder à reposição do

material, conforme o estado de degradação garantindo, assim, sempre uma maior durabilidade da cobertura.

É fundamental referir a importância da instalação de elementos de segurança nas coberturas não utilizadas, que por questões económicas, não apresentam protecções físicas para a queda de pessoas.

O sistema de segurança mais comum é constituído por redes de aço aplicadas à superfície da cobertura, com vários pontos de fixação para cabos de manutenção. Em muitas situações, quando economicamente viável, também é utilizada a aplicação de guardas metálicas ou pequenos muretes que previnam a queda dos operários em trabalhos de manutenção.

Figura 7: *Exemplo de elemento de segurança na manutenção (Fonte: site oficial da marca Optigrün)*

2.5.2 – SUBSTRATO

De acordo com Miller, o substrato ideal deverá combinar de forma equilibrada a retenção de água e a drenagem; isto é, deverá garantir a captação de água necessária para a subsistência das plantas e assegurar a drenagem da água em excesso. Deverá também servir como base de suporte e fornecer os nutrientes necessários à vegetação, garantindo sempre uma baixa erosão.

Dois dos factores a ter em consideração na escolha do substrato são o clima e o local onde a cobertura ajardinada será instalada. Estes aspectos irão influenciar as características recomendadas para a obtenção de um bom substrato, segundo as Normas Tecnológicas de Jardineria y Paisajismo do Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas y PeritosAgrícolas de Cataluña (NTJ 11E), um bom substrato deverá ter:

- Boa capacidade de retenção de água;
- Alto teor de fracção mineral;
- Alto teor em matéria orgânica;
- Alta capacidade de troca catiónica;
- Alta bioestabilidade;
- Homogeneidade da mistura;
- Boa capacidade de humedecimento;
- Isenção de fitotoxidade residual;
- Baixa salinidade;
- Baixa alcalinidade;
- Estabilidade na manutenção das suas propriedades

De uma forma genérica, o substrato a utilizar apresentará melhores características se incorporar uma percentagem de material granular. De acordo com pesquisas efectuadas na Alemanha, para um crescimento médio da vegetação deverá existir uma percentagem de 30 a 40 % de terra vegetal e cerca de 60 a 70 % de material granular que permitam as trocas gasosas do solo e a livre drenagem.

Devido ao seu elevado peso e a sua alta fertilidade, a terra vegetal vulgarmente utilizada nas áreas "verdes", encontra-se desadequada a este sistema,. A fertilidade do solo, apesar de ser comummente ligada ao bom funcionamento do sistema, apresenta desvantagens na manutenção do equilíbrio das coberturas ajardinadas. O aumento da fertilidade do solo levará ao elevado desenvolvimento da vegetação, criando um ambiente mais propício ao "stresse" nutritivo e hídrico das plantas, aspectos extremamente limitados neste tipo de sistemas. É de referir ainda que a matéria orgânica presente em elevada percentagem neste tipo de substrato, poderá pôr em causa a disponibilidade de azoto disponível para a plantas devido à sua utilização nos processos de decomposição. A mineralização e a imobilização do azoto no solo, para além de outros factores, são marcadamente afectadas pela razão C/N [36] dos resíduos orgânicos. Enquanto a razão carbono-azoto é superior a cerca de 30, o azoto produzido por amonificação é rapidamente assimilado pelos microrganismos e provisoriamente imobilizado na proteína das células microbianas, chegando mesmo a utilizar as reservas azotadas do solo. Desta forma, os microrganismos entram em competição directa com as plantas superiores no que se refere à assimilação do azoto. Este aspecto levará assim à necessidade de adição de adubos químicos azotados em quantidade conveniente.

36 A razão carbono/azoto é o quociente de carbono orgânico total pelo azoto orgânico total do solo, um e outro determinados directamente em amostras de solo sem se separar a matéria orgânica da fracção mineral. A razão C/N pretende definir os tipos de matéria orgânica característicos dos diferentes tipos de solo, mas também procura avaliar o grau de alteração da própria matéria orgânica. in *COSTA, J.,* Caracterização e Constituição do solo*, 7ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2004*

A maioria das soluções comercializadas para coberturas ajardinadas utilizam substratos à base de minerais não orgânicos recriando, muitas vezes, ambientes similares aos das culturas hidropónicas. Este tipo de substratos apresentam rendimentos frequentemente superiores ao substratos naturais, pois são desenvolvidos de acordo com as necessidades de cada espécie vegetal.

Alguns exemplos de materiais orgânicos que devem estar incluídos na composição dos substratos são as areias e desperdícios de rochas vulcânicas. A perlite (tipo de vidro vulcânico), e a vermiculite (mineral formado por hidratação de certos minerais basálticos), são exemplos de materiais inorgânicos que integram geralmente a composição dos substratos.

A espessura do substrato está directamente relacionada com o tamanho e características da vegetação que suportará. De acordo com Dunnett e Kingsbury [37], uma simples comunidade de *Sedum* é possível de instalar em 2 a 3 cm de substrato, enquanto que em 5 a 8 cm poder-se-ão introduzir espécies suculentas de maiores dimensões, relva e herbáceas tolerantes à seca e à altitude. A partir dos 10 cm de espessura a instalação da vegetação poderá ser mais variada e de maior volumetria.

Figura 8: *Exemplo da aparência de um tipo de substracto (Fonte: site oficial da marca Optigrün)*

37 DUNNETT, N. & KINGSBURY, N. , 2004, Planting green roofs and living walls*, Timber Press*.

2.5.3 – CAMADA FILTRANTE

A camada filtrante tem como objectivo principal reter as partículas finas e os nutrientes da terra vegetal que possam sofrer forças hidrodinâmicas permitindo apenas a passagem de líquidos, diminuindo assim a possibilidade de colmatação das áreas vazias da camada drenante, inferior. Por forma a que a função seja correctamente desempenhada, os materiais a utilizar neste tipo de solução construtiva devem ter elevada permeabilidade à água, resistência a acções mecânicas e apresentarem-se inalteráveis face às características das superfície em contacto. Os materiais utilizados comummente para estas funções são do mesmo tipo dos filtros aplicados, nomeadamente na estabilização de terrenos de obras geotécnicas; isto é geotêxteis.

De acordo com as normas europeias, os geotêxteis são produtos têxteis bidimensionais permeáveis, compostos por fibras cortadas, filamentos contínuos, monofilamentos e fios, formando estruturas tecidas, não-tecidas ou tricotadas, cujas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem que desempenhe várias funções numa obra geotécnica. Entre as suas principais funções podemos citar: filtração, protecção, reforço e separação.

Em virtude da técnica de produção adoptada ocorrem mudanças no tipo de estruturas do geotêxtil, sendo eles classificados em: Geotêxtil não-tecido agulhado; Geotêxtil não-tecido termoligado; Geotêxtil não–tecido resinado; Geotêxtil tecido e Geotêxtil Tricotado.

Outro critério na caracterização deste material pode ser a sua espessura: geotêxteis de espessura delgada e geotêxteis de feltros espessos. No primeiro caso encontram-se os feltros não-tecidos e os feltros agulhados , que não costumam ultrapassar os 2mm de espessura. Com espessuras mais elevadas, da ordem dos 25 mm, encontram-se basicamente os feltros de lã de vidro.

De acordo com a marca “Imperalum” dever-se-á utilizar tecnicamente um geotêxtil não tecido de fibras sintéticas com uma gramagem de 250 g/m^2 , por forma a garantir uma separação eficiente dos materiais.

Figura 9: *Exemplo de um tipo de Geotextil (Fonte: site oficial da marca Optigrün)*

2.5.4 – CAMADA DRENANTE

A principal função da camada drenante é permitir o escoamento da água, o mais facilmente possível, até aos dispositivos de saída. Os materiais usados neste tipo de camadas podem ser divididos em dois grupos distintos: os que têm a capacidade de armazenar uma quantidade significativa de água e os que, pelo contrário, não dispõem dessa característica.

A título de exemplo podem-se referir no primeiro grupo os granulados de argila expandida, pozolanas e placas cerâmicas nervuradas. No segundo grupo poder-se-

-ão mencionar os seixos rolados e as placas nervuradas de poliestireno expandido.

Os materiais granulares devem apresentar um granulometria uniforme, de modo a permitir o índice máximo de vazios entre as partículas, e facilitar o escoamento rápido da água. Segundo algumas recomendações, e boas práticas existentes, a camada drenante, assim como o material por ela composta, deverão ser o mais adequados possiveis à inclinação da cobertura. De uma forma genérica, a camada

drenante não deverá ter espessura mínima inferior a 0.10 m. Para situações de fácil escoamento deverá ter entre os 0,15 a 0,20 m.

No caso da telas e/ou placas de drenagem existe uma ampla gama em termos de aspecto, forma e aplicação, consoante as firmas que as comercializam.

A título de exemplo as telas tipo Planton DE 25, da ISOLA, permitem garantir: uma elevada capacidade de armazenamento de água através de grânulos com 23 mm de altura, na ordem dos 6,1 l/m^2; a distribuição superficial da água; uma drenagem de cerca 1,5 l/sm^2 numa superfície de 3% de inclinação, assegurando uma drenagem eficiente horizontalmente e verticalmente.

Outro aspecto fundamental é a necessidade de captação da água drenada. No processo de drenagem podem ser utilizados sistemas de caleira ou algeroz, descarregadores de fundo, descarregadores laterais e descarregadores de nível, como meio de condução das águas sobrantes.

O descarregador de fundo e o lateral são vulgarmente utilizados em superfícies planas nas quais o declive se apresenta entre os 1 e 2%. Em condições opostas utiliza-se o sistema de algeroz aplicado no limite das cobertura permitindo, desta forma, a drenagem de superfícies superiores a 10%. O sistema de descarregador de nível é bastante utilizado em coberturas ajardinadas intensivas, o que proporciona uma elevada capacidade de retenção de água, que permitirá garantir as necessidades hídricas da vegetação através da irrigação por capilaridade.

Várias empresas apresentam diferentes soluções para conduzir as águas pluviais nas coberturas ajardinadas, criando redes internas de escoamento rápido da água sobrante. Os princípios basilares da drenagem encontram-se sempre presentes nas soluções apresentadas. A empresa Optigrün comercializa alguns sistemas de drenagem, baseada em estruturas de tubagens triangulares perfuradas colocadas sobre a tela de impermeabilização e cobertas pela camada de material drenante.

Este sistema tem como objectivo drenar eficazmente grande parte da água em excesso para um ou vários pontos específicos, sumidouros ou descarregadores.

O uso de sistemas de drenagem nas coberturas ajardinadas deverá ser planeado desde uma fase inicial de projecto, por forma a garantir que toda a estrutura de telas e isolamentos se adequam à sua existência.

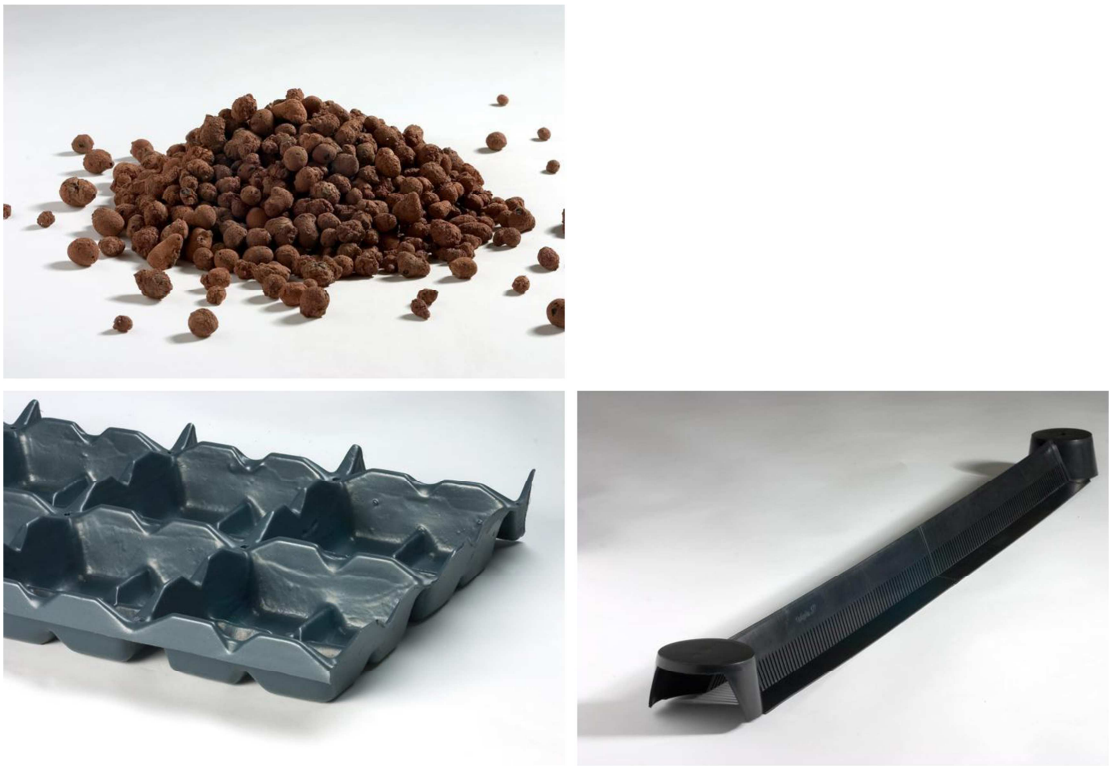


Figura 10: *Exemplo de elementos de drenagem: Topo – argila expandida; Base Esquerda- Tela de drenagem do tipo Optigrün; Base Direita – Sistema triangular de drenagem do tipo Optigrün (Fonte: site oficial da marca Optigrün)*

2.5.5 – SISTEMA DE REGA

A aplicação de sistema de rega nas coberturas ajardinadas é uma temática que divide a opinião entre alguns autores. De uma forma genérica e ideológica, uma cobertura ajardinada, caso seja correctamente projectada, com substratos e vegetação adequados, não necessitará de rega pois encontrar-se-á em condições idênticas às ocorrências espontâneas. Desta forma, este tipo de sistemas baseiam-

se em princípios ecológicos e de sustentabilidade – conceitos basilares na correcta gestão dos recursos.

De acordo com alguns autores a rega e a adubação devem ser reduzidas ao mínimo ou mesmo eliminadas do processo, garantindo desta forma a sustentabilidade e eficiência dos sistemas. Contudo, Dunnett e Kigsbrury [38] referem que apesar de ser necessário controlar e limitar a rega, esta é fundamental em sistemas de coberturas ajardinadas em regiões de clima quente. Para estes autores conceitos como a regulação microclimática, aumento da biodiversidade e controlo do escoamento das águas pluviais, só são possíveis quando a vegetação se encontra bem desenvolvida e saudável. Desta forma, as coberturas intensivas, onde as associações de vegetação são mais complexas deverão ter alguma manutenção e rega, que lhes permita manter um balanço hídrico apropriado. Em sistemas mais simples como as coberturas extensivas, a necessidade de controlar o balanço hídrico das plantas diminui, pois as espécies aplicadas neste tipo de coberturas, apresentam características que lhes conferem uma grande resistência a períodos de carência hídrica. Ainda assim, em climas com períodos estivais muitos prolongados, dever-se-á equacionar a utilização de sistemas de rega.

A instalação do sistema de rega pode ser efectuado através de dois métodos:

a. Sistema de rega por aspersão: Consiste no fornecimento de água sob a forma de jacto de água mais ou menos pulverizado (dependendo do equipamento escolhido e da pressão da água) conseguindo-se fornecer água a distâncias consideráveis. As pluviometrias são muito superiores àquelas que se podem encontrar na rega localizada, mas a eficiência deste tipo de sistema de rega é muito inferior, uma vez que as perdas são substancialmente mais elevadas. Outro aspecto a salientar é o favorecimento do enraizamento superficial, o que pode tornar a vegetação mais

38 DUNNETT, N. & KINGSBURY, N. , 2004, Planting green roofs and living walls*, Timber Press.*

vulnerável a temperaturas elevadas e à acção do vento. Este tipo de sistema encontra-se mais vocacionado para a instalação em cobertura extensivas.

b. Sistema de rega localizada: Como a própria designação sugere, neste sistema a água fornecida é colocada muito próximo do objecto a regar. É um sistema de rega em que se humedece apenas uma parte do terreno a beneficiar, que logicamente deve corresponder à zona do solo onde se desenvolvem as raízes das plantas. Na rega localizada as pluviometrias / quantidades de água fornecidas são relativamente pequenas quando comparadas com outros sistemas, e a eficiência do sistema é extremamente elevada uma vez que as perdas que eventualmente possam ocorrer (pela acção do vento, evaporação ou escorrência superficial, entre outras), são diminutas. A rega localizada é um sistema que permite potencialmente atingir uma alta eficiência de rega, da ordem dos 85% a 95%. É fundamental referir que neste tipo de sistema o controlo de infestante é superior, pois a disponibilidade de água é criteriosamente direccionada. É de salientar, ainda, a possibilidade de implementação de um sistema de rega localizada enterrada, o que poderá em muitos dos casos solucionar problemas de disponibilidade de espaço. Este tipo de rega localizada, apesar de estar pouco desenvolvido na área dos espaços “verdes”, apresenta inúmeras vantagens na eficiência da rega nas coberturas ajardinadas. A aplicação da rega localizada está mais adaptada a sistemas de coberturas intensivas simples ou intensivas complexas.

Um dos aspectos fundamentais nesta temática é a automatização do sistema de rega. Estes tipos de sistemas, para além de apresentarem claras vantagens no conforto do proprietário das coberturas, permitem ainda gerir com fiabilidade a gestão dos recursos, possibilitando ligar o sistema apenas quando é efectivamente necessário. De facto, e porque o Homem não tem o poder de controlar a precipitação natural, a sua ocorrência em períodos não esperados e na proximidade ou simultaneamente aos intervalos de rega programados, pode originar,

dependendo da intensidade da chuvada, um excesso de água no substrato que pode ser prejudicial ao bom desenvolvimento das plantas. Nestas situações é fundamental que o sistema de rega seja temporariamente desligado. Actualmente existem acessórios que devem ser instalados em conjunto, como os programadores, e que permitem de facto fazer face a estes problemas tornando a automatização efectiva. Tratam-se de equipamentos (sensores de precipitação e controladores de humidade do solo) que, ligados aos programadores, interrompem os tempos de rega previstos, sempre que detectam níveis de água superiores aos valores de referência.

2.5.6 – SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Os sistemas de impermeabilização utilizados nas coberturas ajardinadas são essencialmente do mesmo tipo dos utilizados nos terraços comuns. A principal particularidade tem a ver com a capacidade de se conservarem em bom estado durante o crescimento do sistema radicular das plantas. Esta aptidão é particularmente mais relevante no caso das impermeabilizações à base de produtos betuminosos, uma vez que estes disponibilizam quantidades importantes de nutrientes, que poderão ser transformados pelo sistema radicular das plantas. Tradicionalmente, este problema era superado através da incorporação de barreiras relativamente espessas de betão armado. Actualmente, apesar deste método construtivo ser possível de executar, recorre-se à utilização de produtos mais económicos e significativamente mais leves, como telas anti-raízes ou repelentes químicos.

A incorporação de produtos anti-raízes na mistura betuminosa da membrana aparente do sistema efectuará um efeito químico sobre as raízes, e não mecânico como no caso tradicional. Os repelentes químicos mais eficazes que actualmente se

utilizam são os ésteres de ácido gordo, dos quais o pentaclorofenol é o mais recorrente.

Tal como o nome, as telas anti-raízes são telas que apresentam a função de protecção do sistema de impermeabilização evitando infiltrações e danos na estrutura edificada, pela penetração das raízes das plantas e consequentemente, outras actividades microrgânicas. As membranas de protecção contra o crescimento radicular são obtidas sob a forma de rolos de PVC com espessuras que variam entre os 0.80 e 1 mm devendo ser aplicadas exactamente sobre as telas de impermeabilização. A aplicação das telas anti-raízes deverá ser semelhante à das telas de impermeabilização, sendo muito importante a forma de selagem do sistema.

2.5.7 – CAMADA DE FORMA

Relativamente a esta camada também nada de particular há a salientar em relação às soluções usadas nos terraços comuns. Actualmente o “Regulamento Geral das Edificações Urbanas” aponta para um valor mínimo de 2% de inclinação na generalidade das coberturas. Nas coberturas ajardinadas a adopção de pendentes superiores é fundamental, pois influencia a durabilidade do sistema de impermeabilizações e também a capacidade de sobrevivência das plantas à asfixia, caso o teor de água não seja correctamente drenado.

2.6 AVALIAÇÃO ECONOMICA DA APLICAÇÃO DE COBERTURAS AJARDINADAS

Um dos aspectos fundamentais na avaliação de qualquer solução técnica é a sua viabilidade económica. Como se tem vindo a demonstrar ao longo deste trabalho, o sistema de cobertura ajardinada apresenta uma implementação mais complexa que as tradicionais coberturas dos edifícios, apresentando por isso valores económicos consideravelmente superiores.

O valor económico das coberturas ajardinadas varia de acordo com: a empresa responsável pela aplicação; a localização da área de intervenção; a dimensão da área de implantação; o tipo de cobertura a instalar; o declive da cobertura de suporte; os materiais necessários à correcta construção e por último o tipo e densidade da vegetação utilizada.

De acordo com Dunnett e Kingsbury (2004), os valores de construção para uma cobertura extensiva variam entre os 88 a 175 €/m^2, enquanto que para uma cobertura intensiva, o preço de implementação situa-se entre os 175 a 350 €/m^2, valores estimados para construções nos Estados Unidos da América.

De acordo com consultas a empresas portuguesas, podemos equacionar a construção de coberturas extensivas a partir de 80€/m^2, variando até ao 150€/m^2 [39] em coberturas intensivas simples.

Em comparação, podemos referir que a construção de um telhado convencional em telha cerâmica, pode atingir valores compreendidos entre os 20 e o 45€/m^2.

Como anteriormente foi referido, o valor económico de instalação inicial de uma cobertura ajardinada pode efectivamente ser muito superior à construção de um telhado convencional. Contudo dever-se-ão ponderar os benefícios a médio e longo prazo, nomeadamente na regularização climatica dos edíficios, uma vez que a

39 Custos médios de aplicação fornecidos pelas seguintes empresas: Imperalum e Xeroflor

aplicação deste tipo de solução pode reduzir ou mesmo eliminar os custos relacionados com os sistemas de AVAC. Outro aspecto, a ter em ponderação na avaliação dos custos é a durabilidade superior deste sistema em relação às coberturas comuns, uma vez que admitem durante um periodo temporal superior diferenças a nível termico e solar.

3

CONSIDERAÇÕES SOBRE A ABORDAGEM PROJECTUAL DO ARQUITECTO PAISAGISTA

O crescimento rápido e desvirtuado das cidades transformou os centros urbanos em lugares sem estrutura, sem planeamento, contrariando a identidade do lugar e oprimindo as suas características. Um dos aspectos fundamentais que contribui para a descaracterização do espaço urbano é a consequência da total ignorância que o processo de urbanização teve ao adoptar uma ideologia de rejeição dos sistemas naturais no nosso território. Na maior parte dos casos, "urbanizar" continua a significar a destruição de todo um sistema de paisagem pré-existente, através da alteração da topografia, da anulação ou mesmo da eliminação do sistema de drenagem natural e até do apagar de registos culturais associados ao local. Este é o cenário mais comum nas nossas cidades, apesar dos inúmeros planos e instrumentos de gestão territorial em vigor.

Os efeitos da crescente urbanização são mais notórios nos centros urbanos porque transportam as ambiguidades das populações, nomeadamente ao nível da qualidade do ambiente. Cada vez mais se encontra nos espaços abertos uma forma de equilíbrio, de satisfação pessoal e sobretudo comunitária. Desta forma, a cidade funciona de um modo organizado e possui um sistema de espaços públicos – "verde contínuo" – estruturalmente ligado ao urbano, constituindo assim, um indício válido para o planeamento urbano futuro, devidamente consolidado. E é só a partir destas exigências que os conceitos de "Estrutura Ecológica" e "*Continuum naturale"* fazem sentido.

O conceito de "Estrutura Ecológica" teve como base de suporte o conceito da "Estrutura Verde". Este conceito surge dos pressupostos referidos anteriormente e são entendíveis através de um outro conceito – "*Continuum naturale"*. De acordo

com a Lei de bases do Ambiente 11/87 de 7 de Abril, Artº 5, o "*Continuum naturale*" é visto como "um sistema contínuo de ocorrências naturais que constituem o suporte da vida silvestre e da manutenção do potencial genético, que contribui para o equilíbrio e estabilidade do território". Citando o Arquitecto Paisagista Ribeiro Telles *"*Com a Estrutura Ecológica Urbana pretende-se assim, criar um *"Continuum naturale"* integrado no espaço urbano, de modo a dotar a cidade, por forma homogénea, de um sistema espacial que assegure o funcionamento dos ecossistemas fundamentais e simultaneamente contenha uma rede de biótopos interligados por corredores que sirva de suporte à vida silvestre. Este sistema é representado, quer por ocorrências naturais, quer por espaços criados para o efeito, de modo a assegurar os objectivos pretendidos*".* [40]

Magalhães [41] afirma que as cidades necessitam de uma nova atitude. Isso implica uma mudança do paradigma cultural que assenta na dicotomia cidade/natureza e na procura de uma possível integração entre as estruturas vivas e edificadas, permitindo assim lidar com a fragmentação, a descontinuidade e a incerteza da cidade contemporânea.

É com base neste paradigma que a utilização e os benefícios dos jardins de cobertura fazem sentido. Os elevados benefícios ambientais e sociais, e a fácil aplicabilidade em diversas situações, possibilitam que esta solução construtiva fundamente uma ideologia de reformulação do tecido urbano consolidado. De facto, a solução de jardins de cobertura pode propiciar a devolução de algum espaço "verde" à população. Exemplo disso, é o programa desenvolvido na cidade de Buenos Aires intitulado – "Programa Cubiertas Verdes".

40 TELLES, R., 1997, Plano verde de Lisboa : componente do Plano Director Municipal de Lisboa. Lisboa, Edições Colibri.
41 MAGALHÃES, M., 2001, A arquitectura paisagista : morfologia e complexidade. Lisboa : Editorial Estampa.

Actualmente, a cidade de Buenos Aires desenvolve-se em 20 000 ha, dos quais 18 600 ha representam a área edificada ou impermeabilizada consolidada, sendo apenas ocupados 1400 ha com áreas "verdes". De acordo com as estatísticas apresentadas no programa de reconversão, cada um dos seus habitantes usufrui em média de 24,3 m^2 de área "verde" em oposição ao 57,1 m^2 de área impermeabilizada. Este projecto pretende equilibrar a relação de áreas disponíveis, convertendo 3 500 ha de coberturas em espaços "verdes" comunitários. Desta forma, pretende-se melhorar a qualidade de vida dos habitantes possibilitando a regeneração dos recursos naturais fundamentais tais como; a radiação solar, a água potável, o ar respirável, o espaço livre acessível e a elevada biodiversidade.

Em cidades descaracterizadas como Buenos Aires, torna-se de extrema importância a reestruturação e integração de novos espaços "verdes" com vista ao desenvolvimento integrado e deste modo alcançar a sustentabilidade ecológica, económica e social. A ideia de que "as partes fazem o todo" adequa-se a esta ideologia de reconversão dos tecidos urbanos degradados, pois a instalação de um jardim de cobertura poderá não trazer vantagens evidentes ao meio. Contudo, uma rede dinâmica bem estruturada de jardins de cobertura poderá participar na "Estrutura Verde da Cidade", ou seja as pequenas partes em conjunto fortalecerão uma estrutura global, que terá mais importancia que as partes.

Apesar da conotação depreciativa muitas vezes associada ao sistema de coberturas ajardinadas de pequenas áreas meramente decorativas, esta solução permite um incremento ecológico importante e necessário na cidade, permitindo ao Arquitecto Paisagista criar uma nova tipologia de espaço.

O Arquitecto Francisco Caldeira Cabral [42], refere que a função do Arquitecto Paisagista é procurar, encontrar em cada espaço o equilíbrio das forças da Natureza

42 CABRAL, F. , 1993, Fundamentos da arquitectura paisagista. Lisboa : Instituto da Conservação da Natureza

mais favoráveis para o Homem. O tipo de beleza que se procura é aquela que traduz a realização do mesmo equilíbrio e não o que é meramente estético. É com base nesta dicotomia beleza/ funcionalidade, que as concessões de coberturas têm que ser equacionadas.

O Arquitecto Paisagista deverá interpretar este tipo de estrutura, como uma possibilidade de **reconversão de zonas urbanas consolidadas**, nas quais é difícil ou mesmo impossível a incorporação de áreas com espaços "verdes", parques, jardins entre outros. Deste modo, e como já foi mencionado, é possível beneficiar áreas urbanas com espaços de qualidade social e ecológica e criar uma nova perspectiva, recorrendo a uma nova política de intervenção ao nível do espaço aberto. A incorporação e tratamento do "verde" englobam todo um processo integrado e totalitário inserido numa realidade maior – ecológica – articulado com todas as partes internas e externas da cidade.

A temática abordada anteriormente está relacionada com a excessiva área edificada e a ausência e/ou presença diminuta da continuidade ecológica no espaço urbano. O que converge naturalmente para a ideia de que é urgente uma mudança radical no "*modus operandi*" do urbanismo e nos modelos de construção da paisagem global urbanizada.

Magalhães [43] afirma que a cidade deve resultar de espaços abertos (espaço não-edificado), interligados com espaços edificados. A organização destas duas tipologias de espaços deve criar condições de legibilidade para o Homem, através do estabelecimento de hierarquias facilmente compreensíveis e de um grau de continuidade, quer do espaço aberto quer do espaço edificado.

Podendo parecer que o âmbito da intervenção do Arquitecto Paisagista no

43 MAGALHÃES, M., 2001, A arquitectura paisagista : morfologia e complexidade. Editorial Estampa, Lisboa.

planeamento de novas áreas a urbanizar não permitiria abordar o espaço edificado, ficando esta matéria entregue exclusivamente aos Arquitectos, entende-se que a definição do espaço aberto obriga a definir os limites e os volumes do espaço edificado, possibilitando uma realidade integrada. É nesta concepção de integração que os jardins de cobertura podem fazer a diferença na planificação das novas cidades. Apesar destes sistemas não poderem substituir na totalidade a nível ecologico a presença de espaços "verdes" no equilíbrio da cidade, podem desempenhar funções importantes de integração, complemento ecológico e social. Como exemplo destas potencialidades existe o projecto do Arquitecto Renzo Piano, intitulado "Il Vulcano Buono". A formalização do edificio atráves de formas organicas, revestidas com vegetação que reproduzem os padrões naturalizados da vegetação envolvente, permitiu integrar o complexo edificado numa paisagem morfologicamente plana e homogenea, como mencionado no *Capítulo 2* deste trabalho.

Citando a Arquitecta Laura Roldão *"O Arquitecto Paisagista de hoje como profissional co-responsável pelo desenho da paisagem urbana, tem que estabelecer novos códigos de abordagem e de relação com o urbanismo, com a arquitectura, as engenharias e com as artes plásticas. A interdisciplinaridade tem cada vez maior presença nos projectos, pois as novas construções terão que reflectir um modo de fazer mais ecológico e antropológico e isso, talvez signifique que se tenha que voltar a abordar os jardins, tal como no passado, na sua relação com cada edifício e também do particular para o geral, num trabalho de redução de escala e na forma como cada edifício possa contribuir para a instalação do "verde" semi-contínuo ou contínuo.*

Naturalmente que uma abordagem desta natureza obriga sempre a que numa primeira fase (ao nível do planeamento) sejam definidos os espaços fundamentais da estrutura ecológica urbana tais como: ecossistemas húmidos, parques urbanos,

jardins de proximidade, mas as restantes componentes terão que ser asseguradas por intervenções responsáveis das equipas projectistas, que terão que atender às necessidades sociais, lúdicas e ambientais." [44]

De uma forma sumaria poder-se-á enunciar que, o Arquitecto Paisagista deverá desempenhar um papel activo no planeamento urbano, atráves de uma abordagem baseada na interdisciplinaridade e no sentido mais ecológico e antropologico do fazer. Assim sendo, deverá interpretar o sistema de jardins de cobertura como novas áreas de intervenção, que poderão em espaço urbano consolidado constituir zonas de estar e lazer, ecologicamente estáveis. Contudo o Arquitecto Paisagista, técnico co-responsável pelo planeamento das cidades não deverá intrepretar estes sistemas como elementos de substituição de espaços fundamentais da estrutura ecológica, pois assentará dessa forma o conceito "fazer cidade", em pressupostos incorrectos, visto que este sistemas não são completamente naturais.

44 COSTA, L., s.d, Coberturas ajardinadas – contributos para um urbanismo mais sustentável , s.l.

4

ESTUDO DE CASO

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E DEFINIÇÃO DA PROBLEMÁTICA

O interesse deste estudo de caso reside na possibilidade de testar a metodologia agora desenvolvida, utilizando como base a informação disponível na bibliografia encontrada. Informação essa que neste caso é especialmente documentada e actualizada nos capítulos anteriores destes trabalho. Este estudo de caso possibilita ainda exemplificar a aplicabilidade do sistema de jardins de cobertura em Portugal Continental, explicitando as valias da utilização de plantas autóctones no contributo para a aplicação de um sistema viável ecologicamente e resiliente aos factores exógenos.

Como anteriormente se referiu, a adaptação do sistema de coberturas ajardinadas depende dos conhecimentos dos técnicos responsáveis pela sua aplicação, relativamente à capacidade de integração de plantas autóctones nas associações vegetais a instalar no sistema de cobertura. Desta forma, a investigação sobre a resiliência aos factores edáficos, hídricos e climatéricos das plantas autóctones é fundamental para alcançar os benefícios ecológicos das coberturas.

Outro debate alargado, ao qual este estudo poderá conduzir, reside na identificação e quantificação dos critérios de avaliação pericial utilizados num estudo deste âmbito, podendo ser expandido a modelos de fácil reavaliação. O seu interesse poderá residir no confronto de estudos semelhante, desenvolvidos sob diferentes perspectivas, contribuindo assim para o enriquecimento e avaliação das espécies autóctones.

O nível de exigência da aplicação desta metodologia, tanto no que respeita à investigação necessária, como ao tempo exigido para a experimentação de diversas

possibilidades de integração da informação, assim como as limitações apresentadas pela falta de equipamento cientifico, fizeram com que o cerne do estudo fosse mais aprofundado no que respeita ao volume do substrato e às disponibilidades hídricas, excluindo os restantes factores limitantes (irradiância, humidade, temperatura e influência do vento), razão pela qual não se apresenta estes componentes nesta síntese.

A abordagem metodológica seguida neste estudo baseou-se na procura de resposta para os seguintes objectivos:

- Comprovar a adaptabilidade de uma espécie ao sistema de cobertura ajardinada, através da avaliação de alguns aspectos fisiológicos e estéticos;
- Compreender a influência da espessura de substrato no desenvolvimento dos espécimes;
- Compreender o impacto de duas dotações de rega num sistema de cobertura ajardinada;
- Verificar se o sistema de cobertura ajardinada para uma determinada espécie autóctone, necessita de um sistema de rega nas condições climatéricas de determinada região de Portugal Continental.

O facto de ter sido possível recorrer a algum equipamento científico da Universidade de Évora permitiu obter alguns dados sobre: a condutância estomática; o potencial hídrico foliar; a fotossíntese líquida e a biomassa desenvolvida por tratamento. A obtenção destes dados permitiu adquirir algumas informações ao nível do desenvolvimento dos espécimes nas condições em estudo.

Como aspecto muito particular de recolha de informação há a referir o método utilizado na obtenção do valor plástico dos espécimes. Tratando-se de uma questão muito subjectiva e sensível, quanto à quantificação dos valores, procurou-se integrar normas baseadas em critérios objectivos e claros tanto quanto possível. Consideraram-se assim, como aspectos significativos, as seguintes questões que

directa ou indirectamente se encontravam ligadas à qualidade plástica dos espécimes: Forma; Textura; Cor.

Em resumo, as questões basilares deste ensaio experimental são:

- Qual a adaptabilidade da espécie em estudo, em sistemas de cobertura ajardinada em clima mediterrâneo;

- Qual a influência da disponibilidade da espessura de solo e de recursos hídricos no desenvolvimento dos exemplares em estudo.

4.2 Definição da Espécie em Estudo e Caracterização da Área de Implantação Experimental

O estudo envolveu várias tarefas que se estenderam ao longo de diversas fases, todas importantes e complementares, embora com duração diferente e investimento desigual, em termos do trabalho desenvolvido.

Numa fase anterior à experiência propriamente dita, realizou-se um trabalho, fundamental na elaboração dos critérios de selecção da espécie e dos tratamentos a testar.

Com base na informação bibliográfica disponível, e no contacto com técnicos de empresas desta área[45], avançou-se para a definição de critérios de selecção, nomeadamente:

- ***Ser uma espécie autóctone portuguesa do sul do país :*** este critério pretendeu selecionar uma planta dum género que se adequasse às características climáticas do território, permitindo gerar um estado de equilíbrio funcional e ecológico no sistema de cobertura ajardinada;
- **Ser uma espécie com elevadas referências na bibliografia consultada assim como no núcleo de produtores de coberturas ajardinadas:** esta directriz permitiu garantir a adaptabilidade funcional da espécie escolhida ao sistema de cobertura ajardinada;
- **Ser uma espécie com valor estético intrínseco:** este critério relaciona a riqueza a nível visual, olfactivo e táctil da espécie. Esta característica foi sem duvida a mais subjectiva, até porque a avaliação de tais aspectos depende fortemente das características do observador, da época do ano e da hora de observação. No entanto, julgou-se ter sentido considerar tal aspecto pois muitas vezes as coberturas ajardinadas apresentam funções de integração, e usufruição. Dentro deste critério foram ainda considerados aspectos como a textura das folhas, a forma, a cor e a época de floração;

45 Contactos realizados com as seguintes empresas: Imperalum, Intemper na pessoa de Hélder Dias, e Cristaldagua representantes portugueses da Xeroflor na pessoa João Gaspar

- **Ser uma espécie com elevada taxa de crescimento:** este critério permitiu assegurar a visualização do desenvolvimento vegetal das plantas durante a fase experimental;
- **Ser uma espécie com folhas simples de grandes dimensões:** este característica garantiu a possibilidade de adequação da espécie às especificações do equipamento científico de medição;
- **Ser uma espécie disponível no mercado viveirista Português:** este critério assegurou que o estudo era desenvolvido com uma espécie comercializada e disponível no mercado Português, de forma a garantir uma posterior utilização na elaboração dos projectos de coberturas ajardinadas.

Com base nos critérios estabelecidos anteriormente e nas informações científicas a atingir optou-se pelo espécie ***Salvia officinalis L. (salva – comum),*** por ser:

- uma espécie autóctone;
- representativa da classe subarbustiva referida na bibliografia consultada;
- uma espécie de caules lenhosos;
- uma espécie de folhagem perene, de cor glauca e de grande dimensão;
- uma espécie com floração prolongada de cor azul a lilás;
- uma espécie que apresenta elevado valor a nível aromático, medicinal e ornamental.

Numa segunda fase, a abordagem seguida foi claramente baseada no conhecimento climático e biogeográfico de Portugal, o que permitiu a selecção da área de influência da experiência.

O local escolhido para implementação da experiência foi o complexo de estufas na Herdade da Mitra, propriedade da Universidade de Évora. A instalação do ensaio experimental neste local prendeu-se com as seguintes razões:

- **Ser representativa de uma das maiores e diversificadas unidades Biogeográficas da Península Ibérica:** a região onde se insere a Herdade da Mitra situa-se de acordo com os trabalhos desenvolvidos por S. Rivas-

Martínez[46] para a Península Ibérica: no Reino Holártico, na Região Mediterrânica, na Sub-região mediterrrânia ocidental, na Super-Província Ibero-Atlântica, na Província Luso- Extremadurense, no Superdistrito Alto Alentejano;

- **Ser representativa de uma das maior unidades bioclimáticas de Portugal Continental:** de acordo com a avaliação bioclimática elaborada por Mesquita [47], a Herdade da Mitra situa-se no Macrobioclima Mediterrânico, no Termotipo Mesomediterrânico inferior, e no ombrotipo seco superior. Esta unidade caracteriza-se por uma forte influência mediterrânica, manifestada pela existência de uma estação seca (Verão) bastante marcada, concentrando-se as precipitações sobretudo nos meses de Inverno, com valores médios de 700mm. As temperaturas médias variam entre os 15º e os 16º, porém as amplitudes térmicas são significativas, tanto as diárias, como as anuais, podendo verificar-se valores acima dos 40ºC no Verão e no Inverno abaixo dos 0ºC.

4.3 – MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração deste ensaio foram utilizados 112 exemplares com condições anatómicas (forma e dimensão) e fitossanitárias idênticas, da espécie *Salvia officinalis L.*, desenvolvidos em viveiro em condições constantes de humidade e temperatura[48]. Os exemplares, obtidos em vasos com 10 cm de diâmetro foram divididos em quatro grupos, compostos por 28 unidades cada. Os exemplares foram transplantados utilizando um compasso de plantação de 150x150 mm, para quatro tabuleiros com as seguintes dimensões 1200 x 600 x 300 mm (duas unidades) e 1200 x 600 x 150 mm (duas unidades), que continham substrato de plantação, composto por 40% de terra vegetal e 60% de areia crivada e lavada. Durante o período de climatização (7 dias), todos os exemplares foram irrigados diariamente,

46 RIVAS-MARTÍNEZ et al *(1990), i*n *COSTA* et al*, sd,* Biogeografia de Portugal Continental*.*
*47 MESQUITA, S. , 2005, Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica - Modelação Bioclimática de Portugal Continental, Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico***.**
48 Exemplares adquiridos no viveiro Planta Livre-Produção e Comércio de Plantas Ornamentais Lda

mantendo-se a disponibilidade hídrica praticada em viveiro. Após este período, submeteram-se os quatro tabuleiros a dois tipos de irrigação, obtendo-se assim quatro tratamentos diferentes, representados na seguinte tabela.

Tabela 4: Distribuição dos Tabuleiros experimentais pelo tipo de tratamentos

	ESPESSURA 150 mm (SOLO 1)	ESPESSURA 300 mm (SOLO 2)
Rega **(Tratamento de irrigação 1)**	Tratamento 1	Tratamento 2
Precipitação **(Tratamento de irrigação 2)**	Tratamento 3	Tratamento 4

A definição do tratamento de irrigação 1, designado no restante trabalho por Rega, baseou-se na informação disponibilizada por técnicos da especialidade e em estudos similares na área de agronomia [49]. Desta forma, considerou-se uma rega diária com dotação de 4 mm/m^2/dia, obtendo-se assim um valor de 2,88 Lm^2/dia para a área do tabuleiro (0,72 m^2), o que originou uma dotação de 103 mL/planta/dia, ou seja:

Dotação de água diária – 4 mm/m^2/dia = 4 Lm^2/dia

49 Para um conhecimento mais alargado desta temática ver RAPOSO, José, A Rega dos Primitivos Regadios às Modernas Técnicas de Rega*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, s.d.*

Logo a água necessária por tabuleiro corresponde a,

$$At = Da \times A = 4 \times 0{,}72 = 2{,}88\ L/m^2/dia$$

em que:

At – Água correspondente a área do tabuleiro

Da – Dotação de água diária

A – área do tabuleiro

Assim a água necessária por cada planta é dada por,

$$Ap = \frac{At}{Np} = \frac{2{,}88}{28} = 0{,}103\ L/planta/dia$$

em que:

Ap – Água disponível por planta

At – Água correspondente a área do tabuleiro

Np – Número de plantas

Obteve-se assim o valor de 103 mL por planta.

A administração deste tratamento foi efectuado por planta através de seringas de irrigação de 100 mL, procurando-se desta forma obter uma irrigação similar ao sistema de gota a gota.

A definição do tratamento de irrigação 2, designado no restante trabalho por Precipitação, assentou na recolha e tratamento de dados de precipitação. Numa

primeira fase recolheram-se os dados mais actuais (período de tempo entre 1980 a 1999) de precipitação disponibilizados no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, das estações meteorológicas mais próximas da área de implantação do estudo, nomeadamente a estação das Alcáçovas (23I/01C), da Barragem do Divor (21J/03C), Santiago do Escoural (22H/02UG) (ver planta de distribuição geográfica em anexo 2). Após a recolha de dados (ver anexo 3), realizaram-se estatísticas descritivas dos valores obtidos, nomeadamente médias, desvios padrão e coeficiente de dispersão, o que permitiu seleccionar o mês de Abril como sendo o mais representativo da estação charneira: a Primavera. Com a aplicação do coeficiente de dispersão, verificou-se que para o período compreendido entre 1980 e 1999, os dados recolhidos são estatisticamente representativos, como de seguida se demonstra:

$$CD = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\%$$

em que:

CD – Coeficiente de dispersão

s – Desvio padrão

$\bar{X}$ - Média

Tabela 5: Tabela Valores Mensais com a aplicação do Coeficiente de Dispersão

	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
Média	37,79	60,20	53,49	17,06
Desvio Padrão	31,77	29,68	39,91	26,47
Coeficiente de Dispersão	84,07%	49,30%	74,60%	155,16%

Após o cálculo do coeficiente de dispersão do mês de Abril, conclui-se que a média é representativa da amostra uma vez que 49,30% < 50%.

Numa segunda fase analisaram-se e trataram-se os dados referentes à precipitação do mês de Abril entre o período de 1980 e 1999, obtendo o valor médio 4810 mL/mês para uma área de 0,72 m^2, distribuído por 9 dias, ou seja:

Precipitação média mensal = 60,20 mm/m^2/mês = 60,20 L/m^2/mês

Distribui-se o valor mensal pelo número médio de dias com ocorrência de precipitação,

$$Pd = \frac{Pm}{Nd} = \frac{60{,}20}{9} = 6{,}69\ L/m^2/dia$$

em que:

Pd – Precipitação diária

Pm – Precipitação média mensal

Nd – Número de dias com ocorrência de precipitação

Estimou-se o valor de água correspondente a área do tabuleiro,

$$At = Pd \times A = 6{,}69 \times 0{,}72 = 4{,}8\ L/m^2/dia$$

em que:

At – Água correspondente a área do tabuleiro

Pd – Precipitação diária

A – área do tabuleiro

Obteve-se assim o valor de 4810 mL por tabuleiro, o que equivale a 171 mL/planta.

A administração deste tratamento foi efectuado através de um regador com intervalos temporais de 3 dias, visando-se obter uma irrigação similar à distribuição da precipitação.

Os tratamentos foram administrados durante um período de 62 dias consecutivos, nomeadamente no intervalo de tempo entre 6 de Junho a 8 de Agosto de 2010, na totalidade das plantas. As avaliações dos efeitos dos tratamentos foram realizadas com uma cadência de 14 dias de intervalo, sendo que a última avaliação correspondeu a um período mais alargado de 21 dias, de forma a possibilitar a análise de uma maior amplitude diferencial dos dados. As medições foram

realizadas nas 10 plantas mais centrais de cada tabuleiro, procurando assim evitar o efeito de margem produzido pelo recipiente de suporte, e analisar os exemplares mais homogéneos da amostra.

Para a determinação da condutância estomática das plantas, seleccionaram-se folhas completamente desenvolvidas, isentas de ataque de pragas, sintomas de doenças ou deficiências nutricionais. As avaliações foram feitas em três horários (9:00; 12:00 e 15:00h), utilizando-se um porómetro do tipo Modelo DeltaT (AP4).

A avaliação da condutância estomática foi acompanhada também pela determinação da fotossíntese líquida e dos níveis de transpiração, através de um analisador de gás infravermelho (IRGA), modelo Lci Portable Photosynthesis System da ADC bioscientific Ltd UK.

Após os 61 dias de aplicação dos tratamentos realizou-se a avaliação do potencial hídrico e determinação da biomassa. Para a determinação do potencial hídrico procedeu-se à separação de algum material vegetal da planta, utilizado na medição através do método da câmara de pressão. A determinação desta variável foi efectuada num período entre as 11:30h e o 12:30h, através da câmara de pressão de Scholander (PMS, Instrument Co, Corvallis, Oregon, USA) sendo o gás de pressurização o azoto .

O procedimento utilizado na determinação da biomassa iniciou-se com a medição da altura da planta, comprimento entre o colo e o ápice caulinar do exemplar. Após esta tarefa, procedeu-se à separação das diferentes partes da planta (raíz, caules e folhas) e respectivo acondicionamento em saquetas de alumínio previamente

elaboradas, identificadas e pesadas numa balança de precisão. É de salientar ainda a fase de desenvasamento das plantas e a separação meticulosa do solo da raízes através de processos de limpeza manual com pincéis e lavagem com água abundante. Antes do processo de secagem do material vegetal, realizou-se a digitalização separada por planta de todas as folhas, de forma a garantir a informação necessária ao cálculo da área foliar. A secagem do material vegetal realizou-se durante um período de 7dias consecutivos numa estufa ventilada com temperatura constante de 80ºC. Após este período, retiraram-se as saquetas e procedeu-se à pesagem dos elementos numa balança de precisão, calculando assim o peso seco de todos os constituintes das plantas.

Para o cálculo da área foliar recorreu-se ao programa "imageJ", onde se trabalhou e recolheu a área foliar de cada planta a partir da digitalização feita anteriormente.

Em anexo (ver anexo 4), compilaram-se os protocolos de procedimentos, para uma análise mais detalhada dos métodos laboratoriais aplicados.

Para o tratamento de dados de biomassa e de potencial hídrico recorreu-se a uma análise de variância bifactorial, complementada com o teste Tuckey, permitindo a obtenção do MSD (Minimum Significant Difference), que permitiu avaliar a significância das diferenças entre tratamentos.

Para os dados de condutância estomática, fotossíntese líquida e transpiração procedeu-se ao tratamento estatístico por análise de regressão sequencial ascendente pelo método dos mínimos quadrados usando Statgraphics Plus for Windows, ver. 4.0, Manugistics, Inc., Rockville, 1999[50].

50 Realizada pelo Prof. Luís Dias a quem muito se agradece este trabalho.

A média das alturas das plantas dos tratamentos 1 e 2 é superior à media das alturas das plantas que se desenvolveram sob os tratamentos 3 e 4, como podemos verificar, analisando o gráfico 2. Verifica-se ainda que o valor mais elevado foi obtido no tratamento 1, e o valor mais baixo, no tratamento 4. É de salientar ainda, que:

- o tratamento 1 apresenta alturas médias significativamente superiores às apresentadas pelos tratamentos 3 e 4, mas não apresenta alteração significativa em relação ao tratamento 2;
- o tratamento 2 apresenta altura média superior à apresentada pelos tratamentos 3 e 4, sendo a sua diferença significativa apenas em relação ao último tratamento;

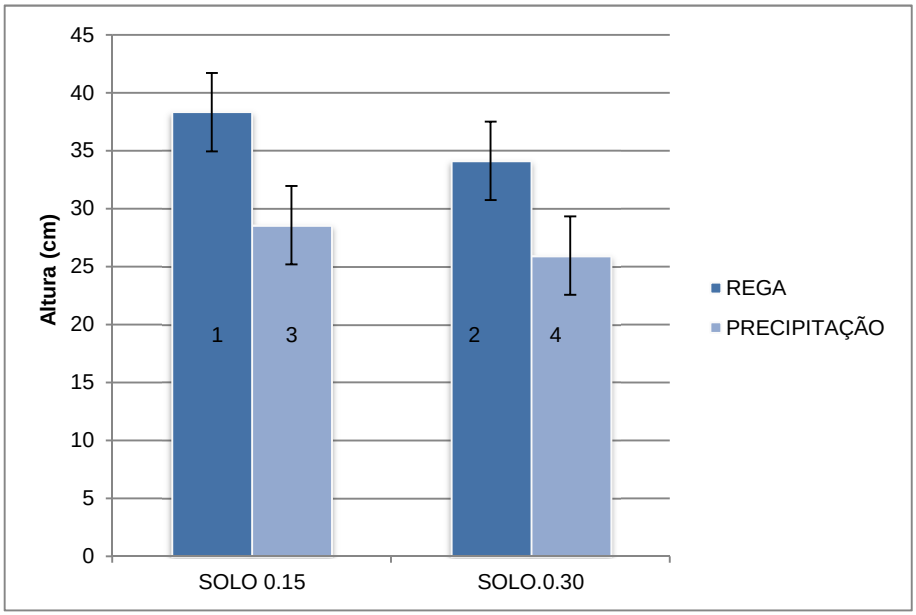


Gráfico 2: *Média de alturas (cm) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS (p<0.05).*

De acordo com o gráfico 3, é possivel verificar que o tratamento 1 apresenta um valor médio de peso seco total superior aos obtidos nos restantes tratamentos, apesar da sua diferença não ser significativa com os tratamentos 2 e 4. Pode ver-se também neste gráfico, que apesar do pequena diferença apresentada entre os tratamentos as plantas sujeitas ao tratamento hídrico “precipitação” apresentam valores claramente mais baixos que as sujeitos ao tratamento “rega”.

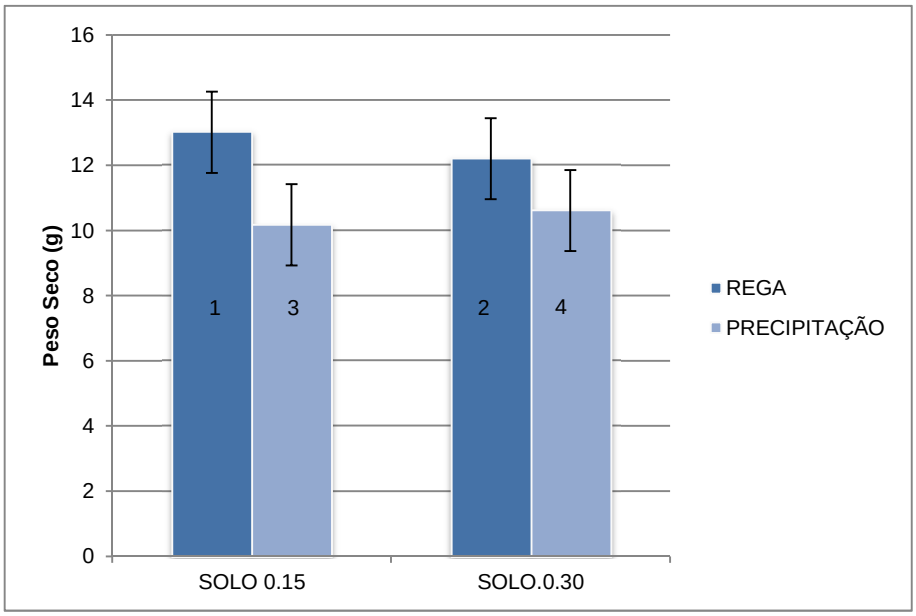


Gráfico 3: *Média do peso Seco Total (g) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS (p<0.05).*

Em relação à média do peso seco do sistema foliar, pode-se verificar que as plantas sujeitas ao tratamento 2, apresentam um maior valor do que as submetidas aos restantes tratamentos, ainda que a diferença não seja significativa. Globalmente, as

plantas sujeitas a maior volume de solo (tratamentos 2 e 3) aparentam ter maior área foliar.

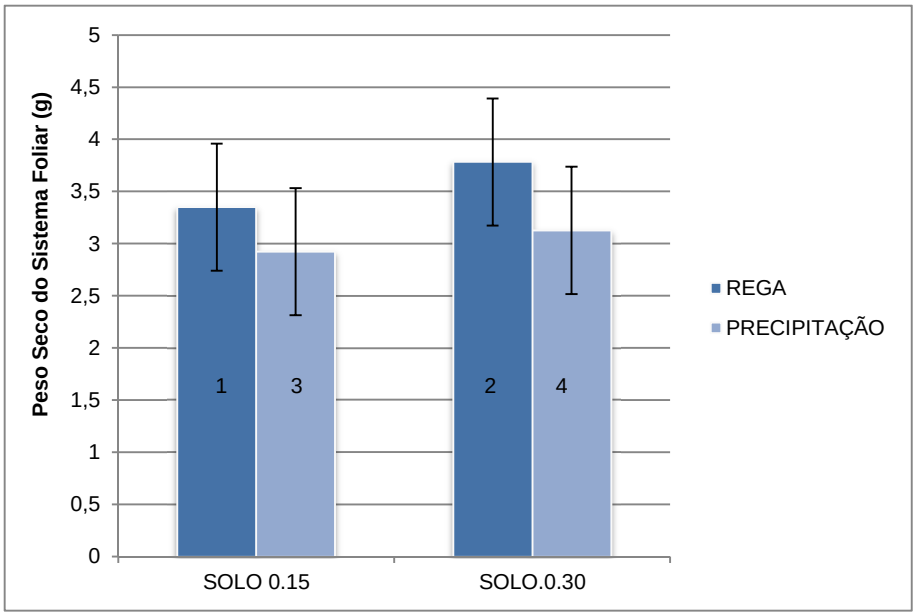


Gráfico 4: *Média do peso Seco do Sistema Foliar (g) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS (p<0.05).*

O desenvolvimento dos caules, expresso pelo seu peso seco, apresenta grandes variações entre os tratamentos (gráfico nº 5). Poderemos observar, uma variação considerável entre os tratamentos 1 e 2 submetidos a uma rega diária e os tratamentos 3 e 4 sujeitos a uma irrigação similar a percipitação. É de salientar ainda que:

- o tratamento 1 apresenta o maior valor médio do peso seco do sistema caulinar, apresentando valores significativamente superiores aos tratamentos 3 e 4. O tratamento 3 apresenta os valores mais baixos.

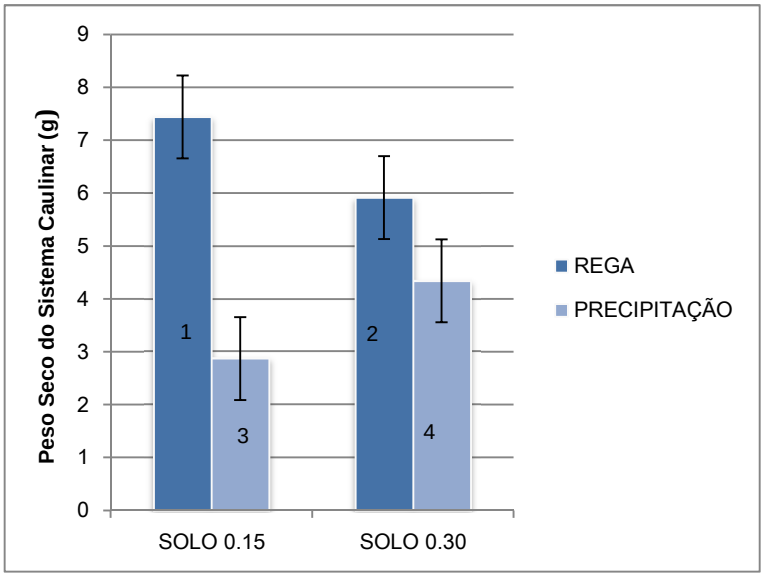


Gráfico 5: *Média do peso Seco do Sistema Caulinar (g) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS (p<0.05).*

De acordo com o gráfico 6, o sistema radicular apresenta valores mais elevados para o tratamento 1, sendo as diferenças significativas em relação aos tratamentos 2 e 4 (maior volume de solo), mas não em relação ao tratamento 3 ("rega"+0,15 solo).

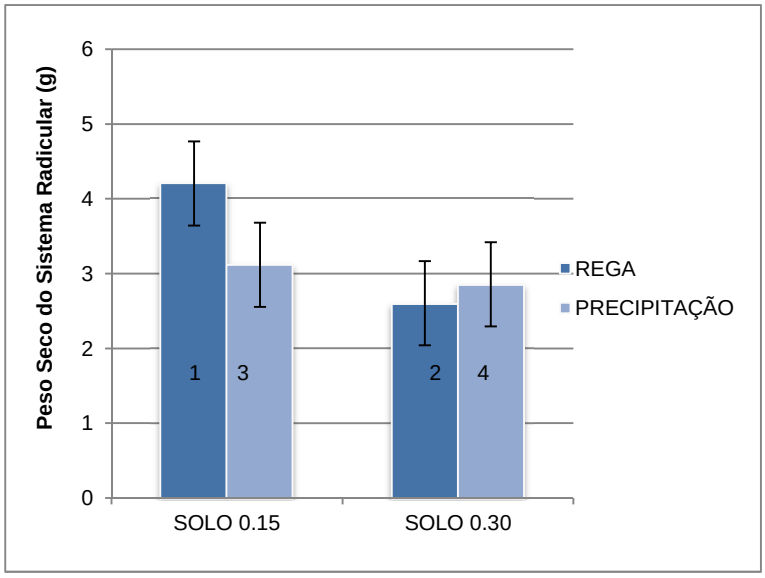


Gráfico 6: *Média do peso Seco do Sistema Radicular (g) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS (p<0.05).*

Após analise dos resultados da área foliar, representados no gráfico 7, verifica-se que as plantas sujeitas ao tratamento "rega" apresentam áreas foliares significativamente maiores que as sujeitas ao tratamento "precipitação". Em ambos os casos o volume de solo não alterou significativamente a área foliar.

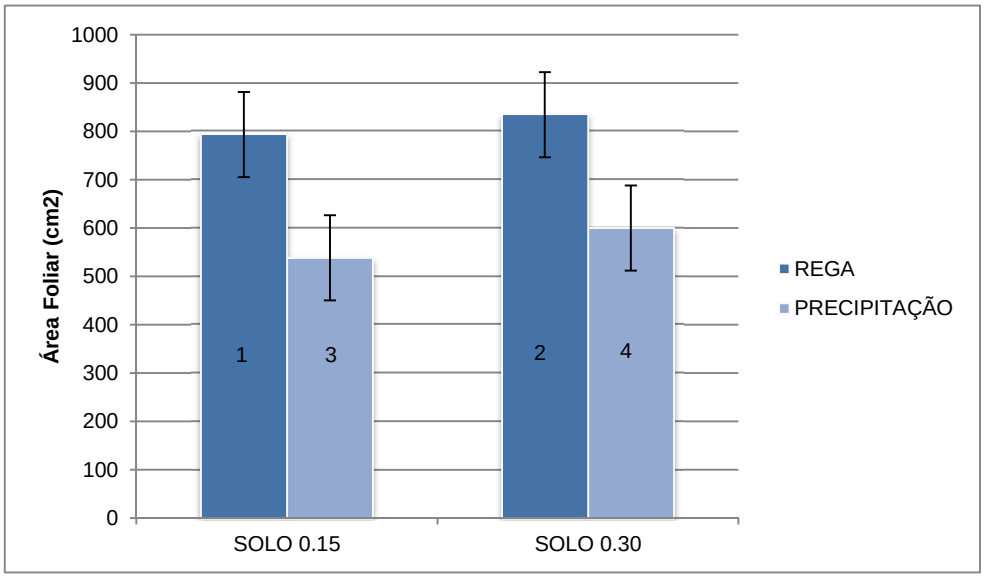


Gráfico 7: *Média da Área Foliar (cm^2) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS ($p<0.05$).*

A média da razão, entre o peso seco da parte aérea e das raizes (AA / Psr), (gráfico nº 8) não apresenta diferenças significativas entre os tratamentos, o que mostra que nem as dieferentes dotações de água, nem o volume de solo, influenciaram a forma como a biomassa formada foi distribuída nas plantas.

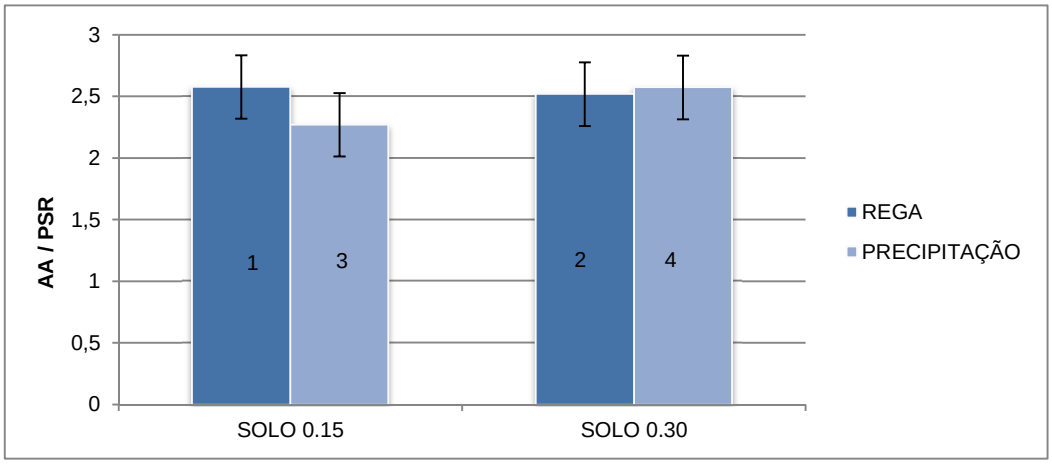


Gráfico 8: *Média da razão entre o peso seco da parte aérea e das raízes (AA/ Psr) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS (p<0.05).*

Do mesmo modo a área específica das plantas – Specific Leaf Area (SLA=área/peso seco das folhas) não variou de forma significativa com os tratamentos (gráfico nº 9).

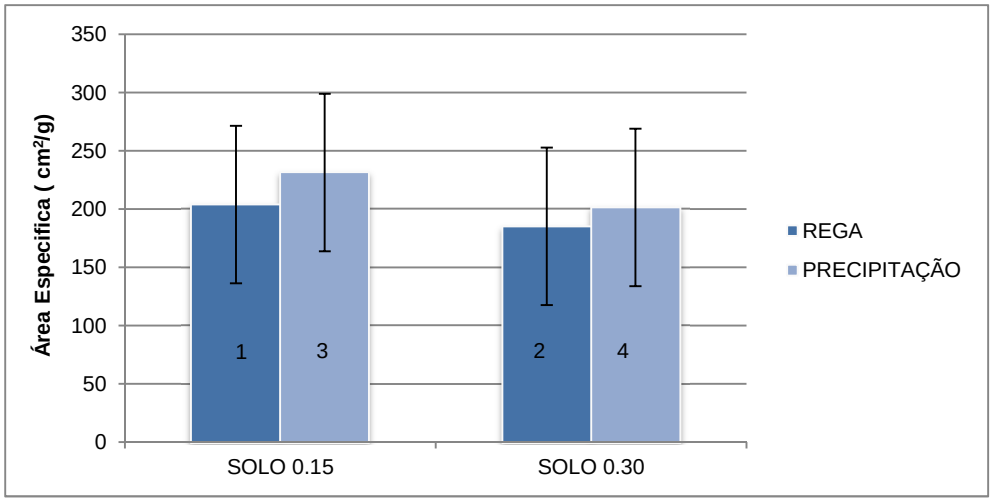


Gráfico 9: *Média da área especifica das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS (p<0.05).*

De novo, não houve diferenças significativas entre tratamentos no respeitante à razão entre o peso seco das folhas e o peso total das plantas – Leaf Weight Ratio (LWR), o que mostra mais uma vez que os vários tratamentos não influenciaram a distribuição da biomassa no corpo das plantas.

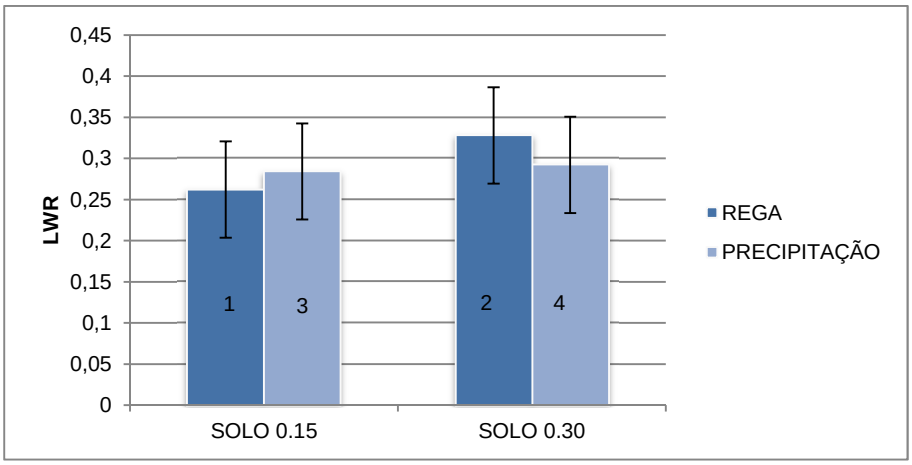


Gráfico 10: *Média da razão entre o peso seco do sistema foliar e do peso seco total(LWR) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS (p<0.05).*

Pode-se constatar em relação aos dados recolhidos do potencial hídrico (gráfico n.º 11), que apesar das variações não serem significativas, os tratamentos irrigados com dotações semelhantes às da precipitação apresentam valores médios mais negativos que os tratamentos sujeitos a rega diária.

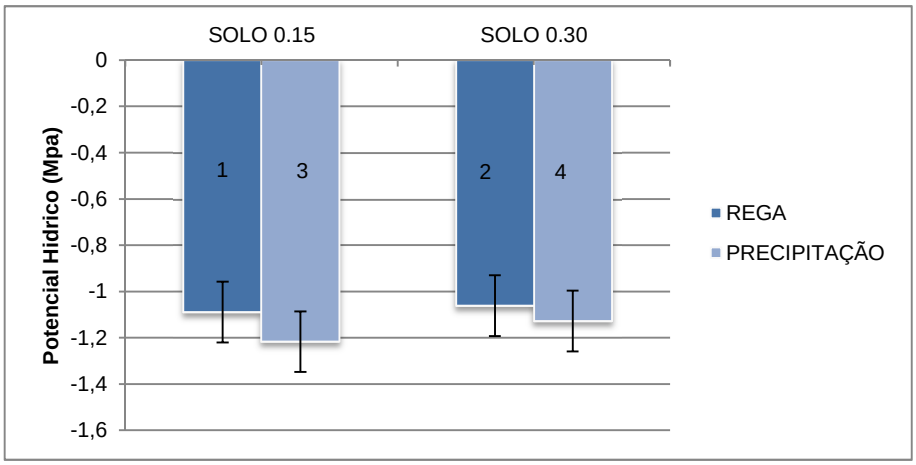


Gráfico 11: *Média do potencial hídrico (Mpa) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS ($p<0.05$).*

Os valores médios da condutância estomática, repesentados pelo gráfico 12, não apresentam padrões funcionais relacionáveis com as variáveis em estudo. As alterações, pouco previsíveis, são possivelmente devidas aos efeitos causados por outros factores que não foram controlados durante a experiência, como a irradiância, ou a temperatura. Os dados obtidos no tempo T1 foram liminarmente rejeitados por poderem ter sido influenciados pela aplicação de insecticida contra uma ligeira infestação por lagartas.

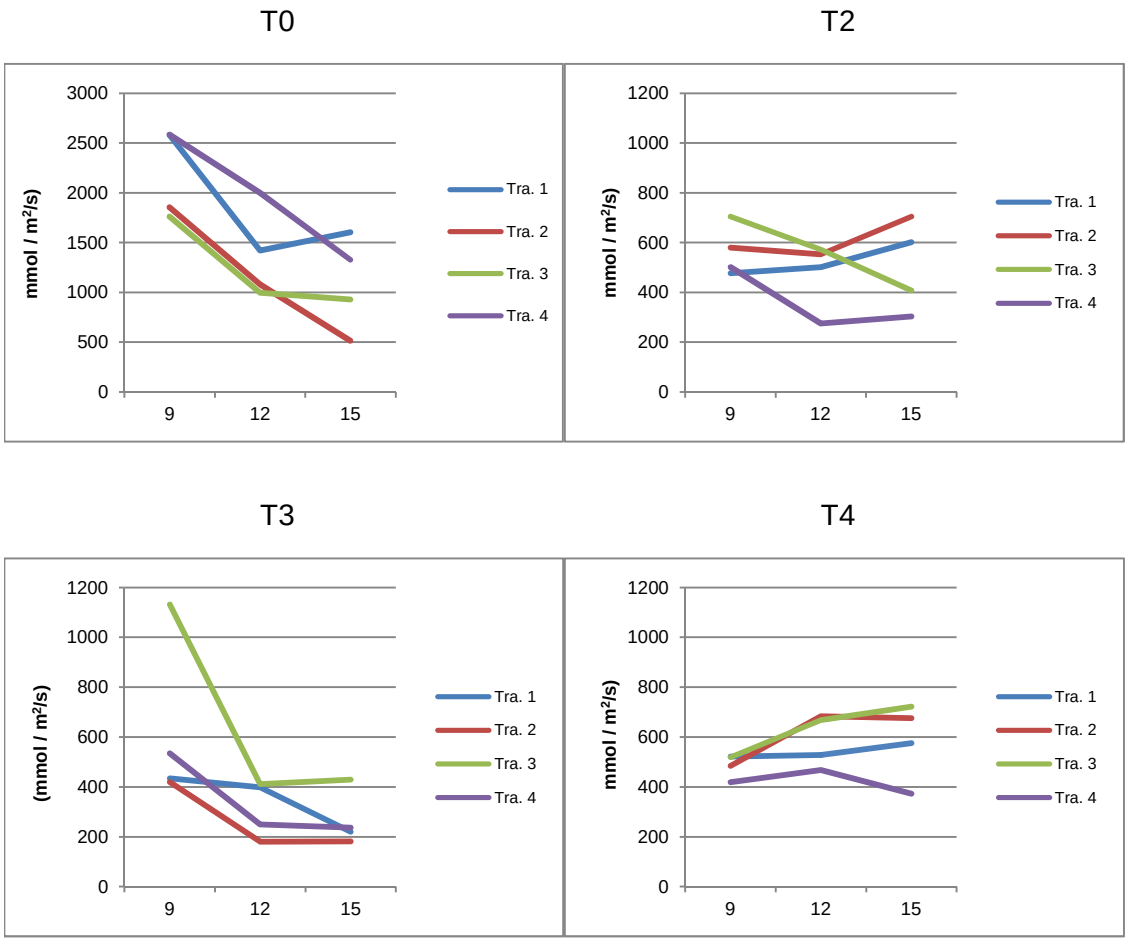


Gráfico 12: *Média da condutância estomática (mmol / m^2) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS (p<0.05).*

De novo a média da fotossíntese líquida obtida durante o período experimental, não demonstra a existência de padrões funcionais relacionáveis com as variáveis em estudo. As alterações, pouco previsíveis, são possivelmente devidas aos efeitos causados por outros factores que não foram controlados durante a experiência, como a irradiância, ou a temperatura. Os dados obtidos no tempo T1 foram liminarmente rejeitados por poderem ter sido influenciados pela aplicação de insecticida contra uma ligeira infestação por lagartas.

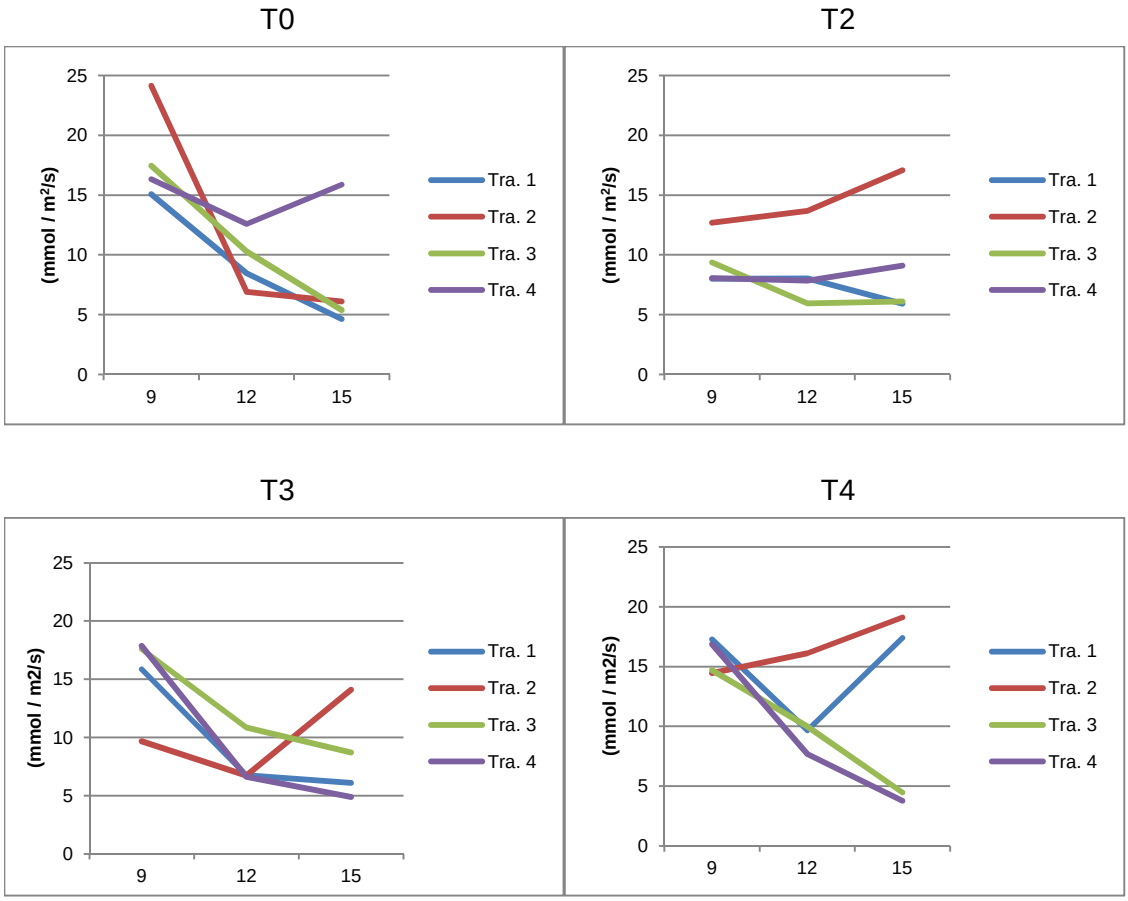


Gráfico 13: *Média da fotossíntese liquida (mmol / m^2 /s) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento aa (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS (p<0.05).*

Tal como para a condutância estomática e para a fotossíntese líquida, os dados obtidos para a transpiração não são fiáveis, pois não representam padrões funcionais relacionáveis com as variáveis em estudo. Como anteriormente, as alterações, pouco previsíveis, são possivelmente devidas aos efeitos causados por outros factores que não foram controlados durante a experiência, como a irradiância, ou a temperatura. Os dados obtidos no tempo T1 foram liminarmente rejeitados por poderem ter sido influenciados pela aplicação de insecticida contra uma ligeira infestação por lagartas.

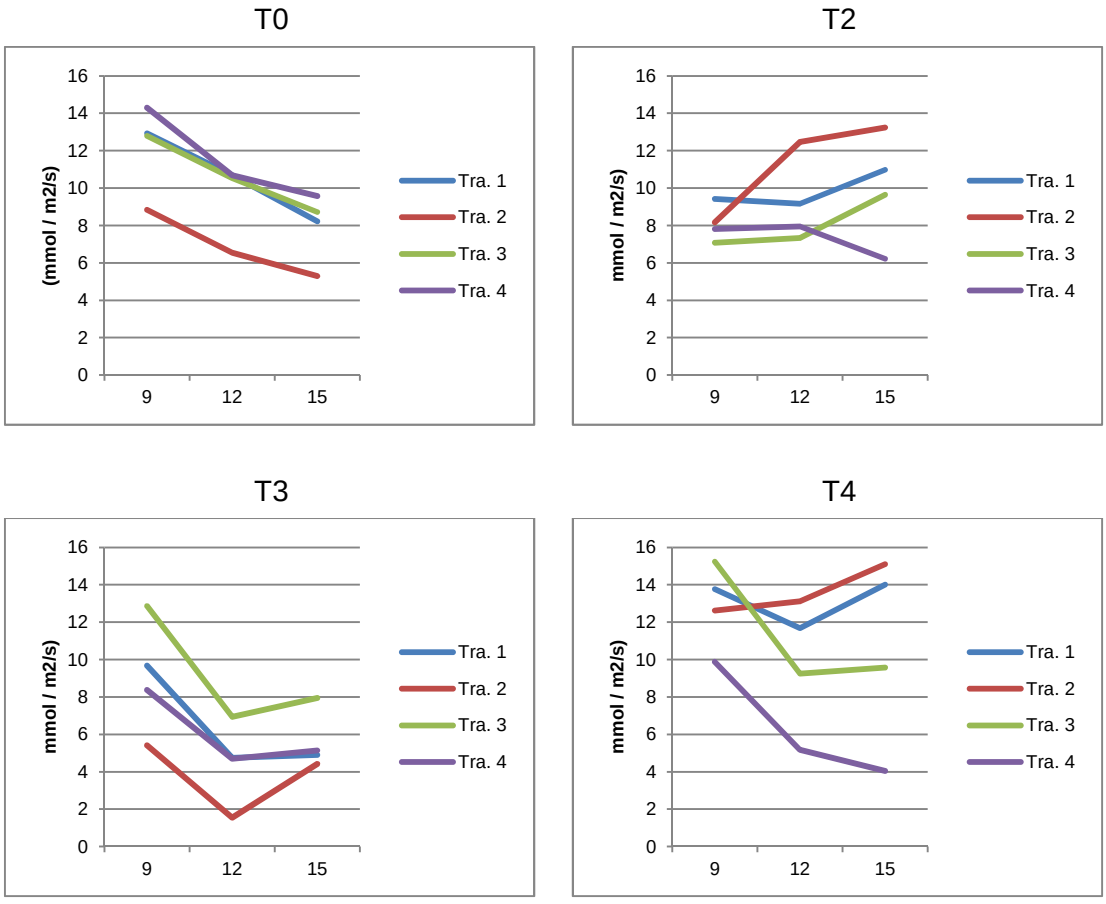


Gráfico 14: *Média da transpiração (mmol / m^2 /s) das plantas de Salvia officinalis L. sujeitas aos quatro tipos de tratamentos: Tratamento 1 (Rega + Solo 0.15), Tratamento 2 (Rega + Solo 0.30), Tratamento 3 (Precipitação + Solo 0.15) e Tratamento 4 (Precipitação + Solo 0.30). Os traços verticais indicam os limites superior e inferior para o MDS (p<0.05).*

Relativamente à qualidade estética do material vegetal, pode-se observar que:

- No tratamento 1, os exemplares apresentavam uma forma esguia, caracterizada por caules de grandes dimensões, pouco revestidos com folhas. As plantas sujeitas a este tratamento desenvolveram poucas folhas, que apresentavam grandes dimensões, cores escuras e textura larga. Este tratamento originou exemplares com baixa qualidade estética.

- Os exemplares utilizados no tratamento 2, ao longo da experiência apresentaram um desenvolvimento proporcional entre o sistema caulinar e foliar, que lhe proporcionaram uma forma equilibrada. O sistema foliar desenvolveu um grande número de folhas com textura média e tons glaucos. Este tratamento proporcionou a melhor qualidade estética das plantas em estudo, visto aproximar-se significativamente do desenvolvimento óptimo da planta em meio natural.

- No tratamento 3, as plantas desenvolveram caules de pequena dimensão e um sistema foliar pequeno, irregular e com tons escuros e/ou amarelados, com textura larga. Apresentando por isso, a menor qualidade estética entre os tratamentos estudados.

- As plantas sujeitas ao tratamento 4, apresentaram um desenvolvimento volumétrico baixo, caracterizado por pequenos caules e folhas. O sistema foliar apresentava tons escuros e textura média. Este tratamento obteve uma qualidade estética mediana das plantas submetidas aos tratamentos

Depois de uma análise quantitativa dos valores atrás apresentados, pode-se-á referir que os valores obtidos nos diferentes tratamentos não são significativamente diferentes entre si ao longo de todos os parâmetros analisados, ao contrário do que seria de esperar.

Desta forma não se poderá concluir qual a influência directa que estas variaveis terão na espécie em estudo quando esta for aplicada em coberturas intensivas simples ou complexas. Estes resultados podem ser fruto de influências de factores não quantificados como a intensidade da luz ao longo de toda a experiência, o controlo da temperatura, ou ainda pela distribuição do tratamento de irrigação denominado de precipitação. É de referir, que apesar dos resultados obtidos não serem claros, relativamente às implicações directas no desenvolvimento desta espécie, nestas condições, permitiram verificar que a espécie analisada apresenta uma boa adaptabilidade aos sistemas de cobertura ajardinada, não necessitando de muitos cuidados ao nível hídrico.

Neste estudo foi recolhida, analisada, adaptada e produzida uma grande quantidade de informação com o objectivo de compreender o sistema de jardins de cobertura assim como o seu papel no desenvolvimento da cidade. Lamentavelmente, não foi possível, no tempo disponível, ir tão longe quanto se desejava. Por outro lado, no decorrer do processo de recolha de informação, de análise e discussão, desenvolveu-se uma experiência que poderá conduzir a outras linhas de investigação e orientação para aprofundar o tema agora apresentado. Por estas razões, este estudo deve ser encarado com uma primeira aproximação ao desenvolvimento desta temática e que se espera vir a ser útil como ponto de partida para trabalhos futuros.

A abordagem geral do estudo, baseada na combinação de informação temática, assim como no conhecimento dos técnicos da área, deverá ser entendida como um processo dinâmico de aquisição de conhecimentos. Este aspecto permitiu interiorizar diferentes parâmetros considerados no sistema de jardins de cobertura em diferentes situações mais detalhas ou mais ou menos complexas. No caso concreto de Portugal Continental, verificou-se alguma incompatibilidade deste sistema com as condições climáticas, devido à demarcação bem definida do período estival, sendo necessário garantir *inputs* hídricos na manutenção do sistema. Optou-se, neste estudo, pela realização de um ensaio experimental, que pretendeu comprovar a possibilidade de utilização da vegetação autóctone neste tipo de solução, garantindo assim uma melhor adaptação ecológica da cobertura ajardinada ao clima mediterrâneo. A abordagem metodológica seguida neste ensaio foi testada pela primeira vez neste estudo, apresentando-se assim com uma análise notoriamente diferente da que se desenvolveu até ao momento, nomeadamente

devido à centralização da problemática na vegetação e não no sistema construtivo propriamente dito.

Ao nível do ensaio agora apresentado é de salientar a sugestão de algumas melhorias na metodologia experimental, nomeadamente ao nível da definição das dotações referentes à simulação da precipitação.

No entendimento actual das variantes, e após verificação dos resultados obtidos no ensaio, sugere-se que em eventuais procedimentos experimentais deste tipo se proceda à implantação da experiência durante a estação do ano onde se pretende testar as alterações. Este aspecto não foi possível de implementar no actual trabalho devido ao curto e desfasado período temporal disponível para o seu desenvolvimento académico.

A implementação do ensaio na estação do ano onde se pretende testar a sua viabilidade, permitirá introduzir as variantes “Temperatura” e “Insolação” sem o auxilio de equipamento especializado. Outro aspecto que poderá ser adicionado, é a reprodução exacta das oscilações temporais e das disponibilidades hídricas, através da reprodução dos valores recolhidos durante o período de desenvolvimento experimental. Sugere-se assim, que em futuros ensaios se considere a contabilização do número de dias de ocorrência e a recolha e medição da precipitação, de forma a replicá-los no ensaio com um período de dias de intervalo, evitando a criação de uma cadência de irrigação. Será pertinente desenvolver estes estudo em anos consecutivos por forma a evitar a especialização do estudo apenas às condições climatéricas de um único ano. É também importante, aplicar este tipo de protocolo experimental em outras estações do ano, possibilitando assim analisar o comportamento da espécie em estudo relativamente às alterações fenológicas e climatéricas, que ocorrem durante o ano.

O estudo mais pormenorizado da espécie *Salvia officinalis* L. (salvia-comum) permitiu, para além da análise das dotações hídricas necessárias à boa manutenção das plantas no sistema de cobertura ajardinada para sub-arbustos similares a esta espécie, um conhecimento mais detalhado das variantes que influeciam o desenvolvimento dos exemplares.

Como já se referiu, reconhece-se que a metodologia de implantação e os factores climáticos têm que ser combinados como uma compreensão do local onde se inserem, assim, a aplicação dos jardins de cobertura não deverá ser fruto apenas de motivações estéticas. A compreensão destes sistemas como um complemento das estruturas secundárias ecológicas é fundamental, devido aos seus inúmeros benefícios na regulação dos fluxos do meio e na requalificação das áreas urbanas já consolidadas. Desta forma, a aplicação deste tipo de solução pressupõe uma atitude racionalista com vista à exploração dos recursos energéticos e espaciais, baseada num processo de gestão e planeamento.

É fundamental interiorizar que os sistemas de jardins de cobertura, apesar de serem ecologicamente úteis, são ecossistemas primários e limitados que ocorrem sobre uma estrutura edificada, e que por isso, nunca poderão substituir totalmente os espaços "verdes". Assim, nunca deverão ser aceites propostas de desenvolvimento urbano que não tenham como base uma estrutura verde contínua, utilizando como justificação a possibilidade destas suportarem sistemas reguladores como os jardins de cobertura em detrimento áreas verdes.

O estudo desenvolvido permitiu também confirmar e, de certa forma, sistematizar os principais problemas e desvantagens das coberturas ajardinadas, o que poderá ser considerado nas decisões que venham a ser tomadas em aplicações futuras.

Mais uma vez se refere que este estudo se encontra longe de esgotar esta temática, devendo antes ser considerado como um ponto de partida para trabalhos que aprofundem o conhecimento e compreensão da complexidade deste sistema.

ARAÚJO, I., 1961, *Problemas da Paisagem Urbana. Lisboa : Direcção Geral dos Serviços de Urbanização*, Lisboa.

CARAPINHA, A., 1995, Da Essência do Jardim Português, Dissertação para a obtenção do grau de doutor, Universidade de Évora, Évora.

CABRAL, F., 1993, *Fundamentos da Arquitectura Paisagista. Lisboa : Instituto da Conservação da Natureza*, Lisboa.

CALDEIRA, C., *Lição proferida no Instituto Superior de Agronomia em 1943*.

COSTA, L., s.d, *Coberturas ajardinadas – contributos para um urbanismo mais sustentável* , s.l..

CORREA, C. & GONZÁLEZ, F. , 2002, *O uso de coberturas ecológicas na restauração de coberturas planas*, *in* Núcleo de Pesquisa em Tecnologia de Arquitectura e Urbanismo-NUTAU, Anais, São Paulo: Pró-reitoria de Pesquisa, Universidade de São Paulo.

DOUGLAS, I., Maio 2004, *Urban greenspace and mental health*, Prepared for the UK MAB.

DUNNETT, N. & KINGSBURY, N., 2004, *Planting green roofs and living walls*, Timber Press.

GONÇALVES, D. , 2006, *Telhados verdes [Texto policopiado] : Vantagens, uso*, composição aplicação em diversas tipologias de edificado*, Trabalho de Final de Curso em Arquitectura Paisagista, Universidade de Évora, Évora.*

GRANT, G. et al, 2003, *Green Roofs: their existing status and potential for conserving biodiversity in urban áreas*, Report Number 498, *in English Nature Research Reports.*

KOLB, W. & SCHWART, T., 1999, *Dachegrünung – Intensiv und extensiv*, Ulmer, Stuttgart.

LARCHER, W., 1986, *Ecofisiologia Vegetal*, Edição Pedagógica e Universitária Ltda, São Paulo.

LARCHER, W. , 1995, *Physiological Plant Ecology*, 3º Edição, Springer.

LE CORBUSIER, Théorie du toit-jardin, *in L´Architecture Vivante*, s.l., Autumn-Winter, 1927.

LOPES, J. ,2007, As Especificidades das Coberturas Ajardinadas, Comunicação apresentada ao "2º Congresso Nacional da Construção – Construção 2004", realizado no Porto, Dezembro 2004, LNEK , Lisboa.

LUZ, H. , Dez. 2001, The principle of dominant species, *in Topos* – European Landscape Magazine, n.º 37

MAGALHÃES, M., 2001, *A Arquitectura Paisagista : Morfologia e Complexidade*, Editorial Estampa, Lisboa.

MAGALHÃES, M, et al, 1992, *Espaços verdes urbanos*, Direcção Geral do Ordenamento do Território, Lisboa.

MARTINEZ, A. , 2005, *Habitar la cubierta,* Editora Gustavo Gilli, Barcelona.

OLIVER, P. , 1997, *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*, s.l., Oxford Brooke University.

OSMUNDSON, T. , 1999, *Roof Gardens. History, Design and Construction*, W.W. Norton & Company Inc, New York.

RAPOSO, J. , s.d, *A Rega dos Primitivos Regadios às Modernas Técnicas de Rega*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

RAVÉRAU, A. , 2003, *Le M´Zab, une leçon d´architecture*, Sidbbad, ActesSud, Paris.

RIBEIRO, A. , 2008, *Concepção de edifícios energeticamente eficientes com incorporaçãoo de energias renováveis*, Dissertação da Univerisidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

SNODGRASS, E. et al, 2009, *Green Roof Plants – A resource an Planting Guide*, Timber Press,Inc. , Londres.

TAIZ, L. E ZEIGER, E. , 2010, *Plant Physiology*, Sinauer Associates Inc, Massachusetts.

TELLES, R. , 1997, *Plano verde de Lisboa : componente do Plano Director Municipal de Lisboa*, Edições Colibri, Lisboa.

WEILER, SUSAN et al, 2009, *Green Roof Systems – A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes over Structure*, John Wiley & Sons, Inc. , New Jersey.

WERTHMANN, C. , 2007, *Green Roof – A Case Study*, Princeton Architectural Press, Nova York.

ZIMMERMANN, A. , 2009 , *Constructin Landscape – Materials, Techniques, Structural Components*, Birkhauser, Berlim.

DICIONÁRIOS E ENCICLOPÉDIAS

Dicionário de Sinónimos, Porto Editora, 2ª Edição, Porto

Enciclopedia Luso-Brasileira de Cultura, 1963, Editorial Verbo, Lisboa.

Páginas de Internet Consultadas

http://www.aripa.pt

http://www.centrodasartes.com/Default.aspx

http://www.infopedia.pt/

http://www.igra-world.com

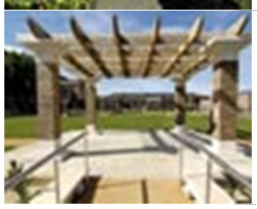
http://www.google.com/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e6/Rockefeller_Center_Rooftop_Gardens_2_by_David_Shankbone.JPG

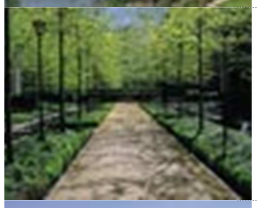
http://rpbw.r.ui-pro.com

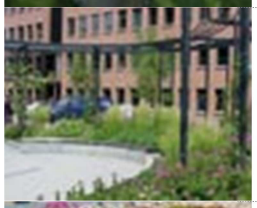
http://snirh.pt/

http://www.thehighline.org

Tabela 6: Listagem de alguns Projectos de Coberturas Ajardinadas (Fonte: http://www.igra-world.com)

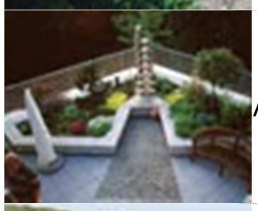
	País	Tipo de Edifício	Tipo de Cobertura Ajardinada	Dimensão (m^2)	Ano da Construção
	Estados Unidos da América	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Intensiva	500	1999
	Estados Unidos da América	Centro de Conferencia	Cobertura Ajardinada Intensiva	7000	2000
	Reino Unido	Centro Comercial	Cobertura Ajardinada Extensiva	400	2005
	Reino Unido	Restaurante	Cobertura Ajardinada Extensiva	1000	2003
	Reino Unido	Parque Público	Cobertura Ajardinada Intensiva	22000	2001
	Reino Unido	Escola	Cobertura Ajardinada Intensiva	350	2005
	Reino Unido	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Intensiva	1000	2005

	Turquia	Hospital	Cobertura Ajardinada Intensiva	1000	2004
	Suíça	Aeroporto	Cobertura Ajardinada Extensiva	8000	2001
	Suíça	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Extensiva	500	2002
	Espanha	Parque Municipal	Cobertura Ajardinada Intensiva	600	1992
	Espanha	Unidade de Reciclagem	Cobertura Ajardinada Extensiva	6300	1999
	Espanha	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	100000	2003
	Singapura	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Extensiva	650	2003
	Singapura	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	1300	2005
	Polónia	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	6400	1999

	Polónia	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	1400	2000
	Holanda	Parque Municipal	Cobertura Ajardinada Intensiva	5700	2001
	Holanda	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Intensiva	620	2004
	Holanda	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	550	2005
	Holanda	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	5000	2001
	Holanda	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Extensiva	12	2003
	Holanda	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Intensiva	2000	2004
	Holanda	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Intensiva	9000	2003
	Holanda	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Intensiva	1000	2003

	Holanda	Hospital	Cobertura Ajardinada Intensiva	300	2005
	Holanda	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Extensiva	750	2003
	Holanda	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Extensiva	300	2005
	Holanda	Parque Municipal	Cobertura Ajardinada Intensiva	5000	2000
	Holanda	Universidade	Cobertura Ajardinada Extensiva	1500	1997
	Japão	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	400	1996
	Japão	Edifício de Exposições	Cobertura Ajardinada Intensiva	4500	2001
	Itália	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	20000	1999
	Alemanha	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Intensiva	1200	2005

	Alemanha	Hospital	Cobertura Ajardinada Intensiva	710	1989
	Alemanha	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Extensiva	600	1998
	Alemanha	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	400	1992
	Alemanha	Casa Mortuária	Cobertura Ajardinada Extensiva	500	1977
	Alemanha	Parque Municipal	Cobertura Ajardinada Intensiva	8000	2002
	Alemanha	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	1300	1991
	Alemanha	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Intensiva	1000	2001
	Alemanha	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	5000	2001
	Alemanha	Escola de Música	Cobertura Ajardinada Extensiva	260	2002

	Alemanha	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	8700	2001
	Alemanha	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	120	1991
	Alemanha	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Intensiva	60	2002
	Alemanha	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Extensiva	250	2001
	Alemanha	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	1200	1993
	Alemanha	Escola de Música	Cobertura Ajardinada Extensiva	1400	2002
	Alemanha	Edifício Residencial	Cobertura Ajardinada Extensiva	100	1998
	Dinamarca	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Extensiva	1600	2003
	Dinamarca	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Extensiva	1200	2003

	República Checa	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	7500	1999
	China	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	100	2002
	China	Jardim Botânico	Cobertura Ajardinada Intensiva	150	2002
	China	Edifício Comercial	Cobertura Ajardinada Intensiva	700	2004
	Áustria	Piscina Municipal	Cobertura Ajardinada Intensiva	9700	2004

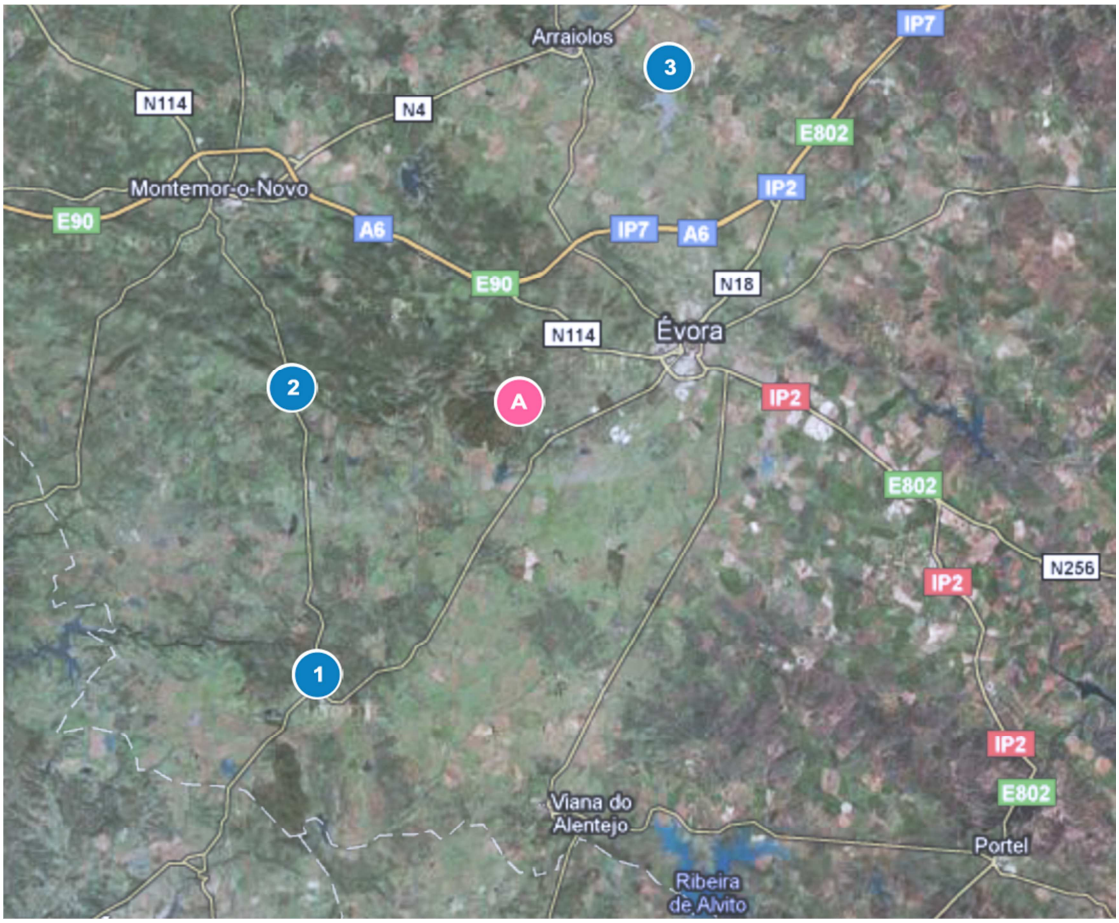


Figura 11: *Localização das estações meteorológicas, segundo a foto-áerea disponibilizada pelos Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (Fonte: http://snirh.pt/)*

1 Alcáçova (23I/01C)

2 Santiago do Escoural (22H/02UG)

3 Barragem do Divor (21J/03C)

A – Localização da Herdade da Mitra

Tabela 7: Dados referentes à precipitação mensal (mm) obtidos atráves do tratamento dos valores recolhidos no Sistema Nacional de Informação de Recursos hídricos (Fonte: http://snirh.pt/)

ANO/MÊS	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
1980	65,07	25,13	47,00	3,80
1981	71,60	61,27	26,77	5,50
1982	17,23	30,87	9,03	6,27
1983	6,83	94,90	41,40	11,93
1984	89,53	82,53	75,70	34,63
1985	18,97	120,33	30,23	5,00
1986	28,70	54,67	21,10	4,07
1987	17,37	98,87	2,93	0,53
1988	4,63	38,60	84,90	111,60
1989	31,80	82,87	91,33	6,67
1990	41,87	106,20	16,33	2,73
1991	114,33	57,13	0,00	16,63
1992	17,33	69,60	39,17	54,80
1993	27,97	60,53	81,93	24,50
1994	4,97	26,67	99,00	0,00
1995	28,87	17,87	15,13	9,73
1996	73,80	34,17	132,77	0,00
1997	0,27	51,43	109,20	33,13
1998	27,20	60,67	99,17	9,07
1999	67,37	29,67	46,80	0,57
MÉDIA	37,79	60,20	53,49	17,06
DESVIO PADRÃO	31,77	29,68	39,91	26,47
COEFICIENTE DE DESPERSÃO	84,07	49,30	74,60	155,16

ANEXO 4

PROTOCOLO 1 - DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA

MATERIAL UTILIZADO:

- Marcador
- Lápis
- Régua
- Fita métrica
- Tesoura
- Lâmina
- Pinceis
- Coador
- Papel absorvente
- Papel comum (papel de maquina)
- Fita isoladora
- Pincéis
- Saqueta de alumínio de três tamanhos distintos (15 x 15 cm; 15 x 10 cm; 10 x 10 cm)
- Scâner
- Computador com o programa “ImageJ”
- Balança de precisão
- Estufa de secagem

1. Preparam-se, marcaram-se e pesaram-se todas as saquetas de alumínio, num total de 36 unidades referentes a cada tamanho.
2. Cada saqueta foi identificada com a identificação da planta a que se referia e a respectivo conteúdo, exemplos:

- **P.RC.1.F** – (**P**) Planta número **1** do tratamento (**RC**) com irrigação “Rega” e solo 0.30 m , contendo a parte foliar (**F**)
- **P.RC.1.C** – (**P**) Planta número 1 do tratamento (**RC**) com irrigação “Rega” e solo 0.30 m , contendo a parte caulinar(**C**)
- **P.RC.1.R** – (**P**) Planta número 1 do tratamento (**RC**) com irrigação “Rega” e solo 0.30 m , contendo a parte radicular(**R**)

3. Com a fita métrica determinou-se a altura da planta desde o colo até ao ápice caulinar.
4. Com a lâmina destacou-se todas as folhas de cada planta.
5. Com a ajuda do scâner e da folha comum previamente graduada através de um eixo com 10 cm, digitalizaram-se todas as folhas recolhidas da planta em estudo.
6. Calculou-se recorrendo ao programa ImageJ a área foliar de cada planta.
7. Após a digitalização da parte foliar colocaram-se as folhas nas respectivas saquetas destinadas a cada planta.
8. Separou-se o sistema caulinar e os pecíolos da parte radicular, colocando-se este material nas respectivas folhas de alumínio.
9. Desenvasou-se cada planta e retirou-se para o balde, com muito cuidado todo o solo passível de separar, evitando quebrar qualquer raiz. Em seguida, no lavatório com a ajuda de água e pinceis retirou-se o restante solo. Para

esta última tarefa recorreu-se a utilização de um coador que possibilitou prevenir qualquer perda do sistema radicular.

10. Secou-se as raízes com papel absorvente sem esfregar ou carregar, colocando-se posteriormente cada raiz na respectiva saqueta.
11. Após a recolha e catalogação de toda a material vegetal (parte foliar, caulinar e radicular) numa estufa ventilada com temperatura constante de 80º C.
12. Depois do período de 7 dias, retirou-se as saquetas da estufa e através de balanças de precisão, calculou-se o peso seco do material vegetal, através da seguinte equação:

$$Peso\ seco = Ps' - Pa$$

sendo que:

Ps' – peso da saqueta mais o peso seco do material vegetal

Pa – peso da saqueta

13. O material foi retirado da estufa gradualmente durante um período de 15minutos, visto que não foi possível utilizar um excicador devido à quantidade de material a analisar.

PROTOCOLO 4 - DETERMINAÇÃO DA DO POTENCIAL HÍDRICO

MATERIAL:

- Lupa manual
- Platik-Fermit (massa de vedar)
- Lâmina
- Pinças
- Marcador
- Câmara e Pressão de Scholander
- 10 planta de *Salvia officinalis (*salvia) sujeitas ao tratamento 1
- 10 planta de *Salvia officinalis (*salvia) sujeitas ao tratamento 2
- 10 planta de *Salvia officinalis (*salvia) sujeitas ao tratamento 3
- 10 planta de *Salvia officinalis (*salvia) sujeitas ao tratamento 4

MÉTODO

1. Com a ajuda de uma lâmina cortámos junto ao pecíolo da folha.
2. Com cuidado passamos o pecíolo pelo orifício da tampa da câmara
3. Colocamos a massa de vedar de forma a obstruir os orifícios deixados no orifício da tampa
4. Regulámos a válvula de fluxo e com a ajuda de uma lupa verificamos a saída do xilema na superfície de corte do pecíolo.

Tabela 10: Peso Seco Total da plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

Rega		Precipitação	
0.15	0.30	0,15	0,3
14,275	12,724	9,106	10,058
10,976	12,077	10,72	11,034
17,325	16,51	11,125	12,716
11,311	12,887	10,476	10,429
13,332	6,311	10,14	11,075
14,184	12,734	11,421	11,384
12,443	10,655	8,709	8,235
10,145	11,517	10,482	9,0576
13,105	14,426	9,361	11,51
Média	13,01	12,20	10,17	10,61

Tabela 11: Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Peso Seco Total

SUMÁRIO	0.15	0.30	Total
REGA			
Contagem	9	9	18
Soma	117,096	109,841	226,937
Média	13,0106666	12,2045555	12,6076111
Variância	4,65798775	7,76395677	6,01763084
PRECIPITAÇÃO			
Contagem	9	9	18
Soma	91,54	95,4986	187,0386
Média	10,1711111	10,6109555	10,3910333
Variância	0,86156161	1,82854256	1,31714220
Total			
Contagem	18	18	
Soma	208,636	205,3396	
Média	11,5908888	11,4077555	
Variância	4,73177857	5,18635406	

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Amostra	44,2189534	1	44,2189534	11,70429086	0,0017223	4,14909740
Colunas	0,30184036	1	0,30184036	0,079893962	0,7792614	4,14909740
Interacções	3,49291180	1	3,49291180	0,924536937	0,3434963	4,14909740
Dentro	120,8963897	32	3,77801217			
Total	168,910095	35				

k=4; v=32 Q0.05=3,85 MDS = 1,25

Tabela 12: Peso Seco do Sistema Foliar da plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

	Rega		Precipitação	
	0.15	0.30	0,15	0,3
	2,63	4,204	3,119	2,859
	3,502	2,573	3,274	3,26
	4,571	5,619	3,293	3,91
	3,981	2,71	3,013	3,59
	1,315	3,914	3,21	3,18
	3,112	4,443	3,424	2,989
	2,745	4,028	0,939	2,483
	3,08	3,16	3,888	1,5786
	5,213	3,393	2,152	4,288
Média	3,35	3,78	2,92	3,13

Tabela 13: Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Peso Seco Foliar

SUMÁRIO	SOLO 0.15	SOLO.0.30	Total
REGA			
Contagem	9	9	18
Soma	30,149	34,044	64,193
Média	3,34988888	3,7826666	3,56627777
Variância	1,31725861	0,9020725	1,09396962
PRECIPITAÇÃO			
Contagem	9	9	18
Soma	26,312	28,1376	54,4496
Média	2,92355555	3,1264	3,02497777
Variância	0,76273827	0,6373775	0,66976958
Total			
Contagem	18	18	
Soma	56,461	62,1816	
Média	3,13672222	3,4545333	
Variância	1,02693503	0,8384521	

ANOVA						
Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Amostra	2,63705121	1	2,63705121	2,9143139	0,09748384	4,14909740
Colunas	0,90903512	1	0,90903512	1,0046121	0,32371644	4,14909740
Interacções	0,11895601	1	0,11895601	0,1314631	0,71930359	4,14909740
Dentro	28,9555754	32	0,90486173			
Total	32,6206177	35				
k=4; v=32	Q0.05=3,85	MDS =	0,61			

Tabela 14: Peso Seco do Sistema Caulinar da plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

Rega		Precipitação	
0.15	0.30	0,15	0,3
7,441	5,916	2,868	4,343
4,901	6,002	4,172	4,514
7,135	6,32	4,539	4,896
4,62	6,196	4,45	3,659
8,103	1,082	3,72	4,906
6,629	5,179	4,573	5,702
5,67	3,882	3,882	3,966
3,905	5,277	4,442	3,191
4,499	5,83	3,24	4,909
Média	5,88	5,08	3,99	4,45

Tabela 15: Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Peso Seco do Sistema Caulinar

SUMÁRIO	0.15	0.30	Total
REGA			
Contagem	9	9	18
Soma	52,903	45,684	98,587
Média	5,87811111	5,076	5,47705555
Variância	2,23904636	2,7952762	2,53940005
PRECIPITAÇÃO			
Contagem	9	9	18
Soma	35,886	40,086	75,972
Média	3,98733333	4,454	4,22066666
Variância	0,37452525	0,580682	0,50715635
Total			
Contagem	18	18	
Soma	88,789	85,77	
Média	4,93272222	4,765	
Variância	2,17625033	1,6910967	

ANOVA

Fonte de variação	**SQ**	**gl**	**MQ**	**F**	**valor P**	**F crítico**
Amostra	14,2066173	1	14,206617	9,4876343	0,0042282	4,1490974
Colunas	0,25317669	1	0,2531766	0,1690795	0,6836720	4,1490974
Interacções	3,62204336	1	3,6220433	2,4189166	0,1297136	4,1490974
Dentro	47,9162388	32	1,4973824			
Total	65,9980763	35				
k=4; v=32	Q0.05=3,85	MDS =	0,78			

Tabela 16: Peso Seco do Sistema Radicular da plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

	Rega		Precipitação	
	0.15	0.30	0,15	0,3
	4,204	2,604	3,119	2,856
	2,573	3,502	3,274	3,26
	5,619	4,571	3,293	3,91
	2,71	3,981	3,013	3,18
	3,914	1,315	3,21	2,989
	4,443	3,112	3,424	2,693
	4,028	2,745	3,888	1,786
	3,16	3,08	2,152	4,288
	3,393	5,203	3,969	2,313
Média	3,78	3,35	3,26	3,03

Tabela 17: Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Peso Seco do Sistema Radicular

SUMÁRIO	0.15	0.30	Total
REGA			
Contagem	9	9	18
Soma	34,044	30,113	64,157
Média	3,78266666	3,3458888	3,56427777
Variância	0,9020725	1,3173591	1,09493762
PRECIPITAÇÃO			
Contagem	9	9	18
Soma	29,342	27,275	56,617
Média	3,26022222	3,0305555	3,14538888
Variância	0,27953744	0,5799390	0,41842189
Total			
Contagem	18	18	
Soma	63,386	57,388	
Média	3,52144444	3,1882222	
Variância	0,62830273	0,9191672	

ANOVA

Fonte de variação	**SQ**	**gl**	**MQ**	**F**	**valor P**	**F crítico**
Amostra	1,5792111	1	1,5792111	2,0516508	0,1617381	4,14909740
Colunas	0,9993334	1	0,9993334	1,2982959	0,2629824	4,14909740
Interacções	0,0965137	1	0,0965137	0,1253870	0,7255864	4,14909740
Dentro	24,631264	32	0,7697270			
Total	27,306323	35				
k=4; v=32	Q0.05=3,85	MDS =	0,56			

Tabela 18: Área Foliar das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

Rega		Precipitação	
0.15	0.30	0,15	0,3
793,41	834,22	538,26	600
735,22	640,26	506,09	593,33
857,93	465,31	666,29	650
783,89	473,71	567,62	569,3
317,55	711,38	516,67	504,31
551,71	658,64	487,1	467,59
578,83	685,8	638,24	513,56
547,01	470,9	435,11	677,61
677,26	1053,66	577,8	614,13
Média	649,20	665,99	548,13	576,65

Tabela 19: Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Área Foliar

SUMÁRIO	0.15	0.30	Total
REGA			
Contagem	9	9	18
Soma	5842,81	5993,88	11836,69
Média	649,201111	665,98666	657,593888
Variância	28197,9615	37132,784	30818,4625
PRECIPITAÇÃO			
Contagem	9	9	18
Soma	4933,18	5189,83	10123,01
Média	548,131111	576,64777	562,389444
Variância	5336,80726	4870,3586	5018,63108
Total			
Contagem	18	18	
Soma	10775,99	11183,71	
Média	598,666111	621,31722	
Variância	18485,0766	21878,918	

ANOVA

Fonte de variação	**SQ**	**gl**	**MQ**	**F**	**valor P**	**F crítico**
Amostra	81574,9761	1	81574,976	4,3196839	0,0457758	4,1490974
Colunas	4617,65551	1	4617,6555	0,2445212	0,6243374	4,1490974
Interacções	309,642677	1	309,64267	0,0163966	0,8989111	4,1490974
Dentro	604303,294	32	18884,477			
Total	690805,568	35				
k=4; v=32	Q0.05=3,85	MDS =	88,06			

Tabela 20: Razão entre os pesos da parte aérea e das Raizes, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

Rega		Precipitação	
0.15	0.30	0,15	0,3
2,77	3,27	1,92	2,52
2,90	2,71	2,27	2,38
2,27	2,38	2,38	2,25
2,70	2,56	2,48	2,15
3,07	1,82	2,16	2,64
2,49	2,66	2,34	3,12
2,41	2,41	2,00	3,22
2,24	2,71	3,06	1,74
2,33	2,12	1,82	3,12
Média	2,58	2,52	2,27	2,57

Tabela 21: Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Razão entre os pesos da parte aérea e das Raízes

SUMÁRIO	0.15	0.30	Total
Rega			
Contagem	9	9	18
Soma	23,1809990	22,659833	45,8408322
Média	2,57566655	2,5177592	2,5467129
Variância	0,08925546	0,1672618	0,12160168
Precipitação			
Contagem	9	9	18
Soma	20,4224800	23,153942	43,5764229
Média	2,26916444	2,5726603	2,42091238
Variância	0,13803143	0,2535818	0,20867058
Total			
Contagem	18	18	
Soma	43,6034790	45,813776	
Média	2,42241550	2,5452097	
Variância	0,13182595	0,1988419	

ANOVA						
Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Amostra	0,14243191	1	0,1424319	0,87903217	0,35548973	4,14909740
Colunas	0,13570592	1	0,1357059	0,83752205	0,36695151	4,14909740
Interacções	0,29387761	1	0,2938776	1,81369371	0,18752716	4,14909740
Dentro	5,18504500	32	0,1620326			
Total	5,75706045	35				
k=4; v=32	Q0.05=3,85	MDS =	0,26			

Tabela 22: Área especifica, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

Rega		Precipitação	
0.15	0.30	0,15	0,3
301,68	198,43	172,57	209,86
209,94	248,84	154,58	182,00
187,69	82,81	202,34	166,24
196,91	174,80	188,39	158,58
241,48	181,75	160,96	158,59
177,28	148,24	142,26	156,44
210,87	170,26	679,70	206,83
177,60	149,02	111,91	429,25
129,92	310,54	268,49	143,22
Média 203,71	184,97	231,24	201,22

Tabela 23: Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Área Especifica

SUMÁRIO	SOLO 0.15	SOLO 0.30	Total
REGA			
Contagem	9	9	18
Soma	1833,37008	1664,69499	3498,06507
Média	203,707786	184,96611	194,336948
Variância	2280,3251	4179,5410	3132,91508
PRECIPITAÇÃO			
Contagem	9	9	18
Soma	2081,20274	1811,0099	3892,21268
Média	231,244749	201,22332	216,234038
Variância	30199,0791	7837,5897	18138,1845
Total			
Contagem	18	18	
Soma	3914,57282	3475,7049	
Média	217,476268	193,09471	
Variância	15485,1478	5725,0813	

ANOVA						
Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Amostra	4315,34282	1	4315,3428	0,3879261	0,5378052	4,14909740
Colunas	5350,13988	1	5350,1398	0,4809488	0,4929963	4,14909740
Interacções	286,273559	1	286,27355	0,0257344	0,8735589	4,14909740
Dentro	355972,280	32	11124,1337			
Total	365924,036	35				
k=4; v=32	Q0.05=3,85	MDS =	67,59			

Tabela 24: Leaf Weight Ratio das plantas do género *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

Rega		Precipitação	
0.15	0.30	0,15	0,3
0,18	0,33	0,34	0,28
0,32	0,21	0,31	0,30
0,26	0,34	0,30	0,31
0,35	0,21	0,29	0,34
0,10	0,62	0,32	0,29
0,22	0,35	0,30	0,26
0,22	0,38	0,11	0,30
0,30	0,27	0,37	0,17
0,40	0,24	0,23	0,37
Média	0,26	0,33	0,28	0,29

Tabela 25: Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Área Especifica

SUMÁRIO	SOLO 0.15	SOLO 0.30	Total
Rega			
Contagem	9	9	18
Soma	2,35912250	2,9507887	5,30991120
Média	0,26212472	0,3278654	0,29499506
Variância	0,00847289	0,0158785	0,01260353
Precipitação			
Contagem	9	9	18
Soma	2,55653934	2,6294636	5,18600295
Média	0,28405992	0,2921626	0,28811127
Variância	0,00585915	0,0030456	0,00420787
Total			
Contagem	18	18	
Soma	4,91566185	5,5802523	
Média	0,27309232	0,3100140	
Variância	0,00687186	0,0092429	

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Amostra	0,00042647	1	0,00042647	0,0512960	0,8222636 9	4,14909740
Colunas	0,01226890	1	0,01226890	1,4756791	0,2333397 7	4,14909740
Interacções	0,00747481	1	0,00747481	0,8990554	0,3501412 3	4,14909740
Dentro	0,26605029	32	0,00831407			
Total	0,28622048	35				
k=4; v=32	Q0.05=3,85	MDS =	0,06			

Tabela 26: Potencial Hídrico das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

	Rega		Precipitação	
	0.15	0.30	0,15	0,3
	-1,3	-1,1	-1,3	-1,1
	-1	-1,45	-1,5	-0,9
	-1,15	-1,45	-1,25	-1,25
	-1	-1,2	-1,2	-1,2
	-1,2	-0,9	-1,1	-1,1
	-1,4	-0,6	-1,1	-1,1
	-0,9	-0,6	-1,4	-1,2
	-0,95	-1,15	-1,05	-1,2
	-0,9	-1,1	-1,05	-1,1
Média	-1,09	-1,06	-1,22	-1,13

Tabela 27: Tabela de Anova: factor duplo com repetição - Potencial Hídrico

SUMÁRIO	0.15	0.30	Total
REGA			
Contagem	9	9	18
Soma	-9,8	-9,55	-19,35
Média	-1,0888888	-1,061111	-1,075
Variância	0,03298611	0,0979861	0,06183823
PRECIPITAÇÃO			
Contagem	9	9	18
Soma	-10,95	-10,15	-21,1
Média	-1,2166666	-1,127777	-1,1722222
Variância	0,025625	0,0106944	0,01918300
Total			
Contagem	18	18	
Soma	-20,75	-19,7	
Média	-1,1527777	-1,094444	
Variância	0,03190359	0,0523202	

ANOVA						
Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Amostra	0,08506944	1	0,08506944	2,0340390	0,1634950	4,1490974
Colunas	0,030625	1	0,030625	0,7322540	0,3985157	4,1490974
Interacções	0,00840277	1	0,00840277	0,2009132	0,6570050	4,1490974
Dentro	1,33833333	32	0,04182291			
Total	1,46243055	35				

k=4; v=32 MDS = 0,13
Q0.05=3,845

Tabela 28: Condutância Estomática (T0) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	5700	1520	1540	3450	970	179	2780	158	770	6700	1280	870
	1730	1420	1540	1250	1210	141	1400	820	890	1790	1700	980
	1330	1600	2540	1700	1669	1730	1570	1010	1500	990	3900	1390
	1730	1160	1600	1920	1250	367	1540	1330	153	1730	1170	1980
	2420	1400	800	960	305	148	1510	1660	1330	1710	1940	1420
Média	2582	1420	1604	1856	1080,8	513	1760	995,6	928,6	2584	1998	1328
Erro Pad.	799	74	277	432	224	307	257	254	236	1039	496	196

Tabela 29: Condutância Estomática (T1) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	1820	1600	960	1270	2600	2900	3950	1000	296	1490	7100	590
	1460	3300	950	640	5000	2000	10000	1360	840	3050	6900	960
	1210	1570	940	1520	3400	1680	6700	3950	760	1540	2140	440
	1830	2860	1830	1440	1310	1300	7500	1690	1070	5100	2380	830
	1570	2000	190	1540	3200	1420	1900	2120	870	2880	2900	740
Média	1578	2266	974	1282	3102	1860	6010	2024	767,2	2812	4284	712
Erro Pad.	117	348	260	167	599	286	1410	516	128	658	1116	91

Tabela 30: Condutância Estomática (T2) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	520	485	590	490	660	550	1270	470	290	540	360	220
	590	500	820	490	520	590	600	530	400	450	260	350
	105	455	610	640	660	670	540	650	445	455	244	296
	580	560	450	620	375	850	520	660	460	500	249	470
	590	510	540	660	550	860	590	550	440	560	260	182
Média	477	502	602	580	553	704	704	572	407	501	274,6	303,6
Erro Pad.	94	17	61	37	53	65	142	36	31	22	22	51

Tabela 31: Condutância Estomática (T3) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	570	284	127	580	216	199	510	395	540	600	264	240
	530	240	185	790	218	115	1070	380	345	550	250	230
	460	450	355	210	165	226	1290	350	335	600	240	186
	485	540	65	224	137	150	1370	420	335	405	260	375
	129	475	370	290	162	220	1420	510	590	520	236	151
Média	434,8	397,8	220,4	418,8	179,6	182	1132	411	429	535	250	236,4
Erro Pad.	79	58	61	114	16	21	167	27	56	36	5	38

Tabela 32: Condutância Estomática (T4) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	390	470	485	405	640	750	560	670	850	640	980	790
	590	550	690	415	820	580	510	650	630	415	335	540
	510	510	445	450	890	680	560	670	640	410	355	182
	490	530	640	600	630	620	490	790	940	296	315	120
	630	580	620	550	440	750	475	560	550	335	355	234
Média	522	528	576	484	684	676	519	668	722	419,2	468	373,2
Erro Pad.	42	19	47	39	79	34	18	37	74	60	128	127

Tabela 33: Fotossíntese Liquida (T0) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	8,24	8,11	4,16	32,67	5,74	3,52	22,09	13,11	5,56	5,12	8,51	22,8
	19,2	5,72	3,16	17,69	11,42	5,34	14,2	5,38	5,38	21,42	11,91	8,72
	14,95	0,29	8,42	20,86	8,53	7,4	20,71	10,79	3,7	12,35	11,08	14,24
	15,4	14,3	3,63	23,38	6,6	4,58	16,08	15,3	3,07	8,98	12,61	20,99
	17,52	13,85	3,76	26,02	2,22	9,65	14,22	6,87	9,24	33,82	18,85	12,66
Média	15,06	8,454	4,626	24,12	6,902	6,098	17,46	10,29	5,39	16,33	12,59	15,88
Erro Pad.	2	3	1	3	2	1	2	2	1	5	2	3

Tabela 34: Fotossíntese Liquida (T1) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	19,33	12,8	12,01	16,56	12,05	20,41	29,34	12,4	6,48	18,6	11,4	6,16
	6,48	9,37	11,4	13,97	10,7	7,83	19,34	6,8	6,65	8,51	8,56	7,3
	17,88	12,61	8,72	18,7	11,42	19,86	10,78	9,21	6,8	20,26	4,91	12,38
	20,86	10,88	10,26	11,3	12,3	23,26	16,95	8,8	8,08	12,82	7,4	1,51
	15,27	5,95	10,5	11,21	14,66	16,17	19,35	4,74	3,37	16,65	8,31	6,28
Média	15,96	10,32	10,57	14,34	12,22	17,50	19,15	8,40	6,27	15,36	8,11	6,72
Erro Pad.	3	1	1	1	1	3	3	1	1	2	1	2

Tabela 35: Fotossíntese Liquida (T2) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	8,57	5,84	2,15	21,31	11,58	9,51	8,77	9,89	7,23	1,19	8,87	13,1
	9,14	4,77	13,88	10,93	13,48	12,55	6,2	8,5	0,87	11,61	9,78	5,48
	6,06	10,31	3,5	9,78	13,59	21,27	11,09	2,8	8,24	8,29	10,3	10,4
	9,61	6,44	3,18	12,33	16,48	26,12	13,75	3,41	6	13,99	2,33	5,52
Média	6,66	12,74	6,9	9,06	13,29	15,95	7,09	5,19	8,16	5,17	7,83	10,8
Erro Pad.	8,008	8,02	5,922	12,68	13,68	17,08	9,38	5,95	6,1	8,05	7,83	9,09

Tabela 36: Fotossíntese Liquida (T3) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	13,86	4,23	4,89	10,57	5,7	10,35	21,2	7,61	16,8	23,41	7,79	4,15
	17,12	10,09	5,97	5,83	10,15	12,93	17,96	12,6	5,47	20,73	9,49	4,62
	12,86	12,18	6,93	7,4	5,39	16,17	17,74	13,2	5,95	16,68	4,22	5,27
	16,37	1,22	8,41	6,79	7,39	11,6	20,33	12,0	8,77	16,28	6,98	5,23
	19,02	6,11	4,29	17,78	5,04	19,51	10,71	8,69	6,48	12,17	4,55	5,12
Média	15,84	6,766	6,098	9,674	6,734	14,11	17,58	10,8	8,70	17,85	6,60	4,87
Erro Pad.	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	0

Tabela 37: Fotossíntese Liquida (T4) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	17,6	11,59	21,94	17,15	13,43	28,65	13,12	10,52	6,29	17,31	7,49	2,15
	4,53	8,06	20,99	20,17	17,29	15,32	19,27	10,29	0,26	10,83	2,52	5,95
	17,72	5,83	14,75	13,56	10,17	20,2	14,58	11,77	6,53	14,32	3,09	4,58
	15,67	10,26	16,42	11,53	19,42	16	18,1	6,9	4,9	18,89	13,19	4,47
	30,81	12,63	12,82	9,9	20,27	15,36	8,38	10,39	4,44	22,94	12,07	1,73
Média	17,26	9,674	17,38	14,46	16,11	19,06	14,69	9,974	4,484	16,85	7,672	3,776
Erro Pad.	4	1	2	2	2	3	2	1	1	2	2	1

Tabela 38: Transpiração (T0) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	11,05	11,19	10,78	6,75	4,22	3,55	12,37	10	7,23	12,5	9,82	9,7
	13,6	10,75	6,93	9,97	10,25	8,45	13,56	10,53	8,62	15,81	10,13	10,1
	12,51	9,26	6,9	8,15	8,52	4,1	14,45	11,31	10,53	13,23	10,98	11,61
	12,8	11,2	6,97	8,61	7,12	3,83	16,02	10,62	8,22	12,37	11,31	12,9
	14,65	11,01	9,49	10,74	2,61	6,52	7,55	10,18	9,02	17,56	11,17	3,55
Média	12,92	10,68	8,214	8,844	6,544	5,29	12,79	10,52	8,724	14,29	10,68	9,572
Erro Pad.	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	2

Tabela 39: Transpiração (T1) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	10,77	10,8	10,58	6,2	8,61	7,52	13,92	9,9	8,99	10,66	10,42	6,38
	9,38	10,03	10,25	6,42	9,26	9,09	13,07	10,12	6,8	12,08	8,61	6,97
	11,56	10,43	10,02	8,72	10,16	10,56	10,71	10,72	9,63	12,66	9,16	9,04
	11,26	10,12	9,99	8,87	12,13	9,42	11,02	8,78	8,24	11,63	8,38	7,64
	12,2	9,75	9,22	8,77	9,83	11,53	12,7	10,41	9,9	10,31	8,07	9,12
Média	11,03	10,22	10,01	7,796	9,998	9,624	12,28	9,986	8,712	11,46	8,928	7,83
Erro Pad.	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1

Tabela 40: Transpiração (T2) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	9,88	8,85	11,28	7,32	12,03	12,04	4,74	7,97	10,32	7,39	6,98	6,43
	9,48	10,54	11,06	6,97	10,83	12,22	6,63	9	7,39	10,44	9,71	4,86
	7,9	8,02	13,27	8,95	12,14	13,55	9,73	9,39	10,6	5,66	9,23	6,07
	9,89	9,65	8,83	8,51	13,32	14,72	8,57	6,51	9,73	8,15	8,11	3,15
	9,99	8,78	10,42	9,07	14	13,67	5,7	3,77	10,19	7,4	5,73	10,58
Média	9,428	9,168	10,97	8,164	12,46	13,24	7,074	7,328	9,646	7,808	7,952	6,218
Erro Pad.	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1

Tabela 41: Transpiração (T3) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	9,62	4,19	5,36	4,45	1,22	2,95	14,69	7,03	8,63	10,81	5,22	6,01
	8,71	4,96	5,75	5,99	1,79	3,04	10,86	7,86	8,69	8,4	4,96	5
	11,94	6,75	4,19	4,38	1,39	5,24	6,97	8,38	9,38	8,72	3,99	5,82
	7,54	2,94	5,29	6	1,43	3,16	20,97	4,94	6,99	7,75	3,99	4,34
	10,59	4,93	3,95	6,29	1,94	7,71	10,82	6,46	6,01	6,2	5,31	4,52
Média	9,68	4,754	4,908	5,422	1,554	4,42	12,86	6,934	7,94	8,376	4,694	5,138
Erro Pad.	1	1	0	0	0	1	2	1	1	1	0	0

Tabela 42: Transpiração (T4) das plantas do género, *Salvia officinalis L.*, expostas aos quatro tipos de tratamento.

TRAT.	A=15cm x Rega			B=30cm x Rega			C=15cm x Precip.			D=30 cm x Precip.		
HORA	9	12	15	9	12	15	9	12	15	9	12	15
	11,48	13,59	16,08	8,94	10,03	14,36	17,41	11,28	10,13	11,61	4,95	2,29
	11,13	12,2	13,61	13,26	16,04	12,88	15,78	8,36	9,1	7,72	1,73	2,2
	14,25	11,95	13,21	12,59	11,94	12,89	16,83	8,27	9,55	7,44	3,67	4,36
	16,14	8,43	14,84	13,67	13,18	19,95	15,3	7,75	11,03	10,12	8,81	7,17
	15,82	12,25	12,3	14,69	14,42	15,46	10,86	10,61	8,09	12,54	6,72	4,23
Média	13,76	11,68	14,00	12,63	13,12	15,10	15,23	9,254	9,58	9,886	5,176	4,05
Erro Pad.	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1

Estudo Estatistico realizado pelo Professor Luís Dias

1 A análise de gs, A e E foi feita por análise de regressão sequencial ascendente[1] pelo método dos mínimos quadrados usando Statgraphics Plus for Windows, ver. 4.0, Manugistics, Inc., Rockville, 1999. O modelo candidato completo incluía as variáveis de atributo rega, solo e hora de determinação codificadas binariamente como 0,1 e a variável tempo até ao segundo grau bem como todas as interacções entre as variáveis anteriores num total de 41 variáveis. A aceitação dos modelos foi feita adoptando para os coeficientes um erro tipo I de experiência α_E=0.05 usando o método de Dunn-Šidák. Os coeficientes de determinação R^2 são apresentados como percentagem do valor de R^2 máximo. Seguiram-se os procedimentos descritos em Draper e Smith (1998) e Sokal e Rohlf (1995).

2 Resultados para gs

O modelo obtido incluía, além da ordenada na origem, as variáveis medição na hora 3, tempo, interacção entre regime de rega e medição na hora 1, interacção entre medição na hora 3 e o quadrado do tempo. Os níveis de significância para os coeficientes ≤ 0.0.0007 (α_E=0.004), R^2=0.421. Substituindo na equação as variáveis de atributo pelos valores que podiam tomar, o efeito em gs das medições na hora 1 com rega 2 só se diferenciava do efeitos em gs das medições na hora 1 com rega 1 mais das medições na hora 2 para as duas regas pela ordenada na origem, ou seja, pelo valor de gs no tempo 0. Adicionalmente essa diferença resulta da retenção de uma variável (interacção entre rega 1/2 e medição na hora 1) que é a que menos explica a variação de gs (só 9.8%).

Tendo em conta o anterior e para tornar mais clara a diferença de resposta entre as medições de gs feitas na hora 1 e 2 das feitas na hora 3 reajustou-se o modelo retirando a variável referida. O novo modelo tem níveis de significância para os coeficientes ≤ 0.0.0006 (α_E=0.002), R^2=0.380. O resultado da substituição das variáveis de atributo pelos valores que podem tomar está apresentado na tabela 1.

Tratamento	a	Tempo	Tempo^2
Medições na hora 1 e na hora 2	2233.5	-493.6	0
Medições na hora 3	1229.3	-493.6	77.3

Tabela 1 Valores dos coeficientes das equações que descrevem a variação de gs ao longo do tempo. a representa a ordenada na origem, ou seja, o valor de gs quando tempo=0.

O exame da tabela 1 revela que, no que diz respeito a gs, não efeitos significativos nem de solo nem de rega qualquer que seja a hora a que as medições foram feitas. Revela também que a variação rectilínea de gs em função do tempo é negativa e igual qualquer que seja a hora em que as medições são feitas. No entanto, nas medições feitas na hora 1 e na 2 a taxa de redução de gs mantém-se constante ao longo do tempo enquanto que na hora 3 essa taxa de redução é afectada por uma retroacção positiva representado pelo termo em tempo ao quadrado, ausente nas outras duas horas, tal como pode ser visto na figura 1. Ou seja, nas medições feitas em qualquer das horas (independentemente da espessura do solo e do regime

[1] Esta técnica, sobretudo quando usado com variáveis de atributo e variáveis medidas não é, naturalmente, muito boa em termos preditivos. É ou pode ser muito em termos de detectar tendências globais de respostas e diferenciar de forma facilmente compreensível tratamentos, com a vantagem adicional das diferenciações de tratamentos serem estatisticamente significativas sem violações da transitividade. Porque não é uma técnica com uma grande capacidade preditiva, nas figuras não representei as médias e erros padrão dos valores observados. No entanto, se acharem importante pode-se fazer embora pelo menos a figura 3 fique ilegível. Também só fiz figuras quando ajuda à compreensão, ou seja quando há termos de 2.º grau para o tempo.

de rega e do valor de gs no tempo 0) há uma tendência inicial de redução de gs com o tempo. Essa

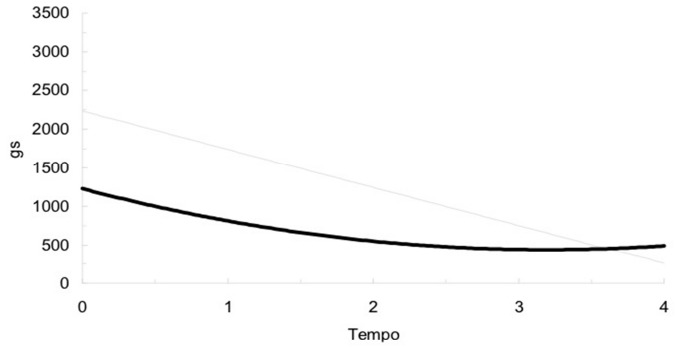


Figura 1 Variação de gs ao longo do tempo nas medições feitas na hora 1 e na hora 2 (traço fino) e na hora (traço grosso)

redução mantém-se a uma taxa inalterada nas medições na hora 1 e na hora 2 mas tende a diminuir com o tempo na hora 3 até se anular por volta do tempo 3 e os valores de gs passarem a aumentar a partir daí.

3. Resultados para A

O modelo obtido incluía, além da ordenada na origem, as variáveis medição na hora 1, medição na hora 3, tempo, interacção entre espessura do solo e medições na hora 3, interacção entre medição na hora 3 e o tempo, interacção entre a rega, a medição na hora 3 e o tempo e a interacção entre a espessura do solo, a rega, a medição na hora 3 e o tempo. Os níveis de significância para os coeficientes $\leq$ 0.0.0043 (α_E=0.030), R^2=0.564.

O resultado da substituição das variáveis de atributo pelos valores que podem tomar está apresentado na tabela 2.

O exame da tabela 2 revela que nas medições da hora 1 e da hora 2 não há variações significativas de A com o tempo nem da espessura do solo nem da rega.

Tratamento	a	Tempo
Medições na hora 1	15.01	0
Medições na hora 2	9.36	0
Medições na hora 3		
- solo 1 e rega 1	5.48	1.82
- solo 1 e rega 2	5.48	0.26
- solo 2 e rega 1	11.68	1.82
- solo 2 e rega 2	11.68	-2.07

Tabela 2 Valores dos coeficientes das equações que descrevem a variação de A ao longo do tempo. a representa a ordenada na origem, ou seja, o valor de A quando tempo=0.

Em contrapartida há diferenças significativas nas medições da hora 3. Deixando de lado os valores da ordenada na origem que representam o valor de A no tempo 0, verifica-se que A varia ao longo do tempo

sempre a uma taxa constante, aumentando exactamente à mesma taxa no regime de rega 1 qualquer que seja a espessura de solo 1, aumentando mas a uma taxa cerca de 7 vezes menor na espessura de solo 1 com a rega 2 e reduzindo de forma intensa o valor ao longo do tempo na espessura de solo 2 com a rega 2. Ou seja, as únicas diferenças entre as medições de A na hora 1 e na hora 2 resultam do valor que A apresentava no tempo 0. Nas medições destas duas horas não há efeitos nem da espessura do solo nem do regime de rega nem as medições se alteram de forma significativa ao longo do tempo.
Em contrapartida, as medições de A na hora 3 variam com a espessura do solo, com o regime de rega e com o tempo. A aumenta de forma mais intensa no regime de rega 1 (de forma igual nos dois solos), aumenta mas menos intensamente no regime de rega 2 com solo 1, diminui no regime de rega 2 no solo 2. Qualquer que seja o tipo de variação a taxa desta mantém-se constante ao longo do tempo.

3. Resultados para E

O modelo obtido incluía, além da ordenada na origem, as variáveis medição na hora 1, interacção entre medições na hora 1 e espessura do solo, interacção entre medição na hora 1 e o tempo, interacção entre medição na hora 1 e o quadrado do tempo, interacção entre medição na hora 1, espessura do solo e rega, interacção entre espessura do solo, rega e tempo. Os níveis de significância para os coeficientes ≈ 0 ($\alpha_E \approx 0$), R^2=0.432.
O resultado da substituição das variáveis de atributo pelos valores que podem tomar está apresentado na tabela 3.

Tratamento	a	Tempo	Tempo^2
Medições na hora 1			
- solo 1	13.15	-3.77	1.02
- solo 2 e rega 1	10.02	-3.77	1.02
- solo 2 e rega 2	14.34	-5.03	1.02
Medições na hora 2 e na hora 3			
- solo 1	9.25	0	0
- solo 2 e rega 1	9.25	0	0
- solo 2 e rega 2	9.25	-1.26	0

Tabela 3 Valores dos coeficientes das equações que descrevem a variação de E ao longo do tempo. a representa a ordenada na origem, ou seja, o valor de E quando tempo=0.

O exame da tabela 3 revela que nas medições da hora há reduções rectilíneas de E com o tempo, com intensidade máxima no solo 2 e rega 2 sempre contrariadas por uma retroacção positiva de intensidade igual. De notar que nestas medições não há diferenças significativas entre os efeitos do regime de rega no solo 1 ou entre a espessura dos solos para o regime de rega 1.
Em contrapartida, nas medições da hora 2 e 3 só há variações significativas de E ao longo do tempo quando para a espessura de solo 2 e regime de rega 2. Estas variações correspondem a redução de E a uma taxa constante ao longo do tempo que sendo de menor intensidade que nas medições da hora 1 nãp são contrariadas por nenhuma retroacção. Nos restantes, solo 1 qualquer regime de rega ou rega 1 qualquer solo não há variação significativa de E ao longo do tempo.
Na figura 2 representa-se a variação de E, omitindo para melhor legibilidade a resposta invariável da hora

2 e 3 com excepção da espessura de solo 2 com regime de rega 2.

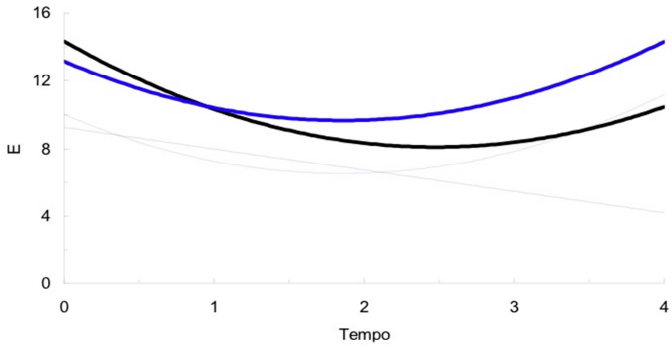


Figura 2 Variação de E ao longo do tempo nas medições feitas na hora 1 e solo 1 (traço azul grosso), na hora 1, solo 2, rega 1 (traço azul fino), na hora 1, solo 2, rega 2 (traço preto grosso) e nas horas 2 e 3, solo 2 e rega 2 (traço preto fino). Omite-se o relativo às restantes combinações das horas 2 e 3 que seriam uma recta paralela ao eixo do tempo com ordenada na origem igual à das medições nas horas 2 e 3, solo 2 e rega 2.

O exame da figura torna claro que quando há efeitos significativos em E estes têm tendência para resultar na redução de E, a uma taxa constante nas medições de dia 2 e 3, a uma taxa de redução que se reduz com o tempo de forma que se torna mais rápida no solo 1 e no 2 com rega 1, anulando-se e invertendo-se a tendência de diminuição de E um pouco antes do tempo 2 enquanto que essa inversão só ocorre cerca do tempo 2.5 no solo 2 com rega 2.

Referências

Draper NR, Smith H 1998. Applied Regression Analysis. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Sokal RR, Rohlf FJ 1995. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. 3rd ed. New York: W.H. Freeman and Company.