



Análise do desempenho de coberturas verdes em clima Mediterrânico

Alexandre Olival Mendonça

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientadoras:

Professora Doutora Maria Cristina De Oliveira Matos Silva

Professora Doutora Filipa Maria Santos Ferreira

Júri

Presidente: Professor Doutor Vitor Faria e Sousa

Orientador: Professora Doutora Maria Cristina De Oliveira Matos Silva

Vogal: Professora Doutora Maria Teresa Gomes Afonso do Paço

Outubro de 2021

Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Em tudo na vida existe sempre alguém que te ajuda ou acompanha de uma maneira ou outra no que fazes. A concretização de um curso superior é um exemplo enorme disso, pois requer muito esforço, dedicação e motivação, que por vezes parece que acabam dentro de ti. É nestas alturas que quem te acompanha tem um papel fulcral para te voltar a trazer de novo ao rumo certo.

Assim gostaria de agradecer, primeiramente, à Professora Cristina Matos Silva e à Professora Filipa Maria Santos Ferreira pela orientação prestada, pela disponibilidade, entusiasmo e motivação que demonstraram ao longo desta dissertação. Muito obrigado!

Em seguida, agradecer a todos os meus amigos e colegas de curso que por alguma forma me ajudaram e motivaram, assim como o companheirismo criado. Amizades para a vida!

Gostaria de agradecer também à Malú, pela ajuda importante que deu no desenvolver da minha dissertação. Todas as horas ao sol nos ensaios experimentais valeram a pena!

Por fim agradecer às pessoas mais importantes da minha vida, aos meus pais, à minha irmã, aos meus tios e aos meus segundos pais, os meus avós. Sem a ajuda deles, certamente, que esta caminhada não era possível de realizar. Ajudaram a tornar um sonho de um menino, na realização de um adulto. O meu muito obrigado família!

Por último, e não menos importante, à minha namorada, pois foi ela que presenciou algumas fases menos boas nesta caminhada e me ajudou a recuperar as forças para que me pudesse reerguer e concluir o curso. Obrigado princesa!

Resumo

As coberturas verdes têm sido cada vez mais implementadas em coberturas de edifícios, de parques subterrâneos e outras construções, uma vez que, para além de acrescentarem valor estético e económico, permitem minimizar problemas recorrentes nas grandes cidades, como é o caso de inundações das zonas ribeirinhas ou o efeito da ilha de calor.

Esta dissertação analisa o comportamento experimental de coberturas verdes extensivas numa escala reduzida em clima mediterrâneo, nomeadamente o seu comportamento hidrológico e comportamento térmico, menos aprofundado, assim como a incorporação de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) nos substratos técnicos e consequente efeito no desenvolvimento da vegetação.

O desempenho hidrológico da cobertura depende da capacidade de absorção do substrato e do volume de água retido e descarregado pelo mesmo, mas também da capacidade de atrasar o pico do escoamento, sendo estes parâmetros bastante dependentes da intensidade de precipitação que sobre cada cobertura cai e da humidade inicial no substrato. Deste modo, analisou-se, ainda, o efeito da variação da intensidade de precipitação no desempenho da cobertura verde. Foi ainda avaliada a influência da utilização de RCD no campo hidrológico quando comparado com substratos técnicos “puros”.

Observou-se que a capacidade de absorção do substrato, volume escoado e atraso no pico do escoamento não apresentaram grandes diferenças nos dois tipos de coberturas (com e sem RCD).

Do ponto de vista do comportamento térmico analisou-se a diferença de temperaturas entre uma cobertura verde, e outras superfícies com albedo bastante diferente como o caso do betão, terra, asfalto e calçada. Tendo as coberturas verdes demonstrado uma redução significativa na temperatura superficial. Em relação à temperatura de cada espécie de planta verificou-se uma elevada variedade, sendo o alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) o que apresentou menor temperatura, e as espécies de *Sedum* temperaturas mais elevadas. O *Sedum oreganum* foi o que apresentou uma temperatura superficial mais elevada.

Relativamente ao desenvolvimento da vegetação este foi monitorizado durante toda a campanha experimental, tendo sido reveladas taxas de cobertura verde bastante elevadas, mesmo nos casos em que o substrato contém RCD. Observou-se que as espécies que maior crescimento apresentaram foram a *Thymus red creeping* L. com 57,53% na cobertura G3, e o *Sedum album* L. com 43,47% na cobertura G2. Em relação à cobertura com maior área verde ocupada foi a cobertura G6 com 94,15%.

Palavras-chave: Coberturas verdes, Desempenho hidrológico, Desempenho térmico, Adição de RCD em substratos técnicos, Desenvolvimento da vegetação

Abstract

Green roofs have been increasingly installed on the roofs of buildings, underground car parks and other constructions, as, in addition to contributing to these structures' aesthetic and economic value, they also contribute to minimising problems found to be increasingly recurrent in large cities, such as riverine flooding and the heat island effect.

This dissertation analyses the behaviour of extensive green roofs in a Mediterranean climate, spanning their hydrological and thermal behaviour, as well as the incorporation of construction and demolition waste (RCDs) in technical substrates and the consequent effect on vegetation development. The impact of varying rainfall intensity on the performance of green roofing was also analysed.

To determine the hydrological performance of the roof, the substrate absorption capacity and respective amount discharged by the roof were assessed, as well as the roof's ability to delay peak flows. It was, however, taken into consideration that these parameters were somewhat dependent on the intensity of precipitation falling on each roof as well as its initial moisture content.

To assess thermal behaviour, the difference in temperature between a green roof and other surfaces of diverse albedo, such as concrete, among others, was analysed.

Vegetation development was monitored throughout the period of experimental research, registering high green cover rates, even with the incorporation of RCDs.

The addition of RCDs to technical substrates was also analysed to determine whether these soils presented with hydrological and thermal behaviour different from coverings made up of technical substrates only.

Keywords: Green roofs in a Mediterranean climate, Hydrological performance, Thermal performance, Addition of RCDs, Vegetation development.

Índice

Declaração	i
Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
Lista de Figuras	xii
Lista de Tabelas	xvi
Lista de Anexos	xvii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Organização do trabalho e metodologia	3
2. Serviços ecossistêmicos e desempenho de coberturas verdes	5
2.1. Considerações iniciais e enquadramento histórico	5
2.2. Tipologias de coberturas verdes e sua constituição	7
2.3. Fatores estruturais de uma cobertura verde	9
2.4. Utilização de resíduos da construção no substrato	10
2.5. Desempenho em clima de condições mediterrânicas	13
2.5.1. Variação de temperaturas superficiais e na cobertura	14
2.5.2. Retenção do escoamento	16
2.5.3. Desenvolvimento da vegetação	19
2.6. Avaliação dos benefícios das coberturas verdes	21
3. Metodologia	24
3.1. Considerações iniciais	24
3.2. Metodologia adotada	24
3.2.1. Implantação/construção das coberturas verdes piloto	25
3.2.2. Ensaios experimentais e tratamento de dados	27
3.2.3. Manutenção das coberturas verdes piloto	28

4. Construção, exploração e desempenho das coberturas verdes piloto no campus do Instituto Superior Técnico	29
4.1. Considerações gerais	29
4.2. Construção das coberturas verdes piloto	31
4.3. Caracterização dos substratos	34
4.4. Seleção de plantas e sua plantação	37
4.5. Ensaio efetuados	38
4.6. Apresentação dos resultados experimentais	40
4.6.1. Caracterização dos substratos.....	40
4.6.2. Ensaio de simulação de precipitação	45
4.6.3. Volume escoado, percentagem absorvida pelo substrato e atraso no pico do escoamento.....	47
4.6.4. Desenvolvimento da vegetação	56
4.6.5. Temperaturas superficiais nas coberturas verdes e noutras superfícies	59
4.7. Discussão de resultados	64
4.7.1. Influência da humidade inicial no desempenho das coberturas verdes piloto	64
4.7.2. Influência da intensidade de precipitação no desempenho das coberturas verdes	67
4.7.3. Desenvolvimento da vegetação	67
4.7.4. Temperaturas superficiais nas coberturas verdes e noutras superfícies	69
4.8. Síntese	70
5. Conclusões e desenvolvimentos futuros	71
5.1. Conclusão	71
5.2. Desenvolvimentos futuros	72
Referências	74
Referências da INTERNET	76
Anexos	A

Lista de Figuras

Figura 1.1 – a)Bacia de retenção (fonte: CMG 2016); b)Pavimentos com estrutura de reservatório (fonte: docplayer 2008); c)Trincheiras de infiltração (fonte: aquafluxus 2012); d)Valas com cobertura vegetal (fonte: azulnews 2019)	2
Figura 2.1 - Habitações Viking (fonte: Pinterest 2013).....	5
Figura 2.2 - Cobertura verde com inclinação significativa (fonte: Diprotec 2016).....	6
Figura 2.3 - Cobertura verde na cidade do Porto (fonte: idealista 2020)	6
Figura 2.4 - Cobertura verde extensiva (adaptado de ANCV 2019)	7
Figura 2.5 - Cobertura verde intensiva (adaptado de ANCV 2019)	8
Figura 2.6 - Cobertura verde semi-intensiva (adaptado de ANCV 2019).....	8
Figura 2.7 - Constituição de uma cobertura verde (fonte: planej 2018)	10
Figura 2.8 - Resíduos de alvenaria	11
Figura 2.9 - Resíduos de argamassas e betão	11
Figura 2.10 - Variação da temperatura no ano de 2020 em Lisboa, Portugal (fonte: weatherspark 2021)	13
Figura 2.11 - Variação da temperatura no ano de 2020 em Barcelona, Espanha (fonte: weatherspark 2021)	14
Figura 2.12 - Variação da temperatura no ano de 2020 em Palermo, Itália (fonte: weatherspark 2021)	14
Figura 2.13 - Sedum album L.....	20
Figura 2.14 - Sedum sediforme L.....	20
Figura 2.15 - Sedum sexangular L.....	20
Figura 2.16 - Sedum Spurium cf. oCoccineum	20
Figura 2.17 - Sedum Spuurium cf. oSummer Glory	20
Figura 2.18 -Comparação dos vários tipos de coberturas relativamente ao consumo de energia (Manso et al., 2021)	21
Figura 3.1 - Esquema da metodologia adotada nas coberturas verdes piloto	24
Figura 3.2 - Implantação/construção das coberturas verdes piloto.....	25
Figura 3.3 - Processos dos vários substratos	26
Figura 3.4 - Ensaios nas coberturas verdes piloto	27
Figura 3.5 - Manutenção das coberturas verdes piloto	28

Figura 4.1 - Localização das coberturas verdes piloto	29
Figura 4.2 - Coberturas verdes piloto (10/05/2021)	30
Figura 4.3 – Recolha dos RCD	32
Figura 4.4 – Fragmentação dos RCD	32
Figura 4.5 – Peneiração mecânica.....	32
Figura 4.6 – Resultado da peneiração mecânica.....	32
Figura 4.7 – Mistura dos agregados com o substrato técnico.....	32
Figura 4.8 – Colocação da mistura nas caixas-palete	32
Figura 4.9 – Apresentação das plantas no substrato.....	33
Figura 4.10 – Colocação das plantas no substrato	33
Figura 4.11 – Caixa-palete para suporte das coberturas verdes	33
Figura 4.12 – Camadas constituintes de uma cobertura verde.....	33
Figura 4.13 – Substrato técnico	34
Figura 4.14 – Substrato técnico com RCD.....	34
Figura 4.15 - Sistema de simulação de precipitação	38
Figura 4.16 - Pesagem da água escoada pela cobertura	38
Figura 4.17 - Medição da espessura do substrato	39
Figura 4.18 - Medição da humidade no substrato.....	39
Figura 4.19 - Análise termográfica de várias superfícies	39
Figura 4.20 - Condições climatéricas nos dias anteriores aos ensaios experimentais	40
Figura 4.21 - Variação da espessura nas coberturas verdes piloto	41
Figura 4.22 - Humidade no substrato no instante antes da simulação de precipitação.....	42
Figura 4.23 - Humidade no substrato após a simulação de precipitação	43
Figura 4.24 - Humidade no substrato 20 minutos após a simulação de precipitação.....	44
Figura 4.25 - Simulação de precipitação de baixa intensidade.....	45
Figura 4.26 - Simulação de precipitação de alta intensidade.....	45
Figura 4.27 - Utilização de um chuveiro para rega	45
Figura 4.28 - Utilização de dois chuveiros para rega	45
Figura 4.29 - Intensidades de precipitação dos ensaios experimentais.....	46
Figura 4.30 - Instantes em que se iniciaram o escoamento em cada cobertura verde piloto	49

Figura 4.31 - Representação gráfica do pico do escoamento no dia 25/03/2021	50
Figura 4.32 - Representação gráfica do pico do escoamento no dia 06/04/2021	50
Figura 4.33 - Representação gráfica do pico do escoamento no dia 13/04/2021	51
Figura 4.34 - Representação gráfica do pico do escoamento nos dias 20/04/2021 e 27/04/2021	51
Figura 4.35 - Representação gráfica do pico do escoamento no dia 11/05/2021	52
Figura 4.36 - Representação gráfica do pico do escoamento nos dias 25/05/2021 e 01/06/2021	52
Figura 4.37 - Representação gráfica do pico do escoamento nos dias 08/06/2021	53
Figura 4.38 - Representação gráfica do pico do escoamento nos dias 09/06/2021	53
Figura 4.39 - Comparação da intensidade de precipitação com o volume escoado.....	54
Figura 4.40 - Comparação da intensidade de precipitação com a percentagem absorvida pelo substrato	54
Figura 4.41 - Comparação da intensidade de precipitação com o instante em que ocorre o escoamento	55
Figura 4.42 - Comparação da intensidade de precipitação com o atraso no pico	55
Figura 4.43 - Espécies e quantidades em cada cobertura verde piloto	56
Figura 4.44 – Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L).....	57
Figura 4.45 - <i>Sedum album</i> L.	57
Figura 4.46 - <i>Sedum sexangulare</i> L.	57
Figura 4.47 - <i>Sedum spurium</i> cf. <i>oCoccineum</i>	57
Figura 4.48 - <i>Sedum spurium tricolor</i> cf. <i>oSummer Glory</i>	57
Figura 4.49 - <i>Sedum coral reef</i> L.....	57
Figura 4.50 - <i>Sedum oreganum</i> L.	57
Figura 4.51 - <i>Sedum oreganum a)</i> L.	57
Figura 4.52 - <i>Sedum forsterianum</i> cf. <i>Sm in Sm</i>	57
Figura 4.53 - <i>Armeria maritima</i>	57
Figura 4.54 – <i>Thymus red creeping</i> L.	57
Figura 4.55 - Traçado das polilines em cada planta	59
Figura 4.56 - Esquema representativo da ocupação das plantas na cobertura	59
Figura 4.57 - Temperatura superficial das várias coberturas verdes no dia 25/05/2021	60
Figura 4.58 - Temperatura superficial das várias coberturas verdes no dia 01/06/2021	60
Figura 4.59 - Temperatura nas coberturas verdes e noutras superfícies	61

Figura 4.60 - Interação humidade inicial com percentagem absorvida pelo substrato	64
Figura 4.61 - Interação humidade inicial com temperatura superficial na cobertura verde.....	65
Figura 4.62 - Interação humidade inicial com o início do escoamento	66
Figura 4.63 - Percentagem coberta por vegetação em cada cobertura no dia 13/09/2021	68

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Materiais e quantidades adicionados aos substratos técnicos	11
Tabela 2.2 - Reduções médias e máximas em coberturas verdes em clima mediterrâneo.....	15
Tabela 2.3 - Retenção e atraso do pico no escoamento.....	17
Tabela 2.4 - Avaliação dos benefícios das coberturas verdes	22
Tabela 4.1 - Substrato e tipo de vegetação em cada cobertura verde piloto	30
Tabela 4.2 – Substratos adotados nas coberturas verdes G1 a G8	32
Tabela 4.3 – Caracterização dos substratos das coberturas G1, G2, G3 e G4	34
Tabela 4.4 – Volumes de substrato e RCD em cada cobertura verde	35
Tabela 4.5 – Análise granulométrica, densidade e condutividade hidráulica saturada do solo	35
Tabela 4.6 – Análise de parâmetros dos vários substratos	36
Tabela 4.7 – Métodos analíticos para determinação de parâmetros dos substratos	36
Tabela 4.8 - Vegetação das coberturas G1 a G8.....	37
Tabela 4.9 - Caudal, intensidade, duração e grandezas medidas nos ensaios de precipitação	46
Tabela 4.10 - Volume de água escoado por cada cobertura verde piloto.....	47
Tabela 4.11 - Percentagem absorvida pelo substrato em cada cobertura verde piloto	48
Tabela 4.12 - Instante em que se iniciou o escoamento em cada cobertura verde piloto	49
Tabela 4.13 - Percentagem de cobertura verde em cada cobertura.....	58
Tabela 4.14 - Condições climáticas nos dias anteriores à medição da temperatura superficial	60
Tabela 4.15 - Temperatura média em cada planta no dia 09/06/2021	62
Tabela 4.16 - Temperatura média em cada planta no dia 29/06/2021	63
Tabela 4.17 - Diferencial de temperaturas entre as coberturas verdes e outras superfícies	69

Lista de Anexos

Anexo 1 - Parâmetros analisados nas coberturas verdes piloto	A
Anexo 2 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G1	B
Anexo 3 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G2	C
Anexo 4 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G3	D
Anexo 5 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G4	E
Anexo 6 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G5	F
Anexo 7 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G6	G
Anexo 8 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G7	H
Anexo 9 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G8	I

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Nos dias de hoje cada vez mais se observa uma forte densidade urbana nas grandes cidades, levando as áreas verdes a serem substituídas por edifícios, estradas, calçadas, ou seja, a uma mudança das condições de permeabilidade iniciais. Como resultado, as áreas impermeáveis dificultam a capacidade de infiltração das superfícies urbanas, gerando assim, um aumento do escoamento superficial, W. Liu et al., 2021. A urbanização tende a alterar a hidrologia superficial das bacias hidrográficas urbanas, levando à ocorrência de caudais de ponta relevantes, resultado de precipitações de alta intensidade e reduzida duração, Paithankar et al., 2020. Estas situações originam inundações nas zonas mais baixas das cidades. Assim, é importante repensar o planeamento das cidades e o tipo de materiais utilizados. A criação de mais infraestruturas verdes e a utilização de materiais mais permeáveis são soluções que podem diminuir os escoamentos superficiais, mitigando assim as inundações nas cidades.

Para além das inundações, o efeito da ilha de calor é outro problema resultante da forte densificação urbana. A utilização de materiais com albedo relativamente baixo, provocam baixas taxas de refletividade da luz solar incidente, levando a que haja uma elevada absorção de calor por parte desses materiais, gerando aumento de temperaturas. A utilização de materiais ou soluções com albedo superior permite atenuar esse efeito de temperaturas mais elevadas nas cidades. O albedo é a capacidade de uma superfície refletir a radiação que sobre ela incide.

Vários países têm utilizado as soluções referidas anteriormente e aplicado alguns conceitos, tais como o Best Management Practices (BMPs) e o Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) nos Estados Unidos, Water Sensitive Urban Design (WSUD) na Austrália, o programa de Design e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LIUDD) na Nova Zelândia e os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) no Reino Unido, Fletcher et al., 2015.

Os SUDS, por exemplo, mais utilizados na Europa, podem ser entendidos como uma rede integrada de áreas com vegetação, usadas para proteger os princípios e funções do ecossistema natural e para oferecer uma ampla variedade de benefícios para pessoas e comunidades de plantas e animais, como a melhoria da qualidade da água do escoamento superficial, a valorização do aspeto visual da paisagem, a proteção ecológica, a biodiversidade e os múltiplos usos e funções da água, Tang et al., 2021.

As soluções de controlo na origem podem auxiliar os sistemas urbanos a ter maior flexibilidade e capacidade de adaptação aos impactos causados pelas alterações climáticas. O principal objetivo destas soluções de controlo na origem, é reduzir os caudais de ponta, por meio de processos de infiltração e retenção. Como exemplos de técnicas de controlo na origem (Figura 1.1) existem as bacias de retenção, os poços absorventes, os pavimentos com estrutura de reservatórios, as valas com cobertura vegetal, as trincheiras de infiltração e as coberturas verdes, Guerreiro et al., 2015.



Figura 1.1 – a)Bacia de retenção (fonte: CMG 2016); b)Pavimentos com estrutura de reservatório (fonte: docplayer 2008); c)Trincheiras de infiltração (fonte: aquafluxus 2012); d)Valas com cobertura vegetal (fonte: azulnews 2019)

Uma estratégia interessante e que permite mitigar as inundações e o efeito da ilha de calor passa pelas coberturas verdes, em que as coberturas dos edifícios são totalmente ou parcialmente cobertas por vegetação. Essa estratégia não reduz apenas a temperatura por meio da evapotranspiração e alteração do albedo, mas também contribui para reduções dos poluentes do ar (por meio de deposição) e dióxido de carbono (por meio da fotossíntese), Gilbert et al., 2021. Ao existir uma redução nas emissões de poluentes para a atmosfera, como os gases com efeito de estufa, permite reduzir esse efeito, bem como tornar as cidades espaços menos poluídos e com uma melhor qualidade do ar.

As coberturas verdes são ferramentas estratégicas que podem desempenhar um papel importante na criação de cidades sustentáveis e resilientes. As coberturas verdes têm sido estudadas com maior relevância devido à sua capacidade de retenção de água, mitigando o risco de inundações pluviais. Além disso, as coberturas verdes contribuem para a restauração da vegetação em ambiente urbano, aumentando a biodiversidade e acrescentando valor estético à cidade, Cristiano et al., 2021.

As coberturas verdes podem ainda desempenhar um papel importante no ciclo de vida de alguns materiais, como o caso dos RCD. Aproveitar matérias que iriam para aterro agrega valor ambiental à solução de cobertura verde. Os RCD, ao passarem por um processo de triagem, de trituração e de peneiração, podem ser adicionados aos substratos técnicos. Porém a quantidade de RCD que um substrato técnico pode conter ainda não se encontra bem definido, pelo que ainda é uma área onde existe alguma investigação a ser feita. Aspectos como a dimensão e a natureza do agregado são exemplos que podem vir a ser investigados.

São estudados os comportamentos dos substratos com RCD sobre intensidades variadas de precipitação, assim como para variações de humidade no substrato, e quais os efeitos que provocam na sua capacidade de retenção de água, de atraso do pico, e da quantidade de volume de água escoada. Para além disso é importante perceber o efeito dos RCD no desenvolvimento das plantas colocadas numa cobertura verde.

É importante realçar que esta dissertação estuda coberturas verdes instaladas em zonas de clima mediterrâneo, e como tal os resultados obtidos podem não refletir a realidade de uma cobertura verde instalada noutra região geográfica.

1.2. Objetivos

O presente estudo tem como principal objetivo analisar o desempenho de coberturas verdes em clima mediterrânico, mais especificamente em Lisboa, atendendo aos seguintes aspetos:

- Avaliar o caudal retido pela cobertura verde quando exposta a eventos de precipitação de diferentes intensidades, em termos de percentagem de água absorvida pelo substrato e do atraso do pico de escoamento;
- Avaliar o desenvolvimento da vegetação de diferentes coberturas verdes, com recurso a substratos com RCD e sem os mesmos;
- Avaliar as temperaturas superficiais em coberturas verdes, e noutras superfícies como o betão, terra, asfalto e calçada.

A presente dissertação baseia-se nos dados recolhidos numa instalação piloto e refere-se a medições locais reais, tendo sido desenvolvida com o intuito de contribuir para o conhecimento científico relacionado com o desempenho de coberturas verdes.

1.3. Organização do trabalho e metodologia

A presente dissertação encontra-se dividido em 5 capítulos, seguido de uma lista de referências bibliográficas e de alguns anexos. No capítulo 1 o tema da dissertação é apresentado e enquadrado, sendo os seus objetivos apresentados, acompanhados de uma breve explicação da estrutura do documento.

No capítulo 2 é apresentado o conceito de coberturas verdes, bem como das várias tipologias que podem apresentar. Neste capítulo é realizada uma revisão bibliográfica acerca do desempenho das coberturas verdes em clima mediterrâneo, da avaliação dos benefícios das mesmas, e da utilização de resíduos da construção em substratos técnicos.

No capítulo 3 apresenta-se a metodologia utilizada ao longo do desenvolvimento da dissertação, generalizada, incluindo-se aspetos desde a construção das coberturas verdes piloto, à caracterização dos substratos com e sem RCD.

No capítulo 4 apresentam-se as diferentes etapas de construção e exploração das instalações piloto, bem como os resultados obtidos atendendo aos vários objetivos da presente dissertação, assim como a discussão dos mesmos.

No capítulo 5, as conclusões do estudo realizado sobre o desenvolvimento de coberturas verdes em clima mediterrâneo, bem como trabalhos futuros que possam vir a ser desenvolvidos para aprofundar o conhecimento sobre o tema.

Nos anexos são incluídos todos os elementos necessários para a compreensão deste estudo, uma vez que não foram possíveis apresentar ao longo do documento devido à dimensão das tabelas.

2. Serviços ecossistêmicos e desempenho de coberturas verdes

2.1. Considerações iniciais e enquadramento histórico

Nos dias de hoje, cada vez mais é possível observar-se coberturas verdes em edifícios de habitação ou em pequenas moradias, bem como em parques de estacionamento subterrâneo. Porém esta realidade que se tem tornado mais frequente em Portugal, já se encontra bem implementada e “comercializada” em alguns países do norte da Europa. Esta redução de implementação de coberturas verdes do norte para o sul da Europa, tem muito a ver com a influência que o clima tem na sobrevivência, manutenção e desempenho das próprias coberturas verdes.

Apesar de o tema de coberturas verdes parecer ser algo recente, não o é. Existem registos destas estruturas verdes desde o tempo das antigas civilizações do rio Tigre e Eufrates, como é o caso dos conhecidos jardins suspensos da Babilónia no século VII e VIII a.C. (antes de Cristo). Durante o período medieval os Vikings, cobriam as paredes e telhados das habitações com vegetação para minimizar os efeitos das intempéries (Figura 2.1), Lopes, 2016.



Figura 2.1 - Habitações Viking (fonte: Pinterest 2013)

Durante a época do modernismo, século XIX, Karl Rabbitz construiu uma cobertura verde na sua habitação, sendo o principal objetivo dessa cobertura analisar o comportamento de um material face às ações agressivas a que iria estar exposto. O resultado originou uma das primeiras inovações no sistema de impermeabilização, permitindo massificar a construção de coberturas verdes. (Costa, 2010).

Posteriormente, a partir dos anos 60 passou a existir uma tendência para a utilização de coberturas verdes, levando ao seu desenvolvimento. Países como a Suíça e a Alemanha passaram a adotar as coberturas verdes como expressão cultural, Coelho, 2014.

Em 1989 foram regulamentadas as coberturas verdes, sendo denominado esse regulamento por FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V). (Magill, 2011).

Porém o desenvolvimento das técnicas construtivas de coberturas planas é que provocou um aumento da utilização das coberturas verdes. Sendo possível implementar este tipo de coberturas numa vasta gama de inclinações do suporte, podendo ir dos 2% aos 17% de inclinação, W. Liu, et al. 2019. Segundo o guia técnico português de coberturas verdes estas devem apresentar uma inclinação entre os 2% e os 30%. Para inclinações superiores a 17% são necessárias medidas adicionais de estabilização do solo (Figura 2.2).



Figura 2.2 - Cobertura verde com inclinação significativa (fonte: Diprotec 2016)

Na região do mediterrâneo também existem exemplos de coberturas verdes com forte expressão arquitetónica, porem as principais finalidades são a absorção de águas da chuva e o controlo das temperaturas no interior das construções. Como exemplo temos a cobertura do parque subterrâneo Praça de Lisboa no Porto (Figura 2.3).



Figura 2.3 - Cobertura verde na cidade do Porto (fonte: idealista 2020)

Ao longo deste capítulo será realizada uma revisão da literatura acerca das matérias relacionadas com coberturas verdes, como o caso das variações de temperaturas superficiais e na cobertura, da retenção do escoamento e do desenvolvimento da vegetação, também serão avaliados os benefícios das coberturas verdes, e os efeitos da utilização de RCD no substrato.

2.2. Tipologias de coberturas verdes e sua constituição

As estruturas verdes utilizadas em coberturas podem ser classificadas em extensivas, intensivas e em semi-intensivas consoante o uso a que se destina, fatores construtivos, tipo de vegetação utilizada e requisitos de manutenção, Liberalesso et al., 2021.

As coberturas extensivas (Figura 2.4) são a solução mais leve, e podem ser instaladas em coberturas planas ou inclinadas já existentes, melhorando a estética da cobertura e não provocando um incremento excessivo de sobrecarga na estrutura. Esta solução de cobertura verde apresenta uma espessura de substrato que varia entre os 6 e os 20 cm, pelo que limita a utilização de alguma vegetação. O uso de plantas suculentas, musgos ou flores silvestres podem ser uma solução para este tipo de cobertura. Uma vez que esta vegetação não apresenta grandes necessidades de rega nem de manutenção, podendo ser colocada em coberturas não acessíveis, Manso et al., 2021.



Figura 2.4 - Cobertura verde extensiva (adaptado de ANCV 2019)

As coberturas intensivas (Figura 2.5) são uma solução que requer um dimensionamento adequando da laje de cobertura para ser implementada, uma vez que a camada de substrato que a compõem costuma apresentar uma profundidade entre os 15 e os 40 cm. Ao apresentarem uma camada de substrato mais profunda permite a colocação de uma maior variedade de plantas ou arbustos, ou até mesmo de árvores, Manso et al., 2021. Porém ao utilizar este tipo de vegetação é necessária uma maior rega, bem como ações de manutenção regulares de limpeza. Podem ainda ter uma finalidade de espaço de lazer, uma vez que o acesso a este tipo de cobertura pode ser permitido.



Figura 2.5 - Cobertura verde intensiva (adaptado de ANCV 2019)

As coberturas semi-intensivas (Figura 2.6) são uma solução intermedia entre cobertura extensiva e intensiva, pois requer uma camada de substrato entre os 12 e os 25 cm, superior a uma solução extensiva, no entanto requer menor rega e trabalhos de manutenção do que uma cobertura intensiva, Manso et al., 2021.



Figura 2.6 - Cobertura verde semi-intensiva (adaptado de ANCV 2019)

A constituição de uma cobertura verde multicamada pode ser observada nas Figura 2.4, Figura 2.5 e Figura 2.6. A primeira camada é o suporte base, este deve ser o mais liso possível e conter a inclinação adequada para que possa ocorrer escoamento das águas pluviais. Em seguida apresenta uma membrana impermeabilizante que pode ser antirraiz, para garantir a estanqueidade do sistema e simultaneamente, assegurar, uma barreira contra as raízes para que não provoque a perfuração da

mesma. A camada de proteção funciona como uma barreira física, tem a finalidade de impedir a passagem de água e nutrientes. A camada drenante pode ser adquirida com a camada filtrante incorporada. A camada drenante apresenta um aspeto de vários “copos” ligados entre si, que retém a água até atingirem a sua capacidade máxima, uma vez atingida essa capacidade a água escoar por essa membrana até ser recolhida num ponto determinado. Esta camada drenante é o local onde a vegetação capta parte da água necessária para o seu metabolismo e transpiração. A camada filtrante, tal como o próprio nome indica permite filtrar a água que passa pelo substrato impedindo que as partículas finas e os sedimentos passem para as camadas seguintes do sistema. A camada de substrato apresenta um papel fundamental pois serve de suporte à vegetação, fornecendo-lhe os produtos necessários ao seu metabolismo, bem como regulariza o escoamento das águas pluviais ou de rega, assim como é o local onde as plantas vão buscar a maior parte da água necessária ao seu metabolismo e transpiração. Como última camada do sistema, a camada de vegetação, esta é escolhida em função do tipo de cobertura verde adotada, bem como do clima onde vai ser instalado o sistema, Teotónio, 2016.

2.3. Fatores estruturais de uma cobertura verde

As propriedades dos sistemas de coberturas verdes variam consoante o local em que são instalados, e conseqüentemente do clima local. Sendo o clima um fator com bastante importância para o bom desempenho do sistema verde.

Na instalação de uma cobertura verde é necessário ter em conta vários fatores estruturais como o material e a profundidade do substrato, o declive e a vegetação a ser utilizada, entre outros, W. Liu, et al. 2019 (Figura 2.7).

Os substratos utilizados em coberturas verdes são substratos técnicos, não devem ser solos vulgares, uma vez que apresentam características próprias como baixa densidade, bem como não apresentam partículas finas (limos e argilas) em quantidades que possam colocar em causa a eficiente drenagem do sistema, ANCV, 2019. Ainda relativamente aos substratos, é importante que a profundidade do mesmo seja tida em conta na capacidade de reter água, pois quanto maior a profundidade de substrato maior será o seu teor de água, em comparação com uma mesma cobertura verde com uma menor espessura de substrato. Levando a que a capacidade de reter água seja menor devido à presença de um maior teor de água. Assim a retenção de água é superior nos meses de verão, face aos meses mais húmidos de inverno, Schultz et al., 2018. Algo que será abordado ao longo deste trabalho será a influência da colocação de RCD em substratos técnicos, e perceber a sua influência.

O declive do sistema de cobertura verde é algo que deve ser bem ponderando, uma vez que para inclinações superiores a 20% são necessárias técnicas construtivas contra deslizamentos. Bem como os problemas de erosão associados à vegetação aumentam significativamente, sendo necessário uma série de cálculos de construção independentes. Em coberturas extensivas, com inclinações elevadas é necessário prever um material de armazenamento de água com mais capacidade de retenção e fornecer mais quantidade de água através da rega, bem como nos períodos de seca, ANCV, 2019.

A inclinação da cobertura é algo que afeta a retenção do escoamento, pois quanto maior a inclinação menor será a retenção média, Getter et al., 2007.

A escolha da vegetação de uma cobertura verde para que esta se desenvolva corretamente e de maneira duradoura é fulcral, como tal é importante identificar os fatores condicionantes do local onde esta será instalada. Um dos fatores condicionantes é o clima, é necessário ter em conta o clima regional, a temperatura e sua variação ao longo do ano, a pluviometria anual, a exposição à luz solar média diária, os períodos de geada, bem como os ventos dominantes e suas intensidades ao longo do ano, ANCV, 2019. De forma que a vegetação seja bem sucedida é importante a escolha de espécies autóctones, ou que se adaptem bem às condições onde irão ser colocadas.

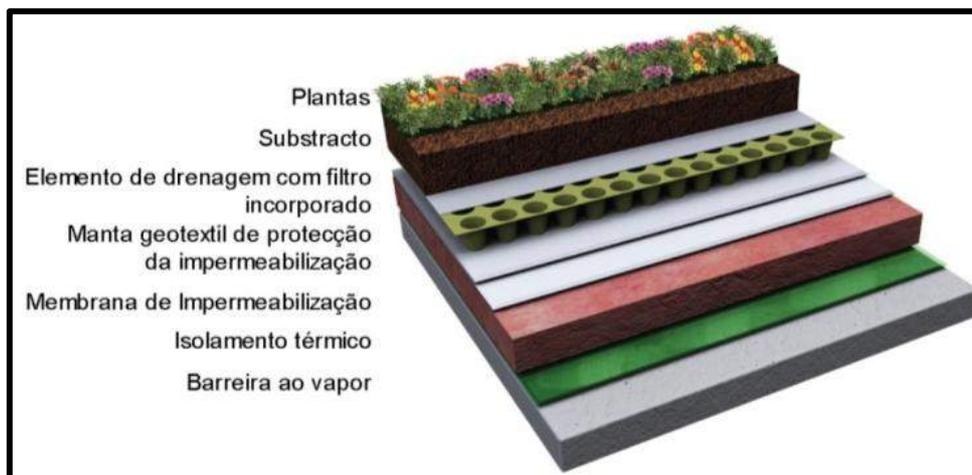


Figura 2.7 - Constituição de uma cobertura verde (fonte: planej 2018)

2.4. Utilização de resíduos da construção no substrato

Os substratos técnicos utilizados em coberturas verdes apresentam características próprias para poderem ser utilizados, não é um solo comum, e constitui o elemento de suporte principal para o crescimento da vegetação. Estes substratos devem permitir uma boa penetração e desenvolvimento das raízes e órgãos subterrâneos das plantas, bem como apresentar todas as propriedades físicas, químicas e biológicas básicas indispensáveis, tendo que ser principalmente uma estrutura estável. Devem também reter e disponibilizar água às plantas, e permitir que a água em excesso seja escoada para a camada drenante. Por outro lado, devem conter um volume de ar suficiente para que haja o arejamento das raízes das plantas, mesmo quando este se encontra saturado. Um substrato técnico para coberturas verdes não deve apresentar partículas finas em quantidades que possam comprometer a drenagem da própria cobertura. Por fim, um substrato deve garantir de forma uniforme o valor do seu peso quando saturado de água, ANCV, 2019.

Aliado às propriedades que um substrato técnico deve conter podem ser consideradas adições, como o caso de resíduos de construção e demolição. Porém há que garantir que essas propriedades não são fortemente alteradas, apesar de a própria adição de RCD acrescentar peso ao conjunto. Assim a

proporção de RCD no substrato deve ser muito bem definida para que não gere substratos muito densos, nem que causem prejuízo para o normal desenvolvimento da vegetação.

Os RCD podem ser de natureza bastante diversa, desde alvenarias, a argamassas e betões, a cerâmicos, a vidro triturado. Nas figuras Figura 2.8 e Figura 2.9 apresentam-se dois tipos de RCD.



Figura 2.8 - Resíduos de alvenaria



Figura 2.9 - Resíduos de argamassas e betão

Na Tabela 2.1 são apresentados vários estudos de introdução de matérias resultantes da demolição de materiais de construção, bem como de outros materiais das mais diversas fontes e origens.

Tabela 2.1 - Materiais e quantidades adicionados aos substratos técnicos

Referência	Local	Clima	Materiais adicionados ao substrato	Quantidade de materiais adicionados (%)
Mickovski et al., 2013	Reino Unido	Oceânico Temperado	RCD triturados (diâmetro < 5mm), contendo agregados cálcicos (65% de peso) e agregados siliciosos (35% de peso)	20%
Bates et al., 2015	Birmingham, Reino Unido	Oceânico Temperado	Alvenaria triturada (<75mm); RCD (<40mm); Agregados sólidos de cinzas (<40mm)	Aproximadamente 90%
Molineux et al., 2015	Londres, Reino Unido	Oceânico Temperado	Argila; Resíduos de pedra; RCD; cinzas de papel;	75%
Eksi et al., 2020	Istanbul, Turquia	Mediterrânico	Betão triturado (10-20mm); Alvenaria triturada (5-10mm); Serradura; Resíduos municipais; material rochoso de origem vulcânica (3-10mm); estrume de ovelha	20% material orgânico 80% material inorgânico
Eksi & Rowe, 2016	Michigan, USA	Continental Húmido	Composto municipal misturado com RCD (porcelana e vidro reciclado)	80%

No estudo de Mickovski et al., 2013 a mistura de substratos contendo RCD não interferiu no normal crescimento das plantas, apresentou-se resistente à erosão e deslizamento e revelou uma boa capacidade de drenagem (alto coeficiente de permeabilidade), bem como retardou o fluxo de drenagem.

Segundo Bates et al., 2015 os substratos com alvenaria triturada ou agregados reciclados são recomendados, uma vez que revelaram um maior desenvolvimento e diversidade de plantas em comparação com outros substratos sem alvenaria triturada. Porém, a adição de alvenaria triturada exclusivamente, revelou melhores resultados de desenvolvimento da vegetação face à mistura com RCD. Os agregados sólidos provenientes de cinzas não são recomendados como adição a um substrato técnico para coberturas verdes, uma vez que não permitem um normal desenvolvimento da vegetação plantada. E a qualidade do escoamento resultante do substrato com adição de agregados sólidos de cinzas necessita ser melhor estudado, para analisar se origina uma contaminação no escoamento.

Relativamente ao estudo de Molineux et al., 2015 foi apresentado que a adição de argila ao substrato técnico originou um aumento da cobertura vegetal, e um maior número de espécies do que em qualquer outro substrato. Os substratos produzidos a partir da mistura de dois ou mais tipos de agregados também apresentaram boas condições para o desenvolvimento da vegetação.

Segundo Eksi et al., 2020 os substratos à base de material rochoso de origem vulcânica e de resíduos municipais apresentaram resultados mais promissores em relação às outras adições, pois o crescimento das plantas e as propriedades físicas e químicas do substrato apresentavam melhores características. Neste estudo a adição de alvenaria triturada ao substrato apresentou as piores características para o desenvolvimento da vegetação, bem como propriedades físicas e químicas.

No estudo de Eksi et al., 2016 foram adicionadas adições aos substratos técnicos para uma comparação com um substrato de referência de xisto expandido. Após a realização de vários ensaios chegaram à conclusão de que o substrato de referência com xisto expandido apresentou uma melhor retenção de água e como tal permitiu um melhor desenvolvimento da vegetação. Referem que caso as porcelanas e o vidro reciclado apresentassem uma redução do seu tamanho, seria possível reduzir a sua condutividade hidráulica, aumentando a retenção de água nesse substrato gerando um maior crescimento das plantas.

Os materiais reciclados podem ser constituintes viáveis para adicionar a substratos técnicos de coberturas verdes, uma vez que podem melhorar a sua resiliência, pelo aumento da cobertura vegetal e da diversidade. Porém a seleção da vegetação é um dos fatores importantes, pois em alguns estudos mencionado anteriormente, a alvenaria triturada foi uma ótima solução, gerando um desenvolvimento vegetal significativo para algumas espécies e para outras não. Portanto há que ter em conta a diversidade de plantas que podem ser selecionadas para coberturas verdes, e a sua compatibilização com as possíveis adições introduzidas aos substratos técnicos.

2.5. Desempenho em clima de condições mediterrânicas

O desempenho de uma cobertura verde varia bastante consoante o local da sua instalação. Pois as condições climáticas influenciam bastante o desempenho da mesma. Os níveis de humidade anual, a taxa de precipitação média anual, a exposição solar, a temperatura ao longo do ano, são alguns dos fatores que variam bastante de clima para clima, devendo ser feita uma seleção criteriosa e cuidadosa do tipo de vegetação a ser usada em cada situação.

O clima em condições mediterrânicas caracteriza-se por verões secos e quentes, podendo assemelhar-se a verões de climas áridos e semiáridos com temperaturas ligeiramente mais baixas. O inverno caracteriza-se como bastante chuvoso. Mais especificamente em Portugal, os verões são bastante quentes podendo atingir temperaturas próximas dos 40°C na região mais a Sul do continente. Na época de inverno é frequente períodos de chuva prolongados e recorrentes na zona Norte do continente, enquanto na zona abaixo do Tejo é habitual períodos de chuva com alta intensidade e com períodos de curta duração, Yang et al., 2020.

Como se pode observar nas Figura 2.10, Figura 2.11 e Figura 2.12, o perfil de temperaturas em Lisboa, Barcelona e Palermo são de uma ordem de grandeza próxima. Em ambos os casos registam-se as temperaturas mais elevadas entre os meses de julho e agosto, e com temperaturas médias a rondar os 30°C. Já as temperaturas mais baixas registam-se em dezembro e janeiro, em Lisboa e Barcelona, já em Palermo regista-se em fevereiro.

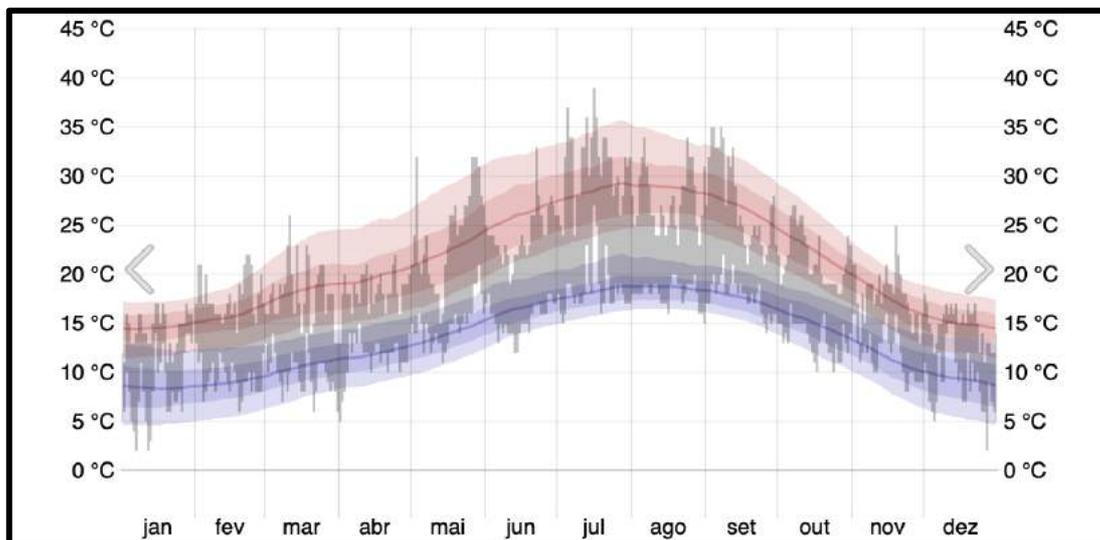


Figura 2.10 - Variação da temperatura no ano de 2020 em Lisboa, Portugal (fonte: weatherspark 2021)

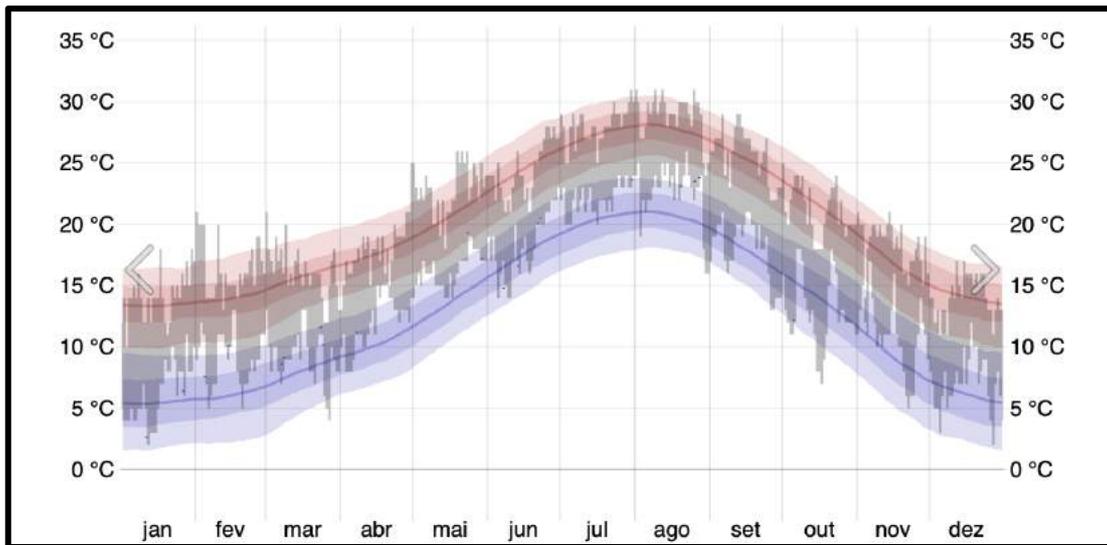


Figura 2.11 - Variação da temperatura no ano de 2020 em Barcelona, Espanha (fonte: weatherspark 2021)

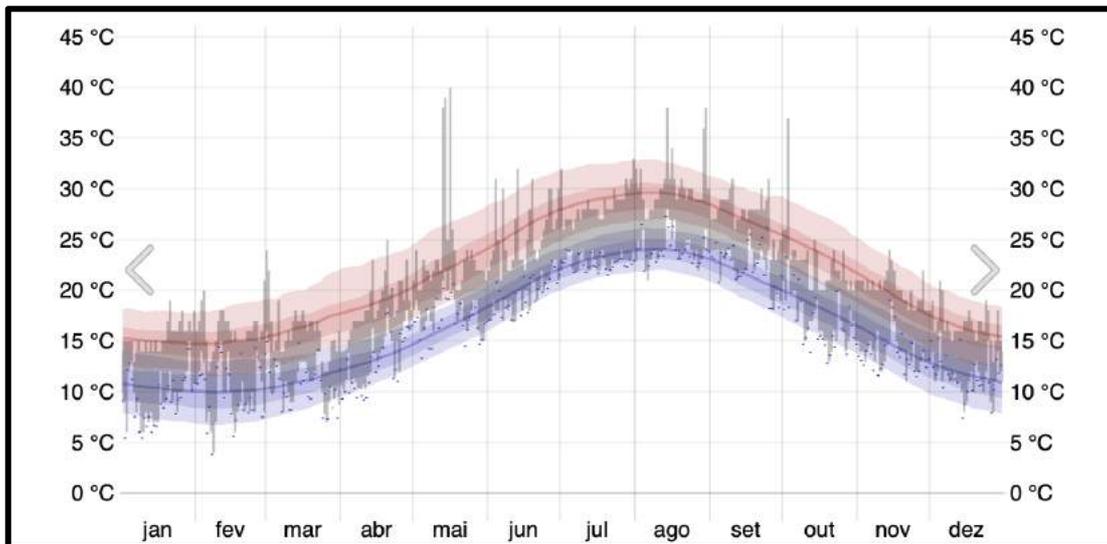


Figura 2.12 - Variação da temperatura no ano de 2020 em Palermo, Itália (fonte: weatherspark 2021)

2.5.1. Variação de temperaturas superficiais e na cobertura

A sustentabilidade do desenvolvimento urbano tem despertado atenção a nível mundial, uma vez que as cidades em todo o mundo tem enfrentado uma variedade de consequências indesejadas causadas por atividades antrópicas, sendo essas consequências agravadas pelo crescimento das populações urbanas. O acréscimo das populações a viver em meio urbano provocou um aumento da edificação e de pavimentos asfaltados, provocando uma subida da temperatura superficial durante o dia. A utilização de materiais com elevada inércia térmica como o betão, por exemplo, faz com que o calor absorvido durante o dia seja libertado continuamente por convecção durante a noite. Assim, as superfícies impermeáveis são consideradas a principal causa do efeito da ilha de calor urbana, ou seja, a área urbana de uma cidade apresenta uma temperatura superior à área rural em seu redor, Zhang et al.,

2021. O efeito da ilha de calor é a causa de cerca de 1/3 do aumento da temperatura nas cidades, desde o início do século XX, Susca et al., 2011.

Mais concretamente, o efeito da ilha de calor urbana depende principalmente da modificação do balanço energético em áreas urbanas, devendo-se a vários fatores como as propriedades térmicas dos materiais de construção, da inexistência ou substituição de áreas verdes por superfícies impermeáveis que limitam a infiltração e a evapotranspiração, assim como do albedo urbano, Susca et al., 2011.

O efeito da ilha de calor resulta dos materiais selecionados nas infraestruturas e edifícios que constituem esse meio urbano, como tal é necessário encontrar soluções que permitam reduzir esse efeito. As coberturas de edifícios podem ser zonas de intervenção, através da implementação de sistemas de coberturas verdes, quer em edifícios já existentes ou em novos projetos, uma vez que os telhados constituem cerca de 20 a 25% da superfície urbana numa cidade, Susca et al., 2011.

As coberturas verdes podem ser uma solução viável para a redução do efeito da ilha de calor urbana, uma vez que reduzem a temperatura superficial por meio da evapotranspiração e provocam uma subida do albedo. Isto é, provoca o meio urbano mais refletivo perante a radiação incidente.

Em seguida na Tabela 2.2 é apresentada uma síntese das reduções médias e máximas da temperatura em sistemas de coberturas verdes, face a coberturas tradicionais. Ambos os estudos foram realizados em clima temperado mediterrânico.

Tabela 2.2 - Reduções médias e máximas em coberturas verdes em clima mediterrâneo

Referência	Local	Reduções médias	Reduções máximas
Gilbert et al., 2021	Barcelona, Espanha	0,15°C (durante o dia) e 0,17°C (durante a noite), referente a onda de calor	1,70°C (15h) e 1,24°C (7h)
Bevilacqua et al., 2017	Calábria, Itália	Redução de 0,57 a 0,63 vezes, em relação a uma cobertura tradicional	Para três coberturas verdes obtiveram reduções máximas de 29,9°C, 33,4°C e 34,1°C
Manso et al., 2021	Portugal	1,34°C, referente ao efeito de ilha de calor	Variando entre o mínimo de 1°C e um máximo de 2,3°C

O estudo realizado por Gilbert et al., 2021 em Barcelona, expõe que os sistemas de coberturas verdes podem alcançar reduções médias da temperatura durante o dia de 0,15°C, e durante a noite de 0,17°C. Alcançou as reduções máximas de temperatura na ordem dos 1,24°C a 1,70°C, às 7 horas e 15 horas respetivamente. Estas reduções de temperatura estão relacionadas com o efeito das coberturas verdes perante as vagas de calor, em comparação com coberturas tradicionais. Ou seja, demonstram o potencial das coberturas verdes em reduzir a temperatura superficial numa cobertura. Segundo o

mesmo estudo, um incremento da intensidade de rega de 2 L/m² para 5 L/m² provoca uma diferença mais acentuada entre o impacto diurno e o noturno. As temperaturas reduzem com maior relevância durante o dia uma vez que o processo de evapotranspiração é intensificado, incrementado o calor latente em vez do calor sensível. Nestas condições foram alcançadas reduções máximas de temperatura de 2,46°C (15 horas) e 1,44°C (7h).

O estudo de Bevilacqua et al., 2017 realizado em Itália, expõe que uma cobertura tradicional em junho alcançou um pico de temperatura de 74,3°C, enquanto os sistemas de coberturas verdes produzidos para o estudo foram capazes de atingir reduções de temperaturas superficiais médias de 0,57 a 0,63 vezes mais baixas. Esta variação alcançada na redução da temperatura em coberturas verdes resultou da diferença na constituição das mesmas, quer a nível dos materiais que constituem o sistema quer a nível do tipo de vegetação utilizada. Ainda neste estudo foram verificadas reduções máximas entre a cobertura tradicional e os três sistemas de coberturas verdes de 29,9°C, 33,4°C e 34,1°C.

O estudo de Manso et al., 2021 baseou-se numa revisão bibliográfica de vários autores. O potencial de redução de temperaturas superficiais em coberturas verdes, face a outras coberturas tradicionais, pode ser alcançadas reduções médias na ordem dos 1,14°C, e uma redução máxima de 2,3°C, relativamente ao efeito da ilha de calor.

Nestes três artigos é possível concluir que coberturas verdes, primeiramente, permitem reduzir as temperaturas superficiais numa cobertura. Segundo, coberturas verdes são eficazes para reduzir o efeito das ondas de calor em zonas urbanizadas, pois o efeito de ilha de calor é reduzido, permitindo tornar a temperatura nas cidades mais amenas. Aliando a substituição de coberturas tradicionais em coberturas verdes em zonas que sofrem ondas de calor, podem ser obtidos valores de redução de temperatura interessantes.

Porém a redução da temperatura, tal como se verificou nos estudos mencionado anteriormente, varia do local de instalação e do tipo de cobertura de referência que é usada para comparar, pois uma cobertura tradicional pode ser realizada de maneira distinta de região para região, assim como o tipo e constituição do sistema de cobertura verde. Outro fator que influencia bastante a temperatura superficial na cobertura é o teor de água na mesma, pois quanto maior for esse teor de água, superior será a redução da temperatura pelo efeito de evapotranspiração. Assim em zonas com condições de verões muito quentes, este efeito para ser alcançado é necessário maiores períodos de rega.

2.5.2. Retenção do escoamento

As coberturas verdes quando bem delineadas e projetadas podem ser uma importante ferramenta no controlo de inundações em áreas urbanas fortemente densificadas. A massificação de zonas impermeáveis não permite a absorção das águas pluviais e por conseguinte originam elevados escoamentos superficiais que tendem a escoar para as zonas mais baixas das cidades, que quando aliados a eventos marítimos de preia-mar, por exemplo, originam inundações nessas zonas.

Neste ponto de vista, em aglomerados urbanos as coberturas verdes geram alguns benefícios, entre eles destacam-se a retenção das águas pluviais, permitem atrasar o tempo de descarga de pico, assim como atenuar o volume de descarga de pico (W. Liu, Feng, Chen, Wei, & Deo, 2019).

Na Tabela 2.3 são apresentados vários estudos realizados acerca da retenção média do escoamento, bem como do atraso do pico do mesmo.

Tabela 2.3 - Retenção e atraso do pico no escoamento

Referência	Local	Clima	Retenção média do escoamento	Atraso do pico de escoamento
Schultz et al., 2018	Portland, USA	Temperado com características mediterrânicas	32,9% (Espessura do substrato de 125mm) e 23,2% (75mm)	-
Barnhart et al., 2021	USA	-	Entre 30 e 86%	30 minutos
W. Liu et al., 2019	Gansu, China	Semi-árido	Entre 12,68% e 38,02%	-
W. Liu, et al. 2019	Gansu, China	Semi-árido	23% (alta intensidade de precipitação) e 33,2% (baixa intensidade)	9,2 minutos (alta intensidade de precipitação) e 21 minutos (baixa intensidade)

No estudo de W. Liu et al., 2019, tentaram perceber a influência dos fatores estruturais no escoamento de águas pluviais em coberturas verdes extensivas. Instalaram dez coberturas verdes a escala reduzida em que pretendiam estudar o efeito da variação do material constituinte do substrato, da espessura, da vegetação e da inclinação. Recorreram à simulação de eventos de precipitação com intensidades na ordem dos 20 mm. Utilizando uma análise de variância univariada (ANOVA), avaliaram estatisticamente a influência dos quatro fatores estruturais em coberturas verdes. Como resultado do procedimento estatístico, determinaram que o material do substrato é o que apresenta uma maior influência na retenção de escoamento, seguindo da profundidade do mesmo, do declive, e com menor significância para a retenção do escoamento a vegetação. Por outro lado, perceberam que o desempenho de uma cobertura verde está fortemente relacionado com a intensidade da precipitação. Quanto maior a intensidade menor será a retenção e menor será o atraso do pico de escoamento, tal como se pode observar na Tabela 2.3. Assim, segundo W. Liu et al., 2019 as propriedades físicas de um substrato, particularmente a distribuição do tamanho dos poros e a capacidade máxima de retenção de água, definem as capacidades de retenção e libertação.

Existem fatores que influenciam a retenção do escoamento em coberturas verde, tais como as propriedades físicas do substrato e a profundidade do mesmo, a inclinação da cobertura, o tipo de vegetação, bem como o desempenho de longo prazo e sazonal, W. Liu, et al., 2019. Este estudo obteve

os mesmos resultados do estudo referido anteriormente, em que o material do substrato é o que contribui em maior escala para a retenção das águas pluviais em coberturas verdes. Neste estudo a análise foi realizada recorrendo ao método de Taguchi com o objetivo de comparar o efeito dos materiais do substrato, profundidade, tipos de vegetação e declive na retenção de escoamento em coberturas verdes extensivas, e determinar a contribuição parcial de cada fator estrutural referido anteriormente. Neste estudo W. Liu, et al., 2019, os resultados do método de Taguchi, revelaram que as condições ótimas para que a retenção seja maximizada seriam nas condições de um substrato S2 (constituído por solo rural, óleo de turfa, agulha de pinheiro, perlite) com uma profundidade de 5 cm e uma inclinação de 7%. Segundo este estudo a capacidade de retenção média do escoamento foi entre 12,68% e 38,02%.

O estudo realizado por Barnhart et al., 2021, através da modelação hidrológica de uma bacia hidrográfica permitiu perceber o efeito da implementação de coberturas verdes nessa área. Utilizaram o modelo VELMA para simular os efeitos da implementação de coberturas verdes na descarga hidrológica. Este modelo simula as alterações na infiltração e redistribuição da água no solo, na evapotranspiração, no escoamento superficial e subterrâneo, bem como o ciclo de carbono e nitrogénio nas plantas e solo. O modelo contempla a implementação de várias percentagens de coberturas verdes nos edifícios existentes, sendo 25%, 50%, 75% e 100% respetivamente. Resultados da simulação demonstram que a implementação de 100% de coberturas verdes em edifícios existentes, podem atingir, aproximadamente, 10-15% e 20-25% de redução do escoamento médio anual. Constataram que o solo uma vez saturado, o fluxo de água é determinado pela condutividade hidráulica do meio bem como da diferença de potencial, sendo o material que constitui o substrato que condiciona este fluxo de água. Alcançaram uma capacidade média de retenção entre 30% e 86%, e um atraso de pico de 30 minutos.

Segundo Schultz et al., 2018 instalaram duas coberturas verdes extensivas, em que a espessura dos substratos eram diferentes, sendo de 125 mm e 75 mm. Através de medições reais alcançaram taxas de retenção do escoamento de 32,9% (125 mm) e 23,2% (75 mm). Constataram que existe uma retenção percentual superior nos meses de verão, face aos meses mais húmidos de inverno, uma vez que a humidade influencia negativamente a retenção de água no substrato. Para que uma cobertura verde mais profunda tenha um desempenho superior a uma com menor profundidade, é necessário que o solo esteja seco o suficiente para reter maior quantidade de água. Neste estudo concluíram, ainda, que para Portland, aumentar a profundidade do substrato em 50 mm pode resultar num aumento de 10% na retenção anual de águas pluviais.

Existem parâmetros que afetam o escoamento superficial de coberturas verdes, e conseqüentemente a retenção do mesmo. A humidade inicial no substrato, a condutividade hidráulica saturada e a profundidade são parâmetros que influenciam a retenção do escoamento, W. Liu et al., 2021.

Assim a retenção do escoamento em coberturas verdes é algo que depende de muitos parâmetros, uns que podem ser tidos em conta no projeto da cobertura verde, como o tipo de substrato e a profundidade, visto serem os que maior impacto na retenção do escoamento tem, outros não são

possíveis de controlar, como a intensidade de precipitação, ou o próprio intervalo entre eventos de precipitação, afetando fortemente o desempenho da cobertura verde.

2.5.3. Desenvolvimento da vegetação

As coberturas verdes em clima mediterrâneo são uma alternativa bastante benéfica quer para o meio urbano em que se insere, como para o próprio edifício/parque subterrâneo em que são instaladas.

O último elemento constituinte de uma cobertura verde é a vegetação, e apresenta um papel importante no desenvolvimento do sistema ao longo do tempo. A vegetação não influencia fortemente a retenção do escoamento, porém apresenta um papel importante na redução do efeito de ilha de calor, uma vez que comparado com outros materiais apresentam um albedo superior, tornando esta solução mais refletiva da radiação incidente.

Na escolha da vegetação para o sistema de cobertura verde é importante que a vegetação esteja adaptada ao clima a que vai estar exposta, assim a utilização de plantas autóctones passa por uma boa solução. A vegetação nativa deve ser a escolha por várias razões, primeiro já se encontra adaptada às condições climáticas locais, segundo, pode ajudar a restaurar ecossistemas nativos, atraindo espécies nativas de vários animais, e por último aumenta a biodiversidade do sistema ecológico, Cristiano et al., 2020.

Em clima de condições mediterrânicas, as espécies de *Sedum* apresentam resistência a verões quentes e secos e longos períodos de seca, devido à sua via fotossintética específica (metabolismo ácido das crassuláceas, CAM) e às suas folhas suculentas, van Mechelen et al., 2015. Requerem pouca rega artificial e manutenção, Cristiano et al., 2020. Por outro lado, as espécies anuais, particularmente em clima mediterrâneo, também são promissoras para serem utilizadas em coberturas verdes, uma vez que no seu ciclo de vida curto permitem que passem os meses secos de verão como sementes, e germinem posteriormente após as chuvas do outono, van Mechelen et al., 2015.

Um estudo realizado por Pérez et al., 2020 teve como objetivo a avaliação do desenvolvimento de cinco espécies de *Sedum* numa cobertura verde extensiva em clima mediterrâneo. Neste estudo as espécies de *Sedum* utilizadas foram as seguintes:

- *Sedum Album* L. (Figura 2.13);
- *Sedum Sediforme* L. (Figura 2.14);
- *Sedum sexangular* L. (Figura 2.15);
- *Sedum Spurium* cf. *oCoccineum* (Figura 2.16);
- *Sedum Spuurium* cf. *oSummer Glory* (Figura 2.17).



Figura 2.13 - *Sedum album* L.



Figura 2.14 - *Sedum sediforme* L.



Figura 2.15 - *Sedum sexangular* L.



Figura 2.16 - *Sedum Spurium* cf. *oCoccineum*



Figura 2.17 - *Sedum Spurium* cf. *oSummer Glory*

Os resultados do estudo revelaram que das cinco espécies estudadas o *Sedum album* L. (Figura 2.13) e o *Sedum sexangular* L. (Figura 2.15) foram os que apresentaram melhor desempenho e adaptação às condições locais. Isso poderá ter sido consequência da sua estratégia de cobertura superficial elevada, caracterizada não só por um grande aumento de área (crescimento bidimensional), como também uma tendência de crescimento em forma esférica. Pois plantas com formas esféricas são consideradas mais estáveis aos efeitos negativos externos num ponto de vista ecológico, bem como poderá fornecer uma melhor provisão dos sistemas ecossistêmicos associados, como o efeito de sombra, redução do ruído, absorção de poluição, entre outros. Por outro lado, o *Sedum spurium* devido à sua cor avermelhada, pode ter apresentado uma menor taxa fotossintética e, como tal, ser menos competitiva num ambiente de recursos limitados e altamente stressados, materializando com a menor taxa de cobertura do estudo, Pérez et al., 2020.

2.6. Avaliação dos benefícios das coberturas verdes

As coberturas verdes apresentam vários benefícios quer a nível ambiental, quer social, quer económicos. Assim é importante perceber os benefícios das coberturas verdes, sejam intensivas, extensivas ou semi-intensivas.

As coberturas verdes são uma solução de controlo na origem, ou seja, são aplicadas a montante da rede de drenagem, com o objetivo de promover a infiltração de águas pluviais, através da redução de áreas impermeáveis ligadas à rede. Como resultado os volumes e caudais de escoamento urbano sofrem uma redução, reduzindo o risco de inundação urbana e a poluição e erosão dos meios-recetores, Matos e Ferreira, 2011.

Os resultados mostram que estudos acerca dos benefícios de coberturas verdes são bastantes, sendo que a maior parte dos artigos abordam as questões hídricas representando 40,9%, aspetos térmicos representam 30% e 3,5% abordam a qualidade do ar, H. Liu et al., 2021.

O efeito de ilha de calor nas cidades é outro aspeto que as coberturas verdes permitem reduzir. O aumento da capacidade de arrefecimento das superfícies, pode ser conseguido através das coberturas verdes, uma vez que a vegetação possui capacidade de absorver as radiações solares para desenvolver as suas funções biológicas, e assim criam um microclima mais ameno devido à evaporação do solo e da transpiração das plantas originando um arrefecimento na folha da planta e no ar ambiente em seu redor, Manso et al., 2021.

Um estudo de revisão bibliográfica de Manso et al., 2021, explica que muitos estudos efetuados avaliam a economia de energia em telhados verdes, comparando a quantidade de energia necessária para aquecimento e arrefecimento em relação a telhados tradicionais pretos ou brancos. Na Figura 2.18 são apresentados os resultados do estudo.

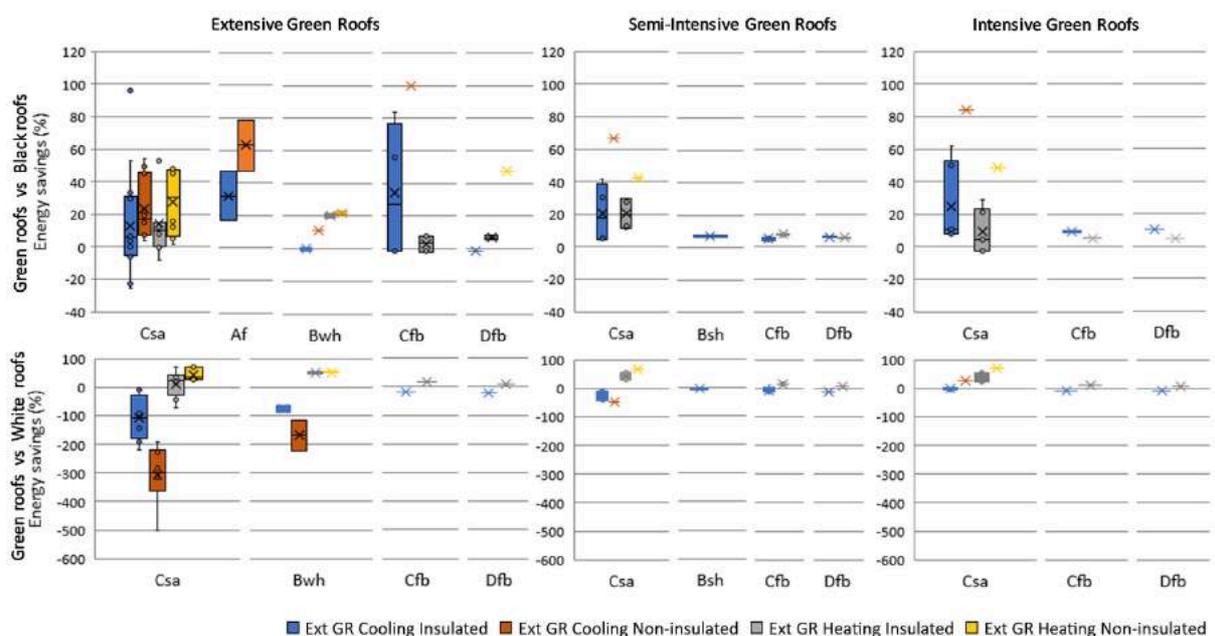


Figura 2.18 -Comparação dos vários tipos de coberturas relativamente ao consumo de energia (Manso et al., 2021)

Manso et al., 2021 constataram que os telhados brancos refletem a maior parte da radiação solar incidente durante o dia, e irradiam o calor armazenado durante a noite, reduzindo as transferências de calor para o interior dos edifícios durante a estação de arrefecimento. Relativamente à comparação dos telhados verdes com os telhados pretos, tem-se que os verdes fornecem um isolamento térmico adicional, devido à espessura do substrato. Além disso a presença de uma camada de isolamento térmico na cobertura, apresenta uma influência significativa nos resultados.

Na Tabela 2.4 são apresentados alguns estudos que demonstram os benefícios das coberturas verdes.

Tabela 2.4 - Avaliação dos benefícios das coberturas verdes

Referência	Local	Clima	Tipo de estudo	Benefícios
Rasul & Arutla, 2020	Sydney, Austrália	-	Simulações recorrendo ao software SimaPro	Coberturas verdes apresentaram benefícios ambientais três vezes superiores a uma cobertura tradicional, podendo reduzir a poluição atmosférica de 35% para 100%; Coberturas verdes intensivas apresentaram um desempenho, em termos ambientais, superior em comparação com outros tipos de coberturas verdes
Koroxenidis & Theodosiou, 2021	-	Mediterrâneo	Simulações	Reduções significativas: <ul style="list-style-type: none"> • no consumo de energia quer para aquecimento (até 8,30%) para arrefecimento (até 3,50%); • no consumo total de energia ao longo do ciclo de vida (8-31%); • emissões de CO₂ (24-32%); • produção de resíduos (15-60%). Coberturas verdes extensivas apresentaram melhores resultados.
Ziogou et al., 2017	Chipre	Mediterrâneo	Simulações recorrendo ao software EnergyPlus	Reduções: <ul style="list-style-type: none"> • 25% de energia primaria no aquecimento, e até 20% no arrefecimento; • Das emissões de CO₂, NOx e SO₂.

Uma análise dos vários estudos referidos acima permite concluir que o tipo de cobertura verde pode diferir de região para região, no caso de Rasul & Arutla, 2020 as coberturas verdes intensivas apresentavam um melhor desempenho em termos ambientais que as restantes. Já no estudo de Koroxenidis et al., 2021 a cobertura verde extensiva apresentou melhores resultados também a níveis ambientais. Estas diferenças nos resultados podem ser explicadas pelo facto do primeiro estudo ser realizado na Austrália, e o segundo ser numa região com clima mediterrâneo. Relativamente a reduções resultantes da instalação de coberturas verdes, ambos os estudos estão em conformidade, pois apresentam reduções no consumo energético, bem como das emissões de certos gases, assim como na produção de resíduos. Todavia, segundo Koroxenidis et al., 2021 as coberturas verdes apresentam um aspeto negativo em termos ambientais, pois requerem uma quantidade considerável de água ao longo do seu ciclo de vida, podendo atingir valores na ordem dos 279 - 835%. Em ambientes onde a

água é um bem escasso é importante ter esse fator em conta, pois pode tornar a solução ambientalmente inviável.

3. Metodologia

3.1. Considerações iniciais

Conforme referido anteriormente o desempenho das coberturas verdes depende da região onde se encontram, logo de fatores tais como a quantidade e intensidade de precipitação, a temperatura diária, a humidade no ar, entre outros. Além disso existem fatores estruturais da própria cobertura verde que também afetam o desempenho das mesmas, como a espessura e tipo de substrato, a inclinação ou o tipo de vegetação, ou ainda a disposição relativamente a outros edifícios ou obstáculos.

Deste modo, foi desenvolvida uma metodologia para a instalação, monitorização e avaliação das coberturas verdes piloto estudadas ao longo desta dissertação

3.2. Metodologia adotada

A metodologia utilizada nas coberturas verdes piloto inicia-se com a implantação/construção das coberturas verdes. Em seguida abrange os ensaios realizados e a respetiva sequência de procedimentos realizados, bem como o tratamento dos resultados experimentais. Simultaneamente contempla os procedimentos de manutenção adotados nas coberturas verdes piloto.

Em seguida apresenta-se um esquema resumo da metodologia adotada (Figura 3.1).

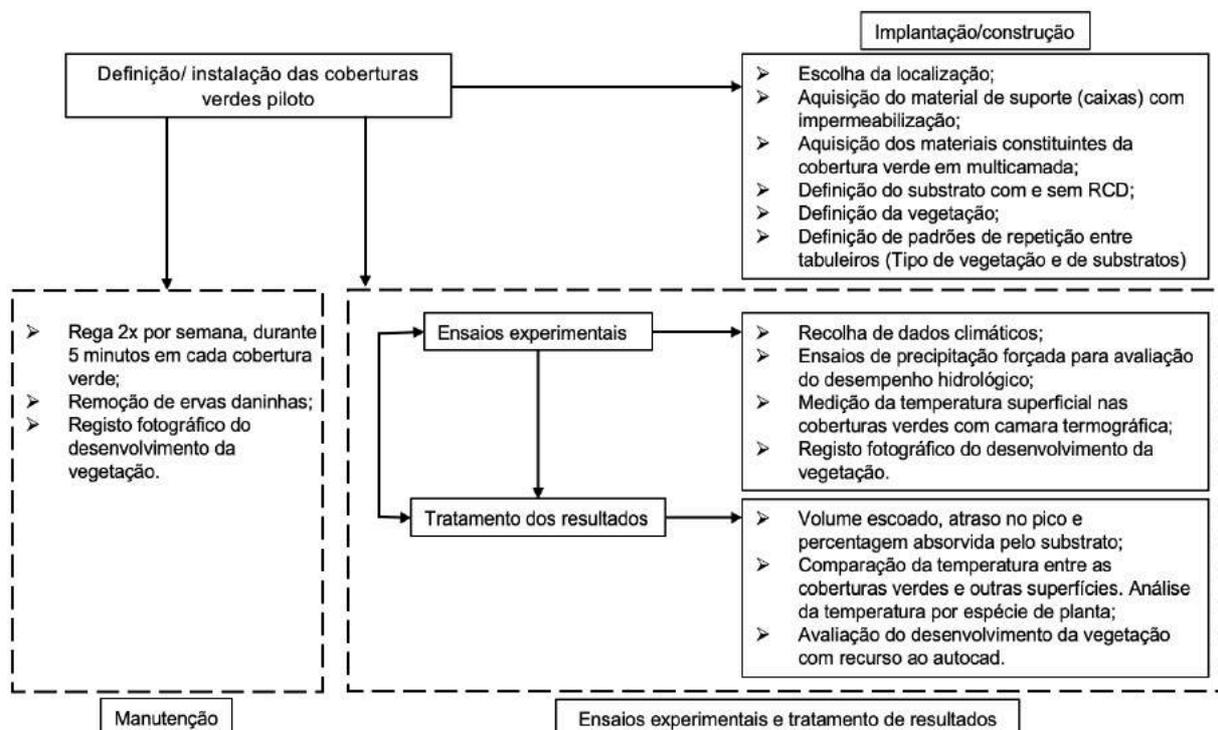


Figura 3.1 - Esquema da metodologia adotada nas coberturas verdes piloto

3.2.1. Implantação/construção das coberturas verdes piloto

Na implantação/construção das coberturas verdes selecionou-se um local que pudesse ter as menores interferências de outros edifícios, pois o fator de sombreamento poderia causar problemas de desenvolvimento na vegetação. Procurou-se um local que tivesse alguma proteção às intempéries que pudessem ocorrer ao longo do estudo, bem como um local que o acesso fosse condicionado para que não ocorresse o risco de ações de vandalismo. E um fator determinante na seleção do local, foi a proximidade a um ponto de água, necessária para as várias simulações e para a rega das coberturas verdes piloto. Nesta fase também definiu-se a vegetação mais adequada para os estudos a serem realizados.

O número de caixas utilizadas foram oito, sendo instaladas em momentos diferentes, pois nas primeiras quatro apenas foram utilizados substratos técnicos, enquanto que nas restantes quatro foram adicionados RCD aos substratos técnicos. Relativamente às caixas utilizadas para servir de coberturas verdes constatou-se que as suas paredes laterais eram demasiado altas, o que provocava um efeito de sombreamento indesejado, pelo que se cortou cerca de 40 cm. As caixas foram colocadas com uma inclinação de 2°, para que o escoamento da cobertura verde se de no sentido do tubo de descarga. Um aspeto importante na colocação das caixas foi a sua altura relativamente ao chão, pois teve-se de garantir que existia espaço suficiente para colocar um balde para recolher a água do tubo de descarga da cobertura. Assim colocou-se umas bases de 15cm em cada pé da caixa para garantir essa altura.

Uma vez colocadas no local certo e com a inclinação adequada, procedeu-se à colocação das várias camadas constituintes de uma cobertura verde. Primeiramente colocou-se a manta de retenção e proteção, de seguida o elemento de drenagem Floradrain FD25, e em seguida a camada de filtro. Posteriormente adicionou-se os substratos técnicos com e sem RCD nas respetivas caixas.

Uma vez tudo preparado para receber a vegetação, definiu-se os padrões de repetição entre tabuleiros, ou seja, o tipo de vegetação e de substratos. Em seguida colocou-se a vegetação no substrato técnico de cada caixa.

Em seguida apresenta-se de forma esquemática o processo descrito anteriormente (Figura 3.2).



Figura 3.2 - Implantação/construção das coberturas verdes piloto

Os substratos são a última camada a ser colocada numa cobertura verde, sendo de seguida colocada a vegetação.

Tal como referido anteriormente foram instaladas oito coberturas verdes, sendo quatro delas com adição de RCD. Nas quatro caixas sem RCD foram utilizados 150 litros de substrato técnico, preenchendo uma altura de 15 cm. Nas restantes quatro caixas foram adicionados RCD numa proporção de 33,3% (50 litros), e 66,6% (100 litros) de substrato técnico.

O processo de tratamento dos RCD envolveram várias fases, desde a recolha, triagem, fragmentação e peneiração.

Na fase de recolha procedeu-se à máxima quantidade possível de RCD recolhidos, e armazenando em sacas para posterior tratamento.

Na fase de triagem, remove-se todos os materiais que não sejam de argamassa, betão ou alvenaria.

Na fase de fragmentação manual utilizou-se uma marreta de 10 kg para reduzir o máximo possível a dimensão dos RCD.

Na fase de peneiração recorreu-se uma máquina que provocava vibração nos peneiros e permitia obter as dimensões de RCD definida à partida. Utilizou-se os peneiros de 4 e 20 mm.

Uma vez obtidos os RCD dentro da dimensão definida, fez-se a mistura com os substratos técnicos com recurso a uma betoneira de 100 litros para garantir que uma mistura o mais homogenia possível. Em seguida colocou-se nas várias caixas, para posteriormente receberem as plantas.

Em seguida na Figura 3.3 apresenta-se um esquema das fases descritas anteriormente.

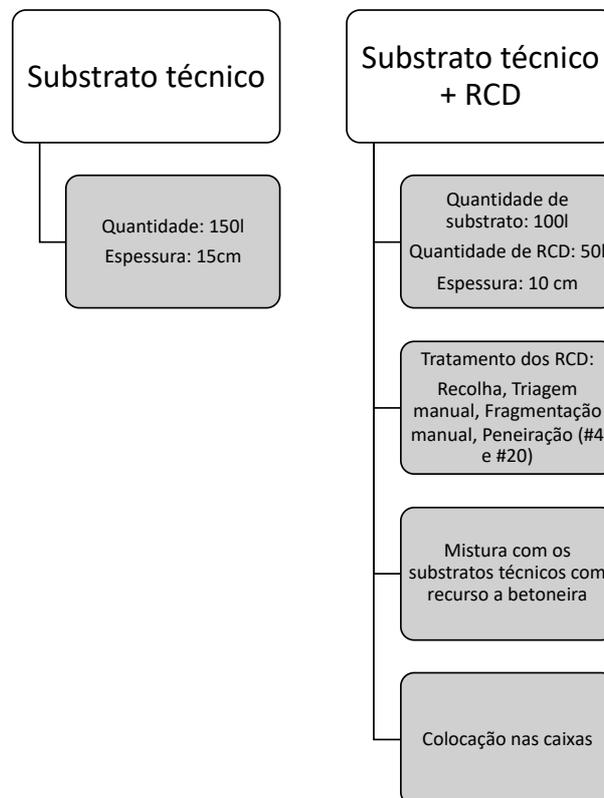


Figura 3.3 - Processos dos vários substratos

3.2.2. Ensaios experimentais e tratamento de dados

Os ensaios nas coberturas verdes podem ser divididos em três fases, numa fase anterior à rega, a fase de rega e a fase pós rega.

Anteriormente aos ensaios de simulação de precipitação foram medidas as humidades e as espessuras do substrato em cada cobertura, sendo efetuadas cinco medições por cobertura. Nos dias definidos para a medição das temperaturas superficiais em cada cobertura, também foram registadas antes das simulações de precipitação. Previamente ao processo de simulação de precipitação mede-se o caudal que saia do chuveiro, com recurso a um garrafão de 5l e cronometra-se o tempo que demorou a encher.

Durante a simulação de precipitação coloca-se a base do chuveiro numa zona estável e uma altura que a água que dele saísse atingisse totalmente a cobertura verde, para minimizar ao máximo as perdas de água para o exterior da caixa. A partir do momento que se inicia o processo de simulação cronometra-se o tempo. Nesta fase colocou-se um balde na zona do tubo de descarga da caixa para que a água possa ser recolhida e posteriormente pesada, e anotou-se o instante em que começou a ocorrer escoamento. Este processo de recolha da água e pesagem repetiu-se enquanto ocorreu escoamento, durante intervalos constantes de 5 minutos.

Após a simulação de precipitação o processo de recolha de água e pesagem repetiu-se até o escoamento ser praticamente nulo. Nesta fase, logo após o fim da simulação de precipitação voltou-se a medir a humidade no substrato, e passados 20 minutos repetiram-se as medições.

Na Figura 3.4 apresenta-se de forma esquemática o processo anteriormente descrito.

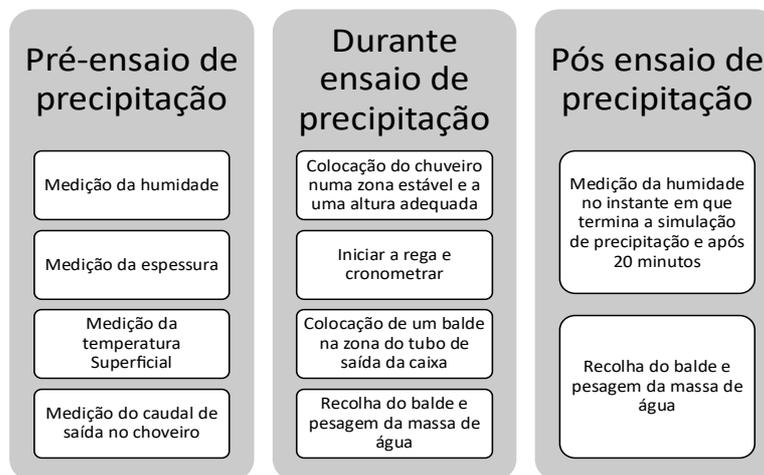


Figura 3.4 - Ensaios nas coberturas verdes piloto

Depois dos vários ensaios e medições realizadas, procedeu-se à sua análise, ou seja, ao tratamento dos resultados. A análise permitiu quantificar o volume de água descarregada pela cobertura e comparar com a que foi utilizada na simulação de precipitação, permitindo obter-se a percentagem absorvida pelo substrato. Através da medição dos instantes em que ocorreram o escoamento em cada cobertura, foi possível perceber o atraso no pico em cada uma. Analisou-se a diferença de temperaturas

entre as coberturas verdes e outras superfícies, bem como entre espécies de plantas. A avaliação do desenvolvimento da vegetação e da área de coberturas verde em cada caixa também foi analisada.

3.2.3. Manutenção das coberturas verdes piloto

Esta é uma das ações mais importantes para o desenvolvimento da parte prática da dissertação, pois envolve rega que se torna fundamental nas fases de temperaturas quentes do ano. Assim adotou-se regar duas vezes por semana e durante 5 minutos cada cobertura (1,20 m²), com uma intensidade de 0,125 l/s. De notar que em dias que ocorreu precipitação não se regou.

Sempre que se verificou a presença de plantas intrusas, como ervas daninhas, procedeu-se à sua remoção para não interferirem no normal crescimento das plantas instaladas nas várias coberturas.

Uma vez por semana registou-se fotograficamente as várias coberturas para posterior análise do crescimento de cada planta, bem como da percentagem verde coberta na cobertura. Para realizar este registo foi necessário definir-se uma altura constante de captação das imagens, para que o efeito de escala não afetasse os valores obtidos após a análise das fotografias. Este processo de análise do desenvolvimento da vegetação foi realizado com o recurso ao autocad.

Na Figura 3.5 apresenta-se de forma esquemática o processo anteriormente descrito de manutenção das coberturas verdes piloto.

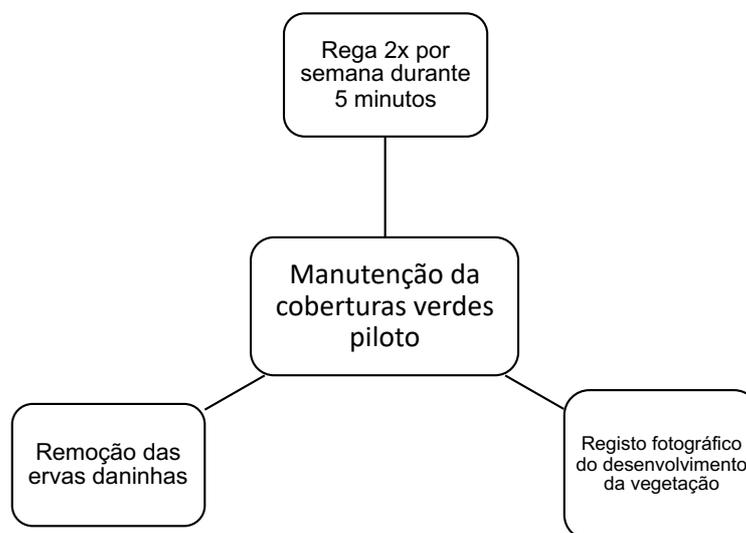


Figura 3.5 - Manutenção das coberturas verdes piloto

4. Construção, exploração e desempenho das coberturas verdes piloto no campus do Instituto Superior Técnico

4.1. Considerações gerais

Neste capítulo apresentam-se as coberturas verdes piloto, as grandezas avaliadas, o período de análise definido, o número de ensaios efetuados, bem como a caracterização dos substratos utilizados.

Este estudo envolve a criação de coberturas verdes extensivas, localizadas no campus do Instituto Superior Técnico na zona exterior do pavilhão de Engenharia Civil como ilustrado na Figura 4.1.



Figura 4.1 - Localização das coberturas verdes piloto

Foi selecionado este local para colocação das coberturas verdes piloto por se tratar de uma zona com boa exposição solar e os edifícios não provocarem um grande fator de sombreamento, bem como estar próximo de um ponto de água, essencial ao longo do desenvolvimento do estudo. Para além disso, por ser um local que se encontra interdito à população académica existe a garantia que não ocorressem atos de vandalismo ou perturbação do normal desenvolvimento da vegetação.

Apresentam-se na Figura 4.2 as várias coberturas verdes piloto instaladas.



Figura 4.2 - Coberturas verdes piloto (10/05/2021)

Na Tabela 4.1 apresenta-se o tipo de substrato e de vegetação em cada cobertura verde piloto representada na Figura 4.2.

Tabela 4.1 - Substrato e tipo de vegetação em cada cobertura verde piloto

<p><u>G1</u> <u>Substrato:</u> A <u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L) 	<p><u>G2</u> <u>Substrato:</u> A <u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sedum album</i> L. • <i>Sedum sexangular</i> L. • <i>Sedum spurium</i> cf. oCoccineum • <i>Sedum coral reef</i> L. • <i>Sedum oreganum</i> L. • <i>Sedum oreganum</i> a) L.
<p><u>G3</u> <u>Substrato:</u> A <u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Armeria maritima</i> cf. Willd • <i>Thymus red creeping</i> L. 	<p><u>G4</u> <u>Substrato:</u> B <u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sedum album</i> L. • <i>Sedum sexangular</i> L. • <i>Sedum spurium</i> cf. oCoccineum • <i>Sedum coral reef</i> L. • <i>Sedum oreganum</i> L. • <i>Sedum spurium tricolor</i> cf. oSummer Glory • <i>Sedum oreganum</i> a) L.

<p><u>G5</u></p> <p><u>Substrato:</u> A + RCD</p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L) 	<p><u>G6</u></p> <p><u>Substrato:</u> A + RCD</p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sedum album</i> L. • <i>Sedum sexangular</i> L. • <i>Sedum spurium</i> cf. oCoccineum • <i>Sedum spurium tricolor</i> cf. oSummer Glory • <i>Sedum forsterianum</i> cf. Sm in Sm
<p><u>G7</u></p> <p><u>Substrato:</u> A + RCD</p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Armeria maritima</i> cf. Willd • <i>Thymus red creeping</i> L. 	<p><u>G8</u></p> <p><u>Substrato:</u> B + RCD</p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sedum album</i> L. • <i>Sedum sexangular</i> L. • <i>Sedum spurium</i> cf. oCoccineum • <i>Sedum spurium tricolor</i> cf. oSummer Glory • <i>Sedum forsterianum</i> cf. Sm in Sm

No Anexo 1 são apresentados todos os parâmetros medidos ao longo das campanhas experimentais. Ao longo das próximas subseções são apresentados os resultados mais relevantes.

4.2. Construção das coberturas verdes piloto

O presente estudo pretendeu simular ao uma cobertura verde extensiva real. Como tal, foram tidos em conta todos os fatores construtivos que pudessem influenciar o normal funcionamento da instalação piloto, tais como o tipo e a profundidade do substrato técnico utilizado, a inclinação e o tipo de vegetação que melhor se adequa ao clima mediterrâneo.

As atividades iniciaram-se no dia 10 de dezembro de 2020, sendo instaladas apenas quatro coberturas verdes, não contendo RCD no substrato. Porém os ensaios experimentais só se realizaram a partir do dia 24 de março de 2021.

Cada caixa-palete foi numerada, sendo que a caixa G1 serviu de referência, ou seja, não foram colocadas plantas. Nas restantes três caixas foram colocadas várias espécies de plantas, e utilizados dois tipos de substratos técnicos. Apresenta-se na Tabela 4.2 a composição dos vários substratos. De notar que a espessura do substrato em cada caixa-palete foi de 15cm e colocadas com uma inclinação de 2°.

Posteriormente, no dia 6 de maio de 2021, foram instaladas as restantes quatro coberturas verdes. Estas quatro coberturas diferiram das restantes pelo facto de ao substrato técnico ter sido adicionado

resíduos de construção e demolição. Na Tabela 4.2 são apresentadas as constituições de cada cobertura.

Tabela 4.2 – Substratos adotados nas coberturas verdes G1 a G8

G1 Substrato: A	G2 Substrato: A	G3 Substrato: A	G4 Substrato: B
G5 Substrato: A + RCD	G6 Substrato: A + RCD	G7 Substrato: A + RCD	G8 Substrato: B + RCD

Após uma revisão bibliográfica considerou-se que os agregados deveriam apresentar uma dimensão entre os 4mm e os 20 mm, tal como nos estudos de Eksi et al., 2020 e Bates et al., 2015.

Uma vez obtidos os RCD, procedeu-se à recolha da quantidade necessária para as quatro coberturas verde piloto (Figura 4.3). Em seguida procedeu-se à sua fragmentação (Figura 4.4), uma vez que estes apresentavam dimensões muito superiores às desejadas, e posteriormente à peneiração mecânica (Figura 4.5) utilizando os peneiros #4 e #20 para delimitar a dimensão dos agregados pretendidos.



Figura 4.3 – Recolha dos RCD



Figura 4.4 – Fragmentação dos RCD



Figura 4.5 – Peneiração mecânica

Uma vez peneirados os agregados (Figura 4.6), misturou-se com os substratos técnicos com recurso a uma betoneira (Figura 4.7) para garantir uma adequada homogeneização da mistura. Uma vez obtida essa mistura, colocou-se nas quatro caixas-paletes (Figura 4.8).



Figura 4.6 – Resultado da peneiração mecânica



Figura 4.7 – Mistura dos agregados com o substrato técnico



Figura 4.8 – Colocação da mistura nas caixas-paletes

Posteriormente colocou-se a vegetação que definiu-se para cada cobertura verde piloto (Figura 4.9 e Figura 4.10).



Figura 4.9 – Apresentação das plantas no substrato



Figura 4.10 – Colocação das plantas no substrato

Para simular o suporte onde são instaladas as coberturas verdes, utilizou-se caixas-paletes em plástico com as dimensões de 1,20 x 1,0 x 0,78 m (Figura 4.11), apresentando uma saída inferior para escoamento da água proveniente das simulações de precipitação e de eventos de precipitação reais. Esta opção tem a vantagem de garantir a impermeabilização da cobertura. Em seguida colocou-se a manta de retenção e proteção e o elemento de drenagem (Floradrain FD25), e em seguida a camada de filtro (Figura 4.12). Uma vez colocados os elementos constituintes da cobertura verde, colocou-se o substrato técnico com e sem resíduos de construção e demolição (Figura 4.13 e Figura 4.14), e por fim a vegetação. Relativamente às caixas-paletes utilizadas para as coberturas verdes foi necessário cortá-las, pois verificou-se que estavam a provocar um sombreamento excessivo durante o dia para a vegetação optando-se por cortar 40cm.



Figura 4.11 – Caixa-palete para suporte das coberturas verdes



Figura 4.12 – Camadas constituintes de uma cobertura verde



Figura 4.13 – Substrato técnico



Figura 4.14 – Substrato técnico com RCD

4.3. Caracterização dos substratos

As coberturas verdes são constituídas por substratos técnicos que apresentam algumas características que diferem dos restantes substratos: são substratos com baixa densidade, para minimizar as sobrecargas nas estruturas onde são aplicados; devem ter as propriedades físicas, químicas e biológicas necessárias ao desenvolvimento da vegetação; bem como a capacidade de reter a água necessária ao metabolismo da vegetação e libertar água quando esta se encontra em excesso.

As coberturas verdes piloto G1, G2, G3 e G4 apenas apresentam substrato técnico no meio de cultivo, sendo a cobertura verde G4 constituída por substrato B, e as restantes por substrato A. Na Tabela 4.3 são descritas as características de cada substrato indicadas pelo fornecedor. Ambos os substratos foram adquiridos na Landlab. O substrato A designa-se comercialmente por “Substrato Landlab Pro”, e o substrato B por “Substrato Landlab LC”.

Tabela 4.3 – Caracterização dos substratos das coberturas G1, G2, G3 e G4

Substrato A	Substrato B
<u>Descrição do substrato</u>	<u>Descrição do substrato</u>
Constituído por componentes especiais diversificados, com base mineral e orgânica de alta qualidade. A sua composição, forma de produção e fornecimento garantem uma excelente instalação das plantas, bem como o seu correto desenvolvimento ao longo dos anos.	Constituído por componentes especiais com base mineral, que lhe conferem uma textura meia-grossa, capilaridade e drenagem elevadas e equilibradas. Apresenta uma grande componente mineral, isento de parasitas, espécies infestantes e germes fitopatogénicos e grande resistência estrutural.
<u>Características</u>	<u>Características</u>
pH corrigido para 5,5-6,5; Densidade quando saturado: 700 kg/m ³ ; Capacidade de ar: 32,25% v/v; Taxa de água de reserva: 5,40% v/v; Densidade aparente do substrato húmido: 0,715; Densidade aparente do substrato seco: 0,214; Taxa de contração do volume do substrato por secagem: 11%.	pH corrigido 6-7; MO < 70%; Densidade específica: 550-570 kg/m ³ (humidade natural 50-60%); Densidade quando saturado: 710-750 kg/m ³ .

Por outro lado, as coberturas G5, G6, G7 e G8 diferem das primeiras pelo facto de terem sido adicionados RCD. Sendo que a cobertura verde piloto G8 utilizou-se o substrato B, e nas restantes o substrato A, sendo as características destes substratos especificadas na Tabela 4.3 acima.

As quantidades de substrato técnico e RCD utilizado em cada cobertura verde pode-se verificar na Tabela 4.4. Relativamente às coberturas que incorporam RCD na constituição do substrato, apresentam, aproximadamente, 33% de RCD e 67% de substrato técnico. Estas quantidades foram baseadas no estudo de Mickovski et al., 2013, apresentado na seção 2 da presente dissertação.

Tabela 4.4 – Volumes de substrato e RCD em cada cobertura verde

G1, G2, G3, G4	G5, G6, G7, G8
Volume de substrato em cada caixa: 150l	Volume de substrato em cada caixa: 100l Volume de resíduos em cada caixa: 50l

Tal como referido no subcapítulo anterior, as várias amostras de substrato foram enviadas para laboratório para poder-se analisar alguns parâmetros, sendo apresentados nas Tabela 4.5 e Tabela 4.6 esses mesmos resultados.

Tabela 4.5 – Análise granulométrica, densidade e condutividade hidráulica saturada do solo

Substrato		Subst. A	Subst. B	Subst. A + RCD	Subst. B + RCD
Fração fina (%)		26,2	17,8	37,2	34,5
Fração grosseira (%)		73,8	82,2	62,8	65,5
Granulometria (<2mm)	Areia grossa (g kg⁻¹)	278,2	208,0	208,0	304,7
	Areia fina (g kg⁻¹)	172,0	117,3	117,3	162,1
	Limo (g kg⁻¹)	343,5	476,1	476,1	333,6
	Argila (g kg⁻¹)	206,3	198,7	198,7	199,6
Densidade (g/cm³)		0,53	0,47	0,78	0,71
Condutividade hidráulica do solo saturado (cm/h)		124,1	361,6	270,3	249,8

Tabela 4.6 – Análise de parâmetros dos vários substratos

Substrato		Subst. A	Subst. B	Subst. A + RCD	Subst. B + RCD
Parâmetros	pH (H ₂ O)	7,1	8,0	7,0	7,7
	Azoto nítrico (mg/l)	3,3	5,6	431	7,7
	Fósforo extraível (mg/l)	<1,0	9,4	<1,0	2,4
	Potássio extraível (mg/l)	35,9	91,3	207	173
	Matéria orgânica (%)	20,9	41,4	14,9	34,6
	Matéria seca (%)	54,4	59,0	71,8	55,5

Os métodos analíticos utilizados laboratorialmente para obter o pH, a quantidade de azoto nítrico, de fósforo, potássio, matéria orgânica e matéria seca apresentam-se na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Métodos analíticos para determinação de parâmetros dos substratos

Parâmetros	Métodos analíticos
pH (H ₂ O)	Suspensão solo:água 1:1,5 (v/v) / Potenciometria (20±2°C) – Método interno
Azoto nítrico	Água 1:1,5 (v/v), eletrodo seletivo de nitratos – Método interno
Fósforo, potássio extraíveis	Água 1:1,5 (v/v) / ICP-OES – Método interno
Matéria seca e Humidade	Secagem a 105 °C / Gravimetria – Método interno
Matéria orgânica	EN 13039:2011

Os substratos uma vez que apresentam características diferentes quer na própria constituição do substrato, quer na incorporação de RCD, é possível que o desempenho de cada um afete ou não o desenvolvimento da vegetação em cada cobertura.

4.4. Seleção de plantas e sua plantação

A seleção das plantas para as várias coberturas verdes tiveram em conta as condições climáticas a que iriam estar expostas, ou seja, escolheu-se plantas que estejam habituadas ao clima mediterrânico com longos períodos de seca e expostas a temperaturas elevadas no verão.

Inicialmente foram instaladas as coberturas G1 a G4 no dia 10 de dezembro de 2020, e posteriormente as coberturas G5 a G8 no dia 6 de maio de 2021. Uma vez instaladas todas as coberturas verdes piloto, as coberturas G1 e G5 que inicialmente não apresentavam vegetação, serviam de referência, passaram a ter alecrim (*Rosmarinus officinalis* L). Em seguida na Tabela 4.8 apresenta-se a constituição de cada cobertura verde piloto.

Tabela 4.8 - Vegetação das coberturas G1 a G8

<p><u>G1</u></p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L) 	<p><u>G2</u></p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sedum album</i> L. • <i>Sedum sexangular</i> L. • <i>Sedum spurium</i> cf. oCCoccineum • <i>Sedum coral reef</i> L. • <i>Sedum oreganum</i> L. • <i>Sedum oreganum</i> a) L.
<p><u>G3</u></p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Armeria maritima</i> cf. Willd • <i>Thymus red creeping</i> L. 	<p><u>G4</u></p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sedum album</i> L. • <i>Sedum sexangular</i> L. • <i>Sedum spurium</i> cf. oCCoccineum • <i>Sedum coral reef</i> L. • <i>Sedum oreganum</i> L. • <i>Sedum spurium tricolor</i> cf. oSummer Glory • <i>Sedum oreganum</i> a) L.
<p><u>G5</u></p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L) 	<p><u>G6</u></p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sedum album</i> L. • <i>Sedum sexangular</i> L. • <i>Sedum spurium</i> cf. oCCoccineum • <i>Sedum spurium tricolor</i> cf. oSummer Glory • <i>Sedum forsterianum</i> cf. Sm in Sm
<p><u>G7</u></p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Armeria maritima</i> cf. Wild • <i>Thymus red creeping</i> L. 	<p><u>G8</u></p> <p><u>Vegetação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sedum album</i> L. • <i>Sedum sexangular</i> L. • <i>Sedum spurium</i> cf. oCCoccineum • <i>Sedum spurium tricolor</i> cf. oSummer Glory • <i>Sedum forsterianum</i> cf. Sm in Sm

4.5. Ensaio efetuados

Relativamente aos ensaios realizados, foram efetuados onze ensaios de precipitação (Figura 4.15). Os primeiros ensaios serviram para calibrar a intensidade de precipitação que saia do chuveiro, pois chegou-se a obter valores de intensidade de precipitação muito superiores aos de uma tempestade, bem como o tempo de precipitação. O caudal que saia do chuveiro foi estimado com o recurso a um garrafão de cinco litros, e cronometrando o tempo que demorava a atingir essa quantidade. Posteriormente o caudal era transformado em intensidade de precipitação, para se poder avaliar a intensidade da simulação. Para além disso, permitiu adotar-se a melhor estratégia para a recolha da água que saia da cobertura verde, e posterior pesagem (Figura 4.16).



Figura 4.15 - Sistema de simulação de precipitação



Figura 4.16 - Pesagem da água escoada pela cobertura

Relativamente à intensidade de precipitação esta é classificada segundo o Instituto Português do Mar e da Atmosfera em quatro modos de aguaceiros de chuva:

- Fracos (<2mm/h);
- Moderados (entre 2-10mm/h);
- Fortes (entre 10-50mm/h);
- Violentos (>50mm/h).

Antes de qualquer ensaio de precipitação registou-se a espessura (Figura 4.17), a humidade inicial do substrato (Figura 4.18), bem como o registo fotográfico do desenvolvimento da vegetação para posterior análise da sua evolução, sendo que para as coberturas G1 a G4 realizaram-se 29 registos, e para as coberturas G5 a G8 realizaram-se 19 registos fotográficos. Foram também realizadas 4 medições de temperatura superficial nas coberturas verdes, e noutras superfícies, para posterior comparação (Figura 4.19). Uma vez calibrada a intensidade de precipitação para valores o mais próximo possível da realidade, na ordem dos 8,4mm/h e os 63mm/h, realizaram-se as várias medições necessárias ao estudo. Após a conclusão da simulação de precipitação, e 20 minutos depois mediu-se a humidade no substrato.

Uma vez iniciado o processo de simulação de precipitação da cobertura, o tempo foi cronometrado, e registado o instante em que começava a ocorrer escoamento no tubo de descarga da cobertura. Este

escoamento era posteriormente pesado e registado., em intervalos fixos de 5 minutos. Através da análise dos dados recolhidos do peso de água escoada da cobertura, obteve-se o caudal escoado pela cobertura, bem como a percentagem absorvida pelo substrato.



Figura 4.17 - Medição da espessura do substrato



Figura 4.18 - Medição da humidade no substrato

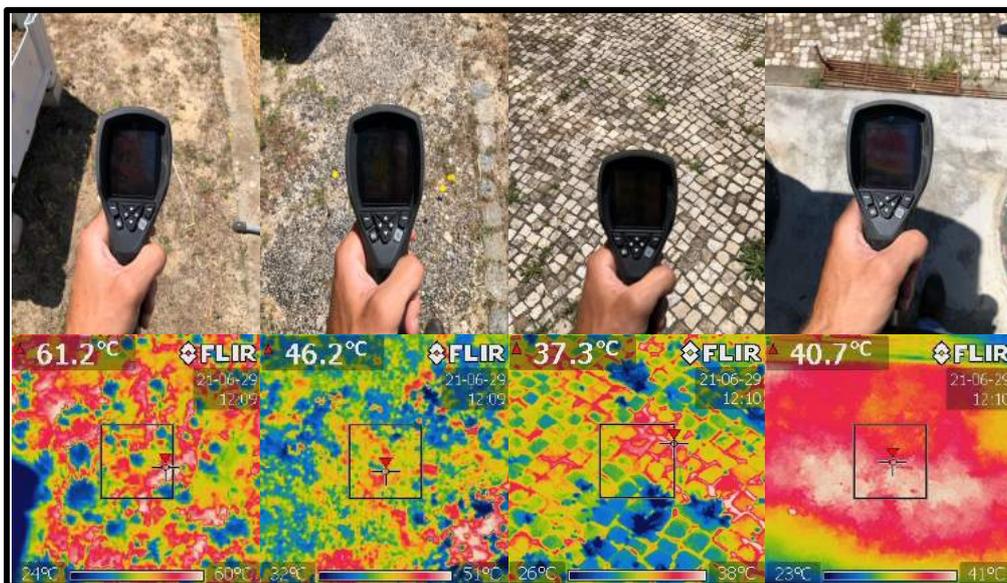


Figura 4.19 - Análise termográfica de várias superfícies

Para além dos ensaios realizados e das medições obtidas dos vários parâmetros das coberturas verdes, realizou-se um registo dos dados climatéricos registados na estação meteorológica do instituto superior técnico, para poderem ser tidos em conta eventos de precipitação reais e temperaturas diárias que possam afetar o desenvolvimento das coberturas verdes. Em seguida apresenta-se essas mesmas condições climatéricas nos dias anteriores à realização de qualquer ensaio experimental (Figura 4.20).

Data	Temperatura (°C)			Humidade (%)			Pressão (mbar)	Precipitação (mm/dia)	Rad. Solar (w/m2)	
	máxima	média	mínima	máxima	média	mínima			máxima	média
23/03/21	19,6	14	10,2	73,50%	57,30%	40,20%	1023,6	0	863	441,5
24/03/21	18,8	12,5	9,6	74,40%	61,50%	38,80%	1026,4	0	852	442,9
05/04/21	20,3	15,5	11,6	83,20%	59,10%	39,40%	1017,5	0	895	525,4
12/04/21	19,1	13,9	10,6	85,10%	67,90%	46,90%	1021	0,2	1027	304,4
19/04/21	19,9	15,6	13,1	82,30%	63,20%	19,20%	1019,7	0	977	528,7
26/04/21	20,1	15,2	12,9	89,80%	78,50%	54,10%	1006,8	3,7	1217	273,8
10/05/21	16	13,4	11,3	78,60%	62,40%	47,80%	1014,9	2,2	1272	403,5
24/05/21	18,7	15,3	12,6	80,10%	62,90%	38,60%	1025,2	0	1271	458,9
31/05/21	21	17,3	14,7	81,50%	67,50%	52,50%	1012,6	0	1099	518
07/06/21	24,6	17,7	13,8	75,90%	57,20%	31,70%	1020,8	0	1005	499,5
08/06/21	26	18,9	13,1	75,50%	46,60%	21,20%	1020,7	0	1017	538,1

Figura 4.20 - Condições climatéricas nos dias anteriores aos ensaios experimentais

4.6. Apresentação dos resultados experimentais

Neste capítulo apresenta-se os resultados experimentais dos trabalhos realizados nas coberturas verdes piloto.

4.6.1. Caracterização dos substratos

De seguida apresenta-se a evolução das espessuras nas varias coberturas verdes piloto (Figura 4.21), e a humidade dos substratos nos instantes antes da simulação de precipitação (Figura 4.22), após a simulação (Figura 4.23) e vinte minutos depois (Figura 4.24).

Esta é uma análise com bastante importância para o estudo, uma vez que a humidade inicial afeta a capacidade de retenção e de percolação de um substrato, seja com ou sem RCD.



Figura 4.21 - Variação da espessura nas coberturas verdes piloto

Observa-se que em todos os substratos ocorreu uma grande variabilidade na espessura ao longo do decorrer dos trabalhos experimentais. A cobertura G4 apresentou um comportamento diferenciado das restantes, com um abaixamento e posterior empolamento do substrato.



Figura 4.22 - Humidade no substrato no instante antes da simulação de precipitação

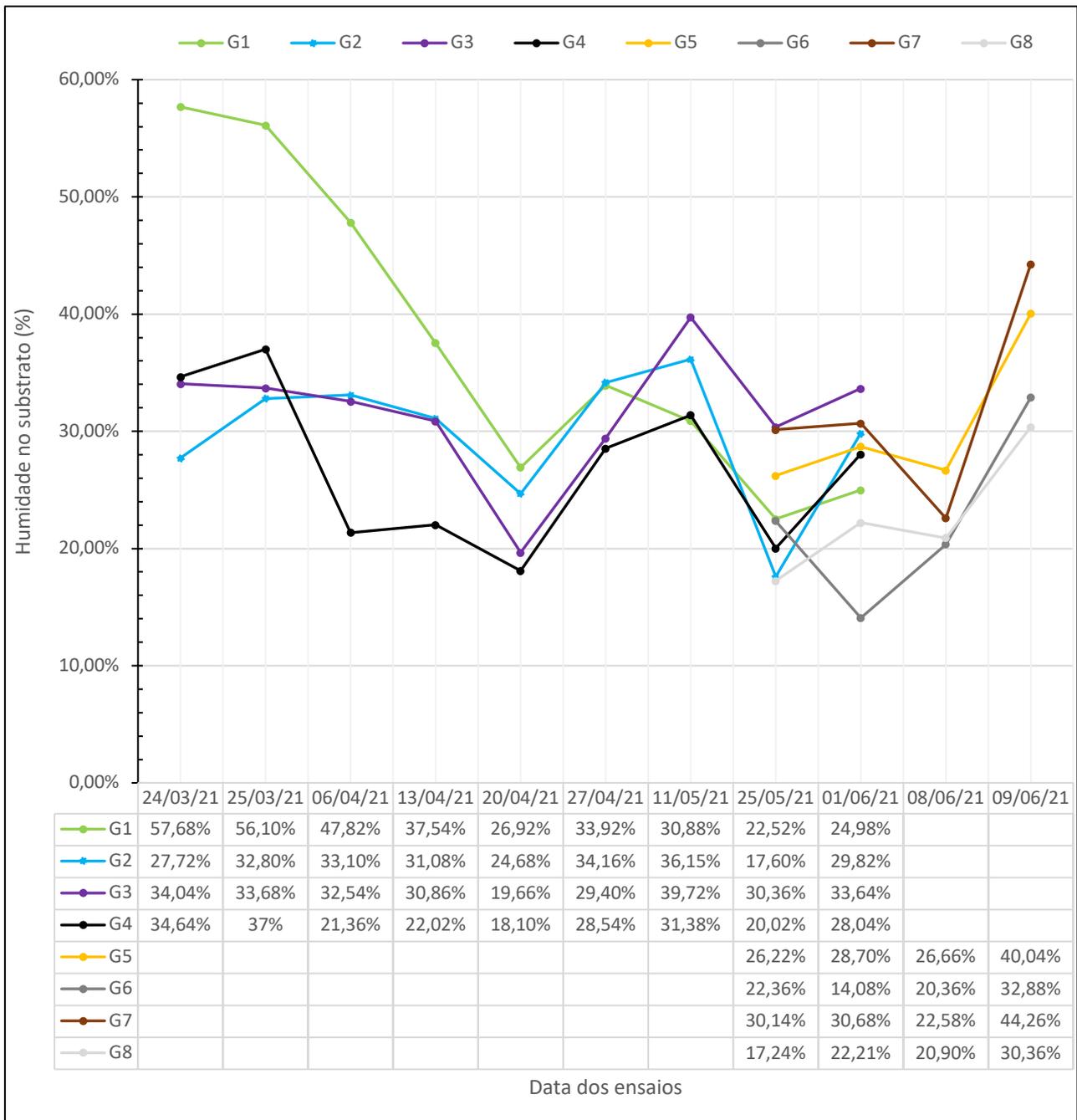


Figura 4.23 - Humidade no substrato após a simulação de precipitação



Figura 4.24 - Humidade no substrato 20 minutos após a simulação de precipitação

Relativamente à evolução da humidade verifica-se um aumento da humidade no substrato do instante antes da simulação de precipitação para o instante em que acaba a simulação, seguindo-se de 20 minutos em que a humidade subiu ligeiramente ou manteve-se constante nas várias coberturas verdes.

4.6.2. Ensaios de simulação de precipitação

Os ensaios de simulação de precipitação nas coberturas verde piloto tentaram simular eventos de precipitação que ocorrem ao longo do ano. Como tal realizaram-se vários ensaios com diferentes caudais de saída nos chuveiros (Figura 4.25 e Figura 4.26), bem como a utilização de um ou dois chuveiros sob cada cobertura verde (Figura 4.27 e Figura 4.28).



Figura 4.25 - Simulação de precipitação de baixa intensidade



Figura 4.26 - Simulação de precipitação de alta intensidade



Figura 4.27 - Utilização de um chuveiro para rega



Figura 4.28 - Utilização de dois chuveiros para rega

Em seguida apresenta-se os vários ensaios de precipitação com os caudais de saída do chuveiro, e respetiva intensidade de precipitação bem como o tempo de duração da rega, assim como os tabuleiros em estudo e as grandezas medidas (Tabela 4.9).

Tabela 4.9 - Caudal, intensidade, duração e grandezas medidas nos ensaios de precipitação

Data	Caudal (l/s)	Intensidade precipitação (mm/h)	Duração (minutos)	Tabuleiros em estudo	Grandezas medidas			
					Humidade no substrato	Espessura do substrato	Volume de água escoado	Análise termográfica
24/03/2021	0,2500	874,40	15	G1 a G4	X	X	X	-
25/03/2021	0,2500	874,40	3,5	G1 a G4	X	X	X	-
06/04/2021	0,0480	168,20	10	G1 a G4	X	X	X	-
13/04/2021	0,0120	42,45	15	G1 a G4	X	X	X	-
20/04/2021	0,0035	12,40	15	G1 a G4	X	X	X	-
27/04/2021	0,0024	8,39	20	G1 a G4	X	X	X	-
11/05/2021	0,0066	23,16	20	G1 a G4	X	X	X	-
25/05/2021	0,0101	35,50	20	G1 a G8	X	X	X	X
01/06/2021	0,0128	44,96	20	G1 a G8	X	X	X	X
08/06/2021	0,0182	63,59	20	G5 a G8	X	X	X	-
09/06/2021	0,0182	63,59	20	G5 a G8	X	X	X	X
29/06/2021	-	-	-	-	-	-	-	X

Os mesmos dados da Tabela 4.9 apresentam-se em gráfico para uma melhor interpretação das variações de caudal e respetiva intensidade de precipitação (Figura 4.29). Sendo possível observar-se o efeito de determinadas intensidades na cobertura verde.



Figura 4.29 - Intensidades de precipitação dos ensaios experimentais

Após vários ensaios conseguiu-se atingir intensidades de precipitação mais próximas de eventos reais, bem como definiu-se que vinte minutos seria o tempo padrão de simulação de precipitação das coberturas verdes piloto.

4.6.3. Volume escoado, percentagem absorvida pelo substrato e atraso no pico do escoamento

Nas coberturas verdes piloto realizaram-se várias medições, entre elas o volume de água escoado pela cobertura, a percentagem absorvida pelo substrato e o atraso no pico do escoamento. Estas medições dependem fortemente de alguns fatores entre eles a intensidade de precipitação, e a humidade inicial do substrato, assim como da inclinação.

Em seguida são apresentados os valores do volume de água escoado (Tabela 4.10) e a percentagem absorvida pelo substrato (Tabela 4.11) em cada cobertura verde piloto.

Tabela 4.10 - Volume de água escoado por cada cobertura verde piloto

Data	Volume de água escoado (l)							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
24/03/21	-	-	-	-	-	-	-	-
25/03/21	8,80	45,20	30,00	30,60	-	-	-	-
06/04/21	12,90	8,00	4,50	9,00	-	-	-	-
13/04/21	2,60	60,00	4,10	3,20	-	-	-	-
20/04/21	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
27/04/21	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
11/05/21	0,00	6,10	2,90	1,50	-	-	-	-
25/05/21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/06/21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08/06/21	-	-	-	-	0,42	0,29	0,00	0,35
09/06/21	-	-	-	-	13,40	14,10	12,70	14,80

Tabela 4.11 - Percentagem absorvida pelo substrato em cada cobertura verde piloto

Data	Percentagem absorvida pelo substrato							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
24/03/21	-	-	-	-	-	-	-	-
25/03/21	83,18%	13,88%	42,87%	41,72%	-	-	-	-
06/04/21	55,44%	72,44%	84,49%	68,86%	-	-	-	-
13/04/21	76,20%	45,11%	62,20%	55,90%	-	-	-	-
20/04/21	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	-	-	-	-
27/04/21	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	-	-	-	-
11/05/21	100,00%	23,37%	64,00%	81,40%	-	-	-	-
25/05/21	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
01/06/21	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
08/06/21	-	-	-	-	98,09%	98,69%	100,00%	98,39%
09/06/21	-	-	-	-	38,42%	35,48%	41,64%	32,28%

Outro dado importante está relacionado com o tempo que a cobertura demora a iniciar o escoamento, ou seja, desde o momento em que é iniciada a simulação de precipitação até ao instante em que a água começa a escoar pelo tubo de descarga da cobertura verde piloto. Esses tempos podem ser observados na (Tabela 4.12).

Tabela 4.12 - Instante em que se iniciou o escoamento em cada cobertura verde piloto

Data	Instante em que se iniciou o escoamento (minutos)							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
24/03/21	-	-	-	-	-	-	-	-
25/03/21	0,85	0,27	1,33	1,33	-	-	-	-
06/04/21	2,42	8,83	10,67	7,42	-	-	-	-
13/04/21	2,28	4,07	14,45	13	-	-	-	-
20/04/21	*	*	*	*	-	-	-	-
27/04/21	*	*	*	*	-	-	-	-
11/05/21	*	9,33	17,73	4,92	-	-	-	-
25/05/21	*	*	*	*	*	*	*	*
01/06/21	*	*	*	*	*	*	*	*
08/06/21	-	-	-	-	14,67	20,67	*	15,73
09/06/21	-	-	-	-	5,63	6,42	4,95	6,57
29/06/21	-	-	-	-	-	-	-	-

* De notar que nestes dias e nessas coberturas não ocorreu escoamento.

Para uma melhor interpretação dos dados apresentados na Tabela 4.12, em seguida apresenta-se em formato de gráfico (Figura 4.30).

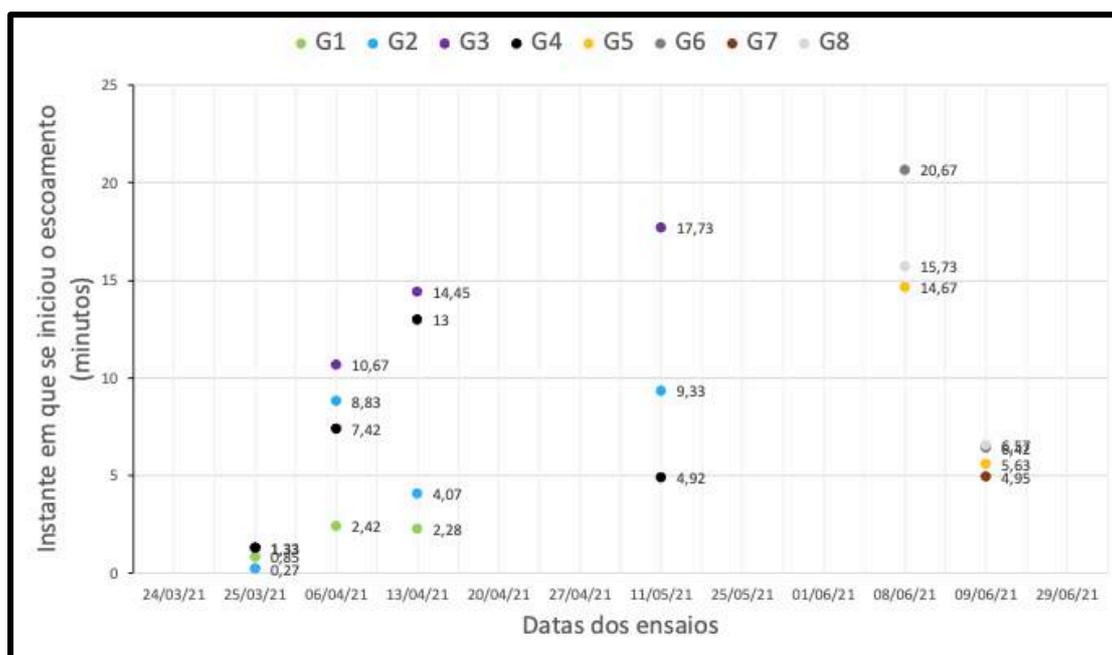


Figura 4.30 - Instantes em que se iniciaram o escoamento em cada cobertura verde piloto

Em seguida apresentam-se os gráficos que demonstram o atraso no pico do escoamento nas várias coberturas verdes piloto ao longo de todos os ensaios experimentais realizados.

Ensaio laboratorial no dia 25/03/2021 (Figura 4.31). Pode-se observar que o atraso no pico ocorreu para a cobertura verde:

G1: não apresentou um pico no escoamento; **G2:** 3,5 minutos; **G3:** 6 minutos; **G4:** 6 minutos

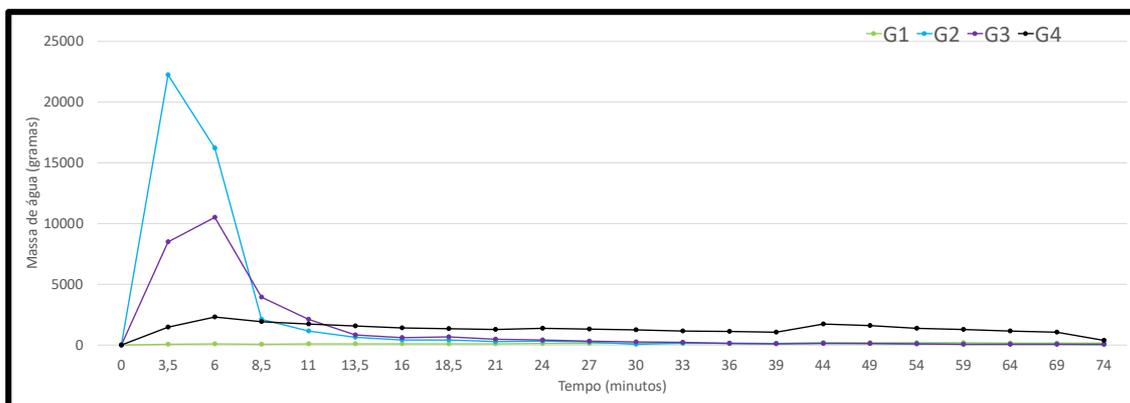


Figura 4.31 - Representação gráfica do pico do escoamento no dia 25/03/2021

Pode-se observar na Figura 4.31 que a cobertura verde G1 não apresentou um pico no escoamento, pois as camadas constituintes, mais especificamente o elemento de drenagem estava a obstruir a saída do tubo da caixa, pelo que não apresentou escoamento.

Ensaio laboratorial no dia 06/04/2021 (Figura 4.32). Pode-se observar que o atraso no pico ocorreu para a cobertura verde:

G1: 15 minutos; **G2:** 15 minutos; **G3:** 15 minutos; **G4:** 15 minutos;

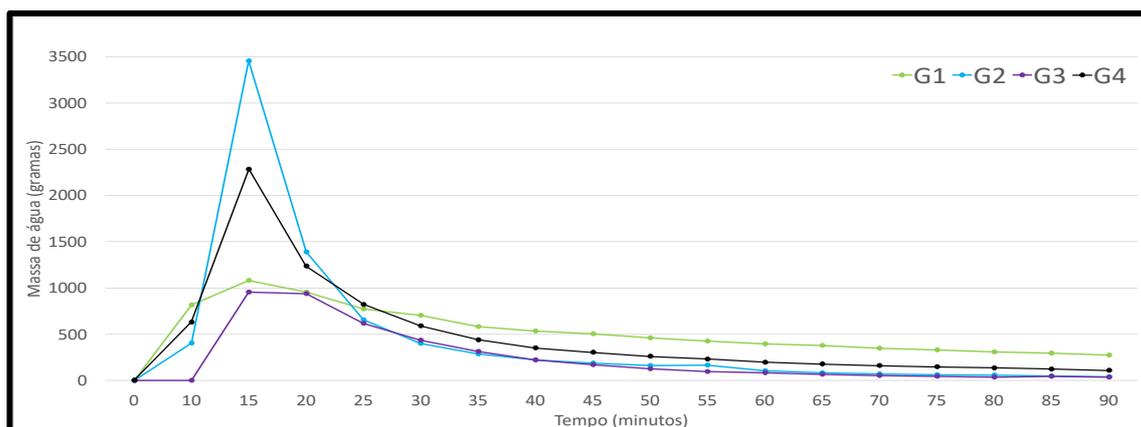


Figura 4.32 - Representação gráfica do pico do escoamento no dia 06/04/2021

Na Figura 4.32 observou-se que as quatro coberturas verdes apresentaram o mesmo atraso no pico do escoamento, mas com massas de água de saída bastante diferentes. Verificou-se também que a cobertura verde G1 apresentou uma maior duração de escoamento, pelo que deu-se por terminada a análise ao minuto noventa, uma vez que a massa de água já era residual.

Ensaio laboratorial no dia 13/04/2021 (Figura 4.33). Pode-se observar que o atraso no pico ocorreu para a cobertura verde:

G1: 15 minutos; **G2:** 20 minutos; **G3:** 25 minutos; **G4:** 25 minutos

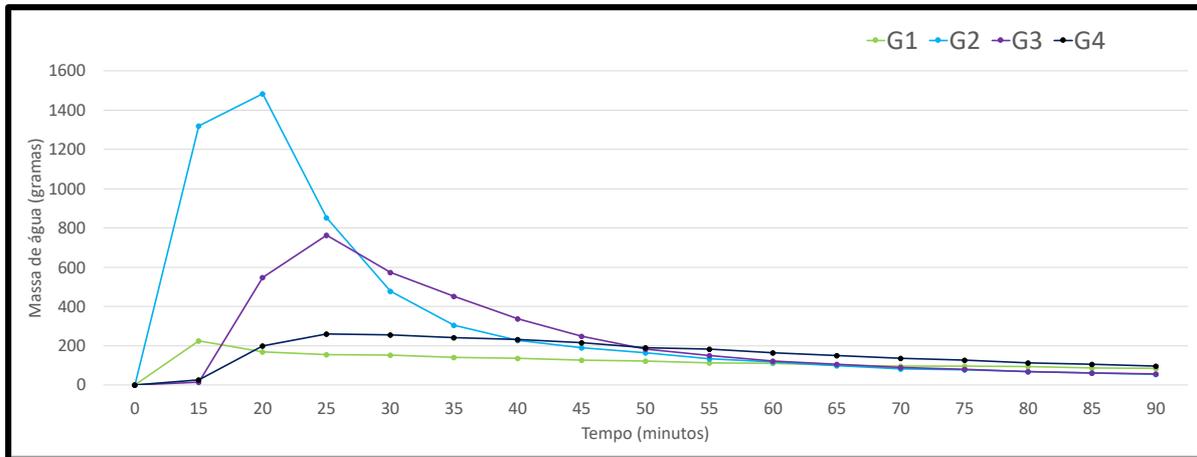


Figura 4.33 - Representação gráfica do pico do escoamento no dia 13/04/2021

Na Figura 4.33 os atrasos no pico já foram diferentes em duas coberturas verdes. E na cobertura verde G4 não se observou um pico tão acentuado como nas restantes coberturas.

Ensaio laboratorial nos dias 20/04/2021 e 27/04/2021 (Figura 4.34). Pode-se observar que não ocorreu pico do escoamento, uma vez que o substrato absorveu na totalidade a água proveniente dos ensaios de precipitação.



Figura 4.34 - Representação gráfica do pico do escoamento nos dias 20/04/2021 e 27/04/2021

Ensaio laboratorial no dia 11/05/2021 (Figura 4.35). Pode-se observar que o atraso no pico ocorreu para a cobertura verde:

G1: Não apresentou um pico no escoamento; **G2:** 20 minutos; **G3:** 25 minutos; **G4:** 20 minutos

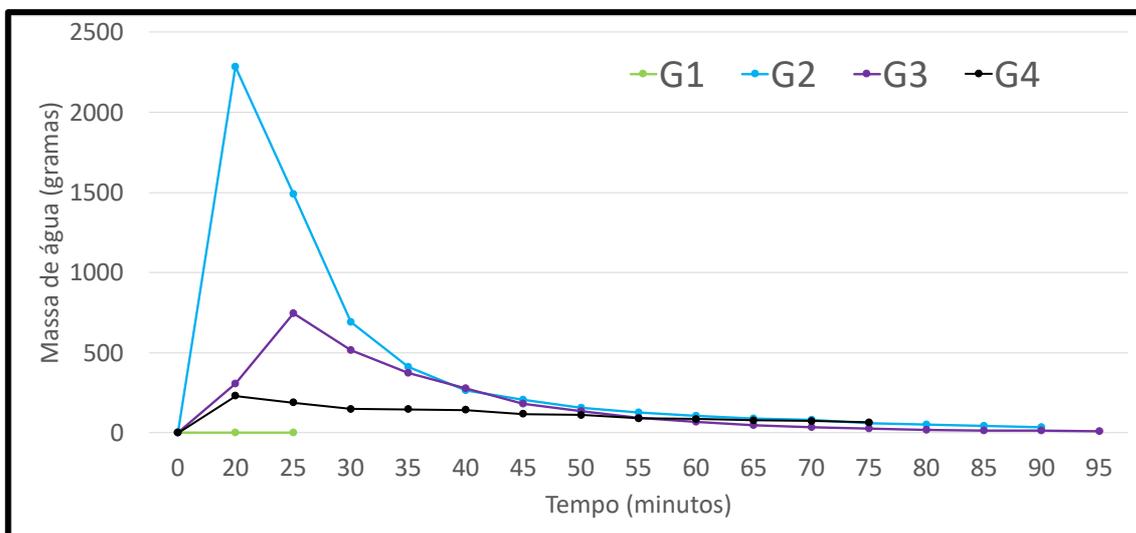


Figura 4.35 - Representação gráfica do pico do escoamento no dia 11/05/2021

Na Figura 4.35 observa-se que a cobertura verde G1 não apresentou escoamento, enquanto que as restantes coberturas apresentaram um pico no escoamento, sendo a cobertura verde G2 a que apresentou um maior pico, e G4 o menor.

Ensaio laboratorial nos dias 25/05/2021 e 01/06/2021 (Figura 4.36). Pode-se observar que não ocorreu pico do escoamento, uma vez que o substrato absorveu na totalidade a água proveniente dos ensaios de precipitação.

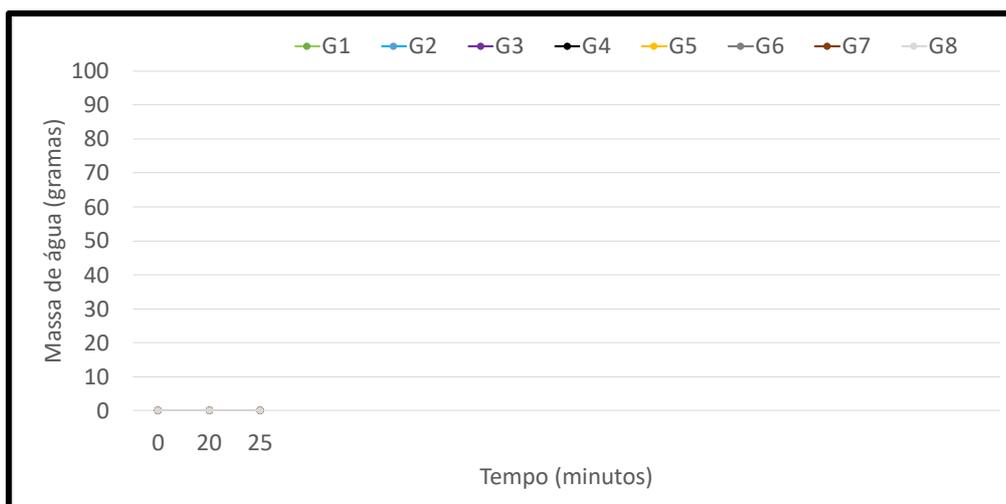


Figura 4.36 - Representação gráfica do pico do escoamento nos dias 25/05/2021 e 01/06/2021

Ensaio laboratorial no dia 08/06/2021 (Figura 4.37). Pode-se observar que o atraso no pico ocorreu para a cobertura verde:

G5: 20 minutos; **G6:** 25 minutos; **G7:** Não apresentou escoamento; **G8:** 30 minutos

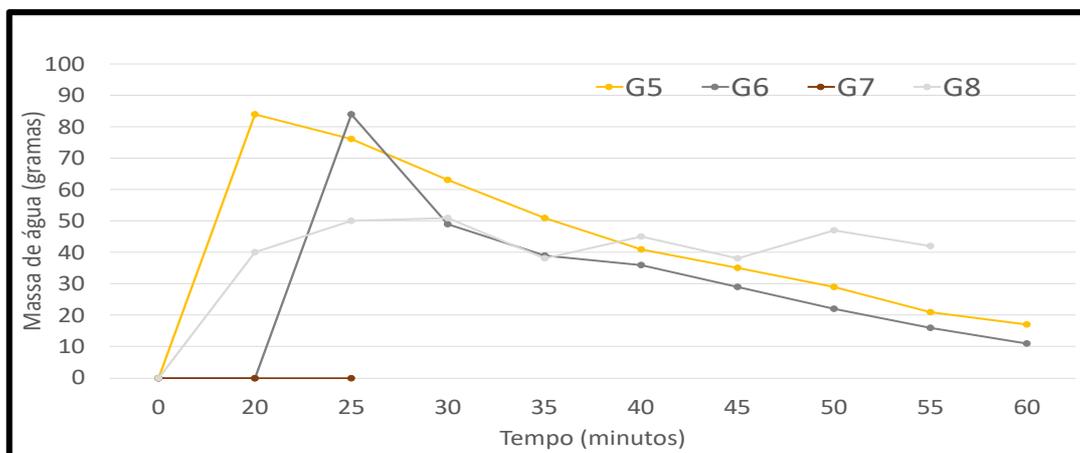


Figura 4.37 - Representação gráfica do pico do escoamento nos dias 08/06/2021

Na Figura 4.37 observa-se que a cobertura verde G7 não apresentou escoamento, e as restantes coberturas não apresentaram um pico e um abaixamento da curva significativo tal como esperado. Este efeito pode ter sido resultado de ser o primeiro ensaio de simulação de precipitação nessas coberturas.

Ensaio laboratorial no dia 09/06/2021 (Figura 4.38). Pode-se observar que o atraso no pico ocorreu para a cobertura verde:

G5: 20 minutos; **G6:** 20 minutos; **G7:** 20 minutos; **G8:** 20 minutos

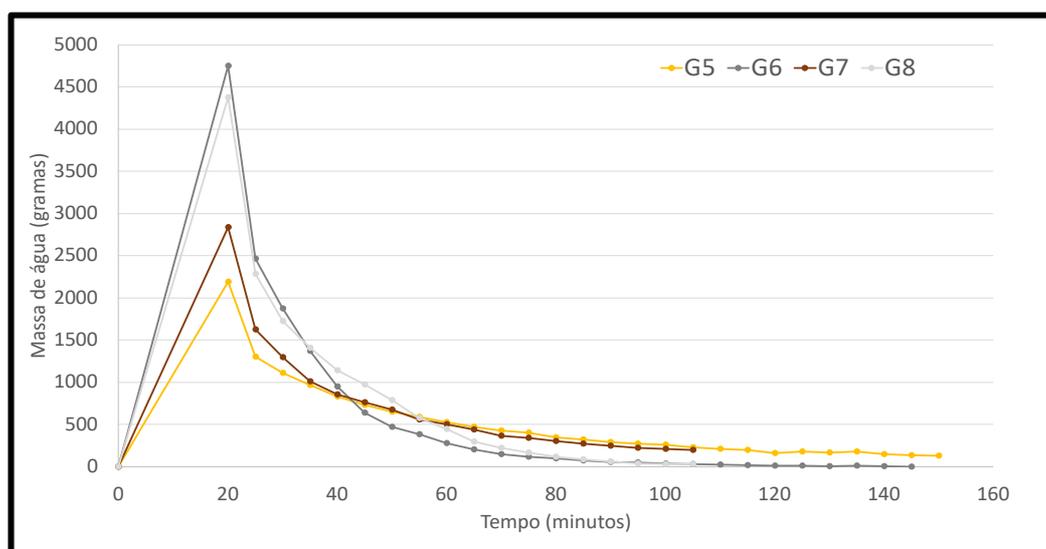


Figura 4.38 - Representação gráfica do pico do escoamento nos dias 09/06/2021

Na Figura 4.38 verificou-se um pico e um abaixamento acentuado nas curvas de descarga das coberturas verdes, tal como esperado. Sendo as coberturas verdes G6 e G8 as que maior quantidade de água escoaram.

Para uma melhor análise dos dados recolhidos ao longo da campanha experimental, em seguida apresenta-se vários gráficos que relacionam a intensidade de precipitação com o volume escoado (Figura 4.39), com a percentagem de água absorvida pelo substrato (Figura 4.40), com o instante em que ocorre o escoamento em cada tubo de saída das varias coberturas verdes piloto (Figura 4.41) e com o atraso no pico (Figura 4.42).

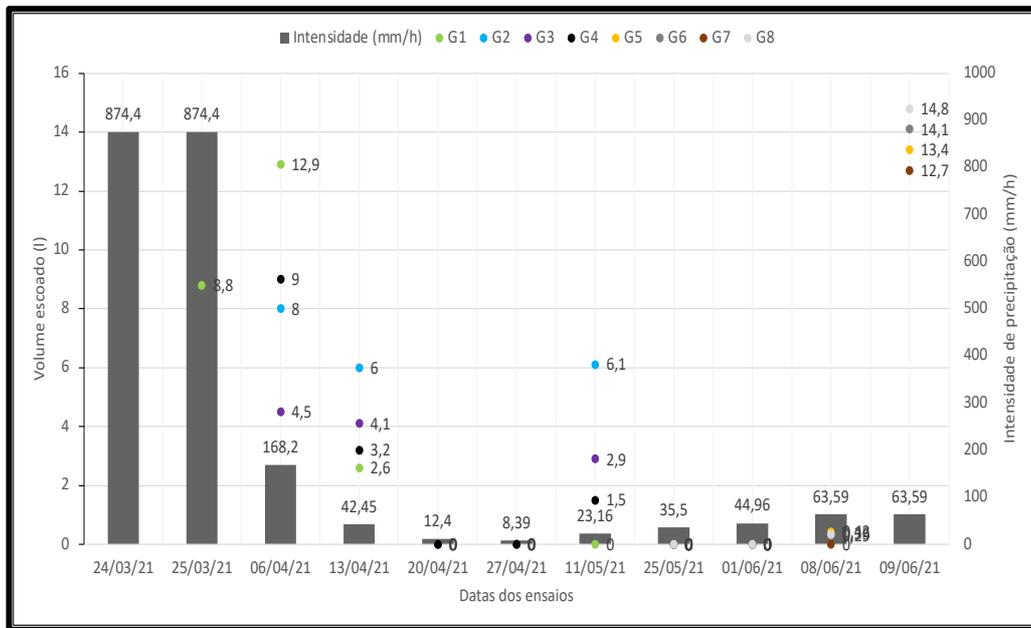


Figura 4.39 - Comparação da intensidade de precipitação com o volume escoado

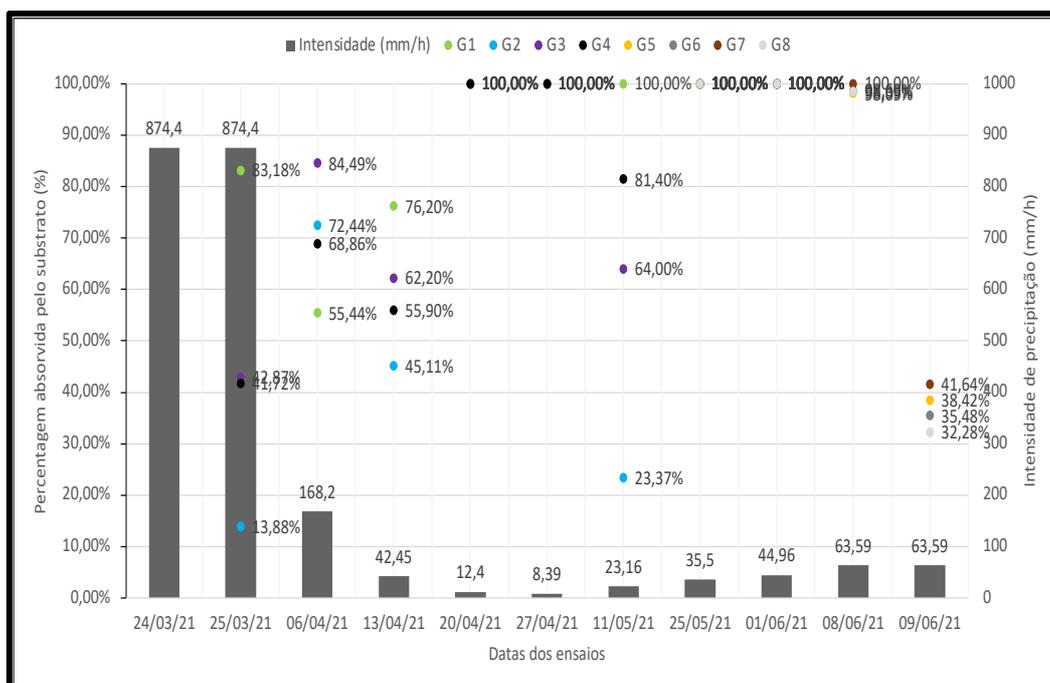


Figura 4.40 - Comparação da intensidade de precipitação com a percentagem absorvida pelo substrato

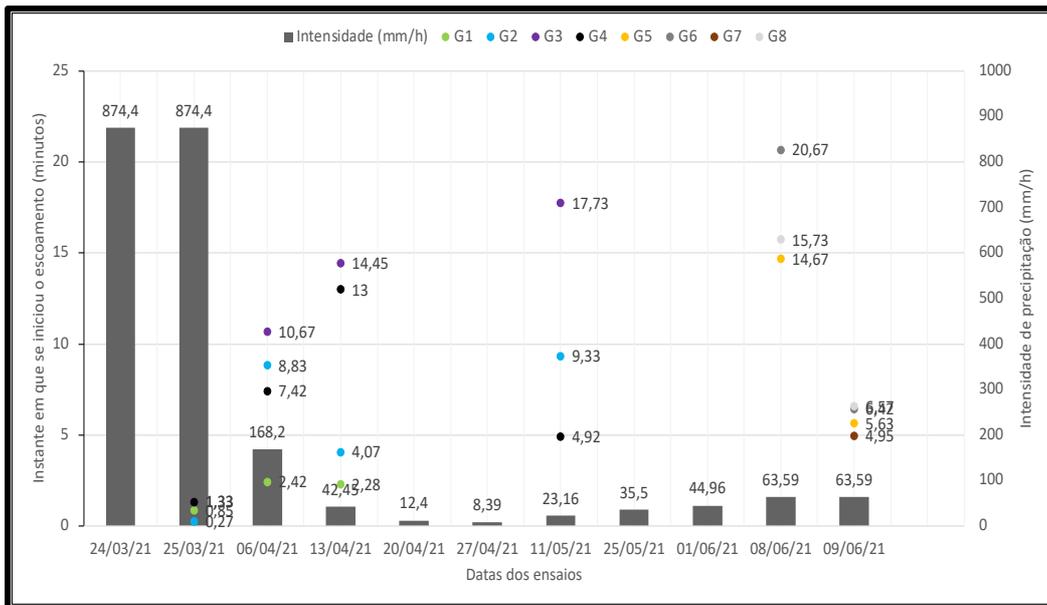


Figura 4.41 - Comparação da intensidade de precipitação com o instante em que ocorre o escoamento

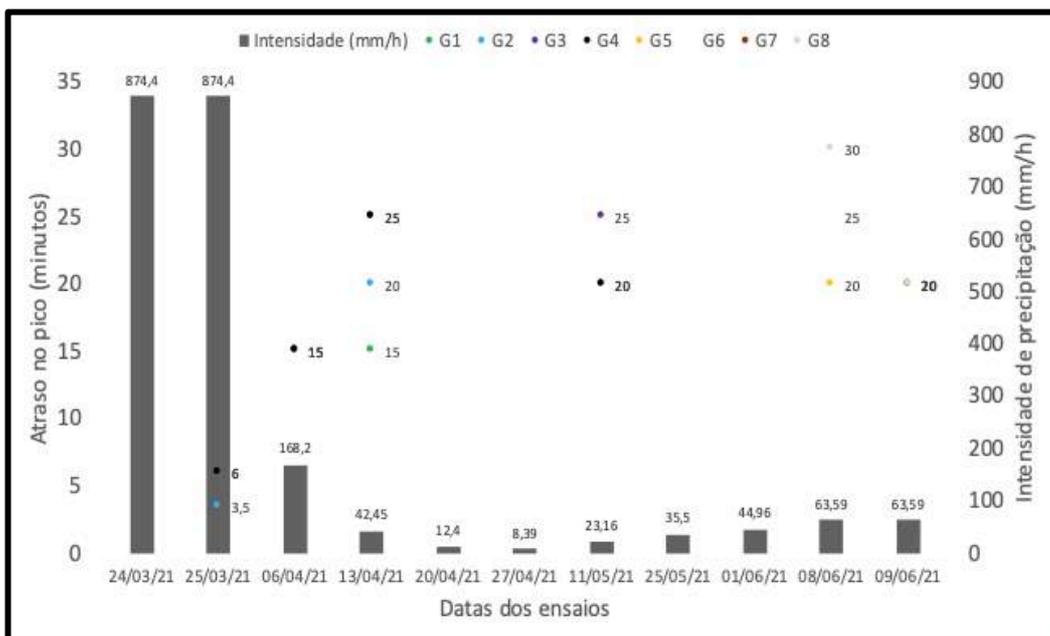


Figura 4.42 - Comparação da intensidade de precipitação com o atraso no pico

No subcapítulo 4.7 será feita uma análise crítica aos resultados das figuras apresentadas anteriormente (Figura 4.39, Figura 4.40, Figura 4.41 e Figura 4.42).

4.6.4. Desenvolvimento da vegetação

As coberturas verdes, tal como o próprio nome refere, necessitam que a vegetação que nelas existem adaptem-se ao substrato e conseqüentemente se desenvolvam. Assim, apresenta-se na Figura 4.43 as várias espécies de plantas em cada cobertura e as quantidades de cada uma. De notar que a cobertura verde G1 não continha vegetação até ao momento em que se instalou as coberturas G5 a G8, passando nesse instante a apresentar alecrim (*Rosmarinus officinalis* L).

G1			G2			G3			G4		
Especie	Quant. Inicial	Quant. Final	Especie	Quant. Inicial	Quant. Final	Especie	Quant. Inicial	Quant. Final	Especie	Quant. Inicial	Quant. Final
Alecrim	10	4	Sedum album	6	6	Armenia maritima	10	10	Sedum album	6	6
			Sedum sexangular	3	3	Thymus red creeping	6	6	Sedum sexangular	5	5
			Sedum spurium	4	4				Sedum spurium	1	1
			Sedum coral reef	1	1				Sedum coral reef	1	1
			Sedum oreganum	1	1				Sedum oreganum	1	1
			Sedum oreganum a)	1	1				Sedum spurium tricolor	2	2
									Sedum oreganum a)	1	1
G5			G6			G7			G8		
Especie	Quant. Inicial	Quant. Final	Especie	Quant. Inicial	Quant. Final	Especie	Quant. Inicial	Quant. Final	Especie	Quant. Inicial	Quant. Final
Alecrim	11	5	Sedum album	7	6	Armenia maritima	10	10	Sedum album	5	3
			Sedum sexangular	3	3	Thymus red creeping	10	10	Sedum sexangular	3	3
			Sedum spurium	4	4				Sedum spurium	3	3
			Sedum spurium tricolor	2	2				Sedum spurium tricolor	3	3
			Sedum forsterianum	4	4				Sedum forsterianum	6	6

Figura 4.43 - Espécies e quantidades em cada cobertura verde piloto

Em seguida apresenta-se as várias espécies de plantas utilizadas nas várias coberturas verdes piloto, bem como a numeração que se utilizou para identificar cada espécie:

- Alecrim (*Rosmarinus officinalis* L), **4** (Figura 4.44);
- *Sedum album* L., **3a** (Figura 4.45);
- *Sedum sexangular* L., **3c** (Figura 4.46);
- *Sedum spurium* cf. oCCoccineum, **3d** (Figura 4.47);
- *Sedum spurium tricolor* cf. oSummer Glory, **3i** (Figura 4.48);
- *Sedum coral reef* L., **3e** (Figura 4.49);
- *Sedum oreganum* L., **3f** (Figura 4.50);
- *Sedum oreganum a*) L., **3j** (Figura 4.51);
- *Sedum forsterianum* cf. Sm in Sm, **3k** (Figura 4.52);
- *Armeria maritima* cf. Willd, **1** (Figura 4.53);
- *Thymus red creeping* L., **2** (Figura 4.54).



Figura 4.44 – Alecrim
(Rosmarinus officinalis L)



Figura 4.45 - Sedum album L.



Figura 4.46 - Sedum sexangulare
L.



Figura 4.47 - Sedum spurium
cf. oCoccineum



Figura 4.48 - Sedum spurium
tricolor cf. oSummer Glory



Figura 4.49 - Sedum coral reef L.



Figura 4.50 - Sedum oreganum
L.



Figura 4.51 - Sedum oreganum a)
L.



Figura 4.52 - Sedum
forsterianum cf. Sm in Sm



Figura 4.53 - Armeria maritima



Figura 4.54 – Thymus red creeping
L.

Relativamente ao desenvolvimento da vegetação em cada cobertura foi realizado um registo semanal para que fosse possível acompanhar esse desenvolvimento de uma forma mais detalhada. Apesar de as coberturas verdes (G1 a G4) terem sido instaladas no dia 10 de dezembro de 2020, apenas se iniciou o registo fotográfico a partir do dia 2 de março de 2021. Em relação às coberturas G5 a G8 iniciou-se o seu registo no momento da sua colocação nos substratos, no dia 11 de maio de 2021. Em seguida apresenta-se a percentagem verde coberta em cada cobertura (Tabela 4.13).

Tabela 4.13 - Percentagem de cobertura verde em cada cobertura

Data	% verde coberta							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
10/12/20	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
15/12/20	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21/12/20	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
04/01/21	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/01/21	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/01/21	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
01/02/21	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
08/02/21	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12/02/21	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/02/21	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
23/02/21	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
02/03/21	0,00%	75,05%	48,01%	68,57%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10/03/21	0,00%	75,20%	51,08%	74,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
17/03/21	0,00%	77,51%	53,61%	79,78%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
24/03/21	0,00%	79,59%	59,97%	83,47%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
29/03/21	0,00%	79,78%	62,81%	83,84%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
06/04/21	0,00%	82,82%	68,43%	83,53%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/04/21	0,00%	83,35%	74,06%	84,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
20/04/21	0,00%	83,89%	75,22%	85,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
27/04/21	0,00%	82,40%	76,99%	85,37%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
05/05/21	0,00%	81,70%	77,10%	86,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11/05/21	0,00%	83,56%	79,57%	87,42%	0,00%	49,29%	0,00%	52,14%
17/05/21	0,00%	84,21%	78,44%	82,97%	9,21%	54,86%	46,14%	54,74%
25/05/21	11,49%	82,68%	80,13%	85,46%	8,07%	66,93%	50,10%	61,63%
01/06/21	10,91%	83,87%	84,09%	88,04%	8,92%	77,68%	56,45%	64,51%
08/06/21	10,70%	83,72%	82,11%	85,48%	9,55%	83,57%	61,75%	67,03%
15/06/21	11,93%	84,12%	81,90%	86,94%	9,95%	90,66%	67,99%	70,83%
21/06/21	12,66%	85,87%	81,76%	86,14%	10,10%	92,38%	70,07%	73,22%
29/06/21	6,71%	85,40%	82,62%	87,04%	6,44%	92,71%	73,39%	72,46%
05/07/21	7,63%	85,60%	80,56%	87,34%	6,89%	93,76%	71,88%	73,68%
12/07/21	8,18%	86,10%	80,95%	88,26%	7,44%	95,41%	73,76%	71,86%
19/07/21	9,04%	85,40%	80,24%	88,30%	9,22%	90,57%	72,79%	73,62%
26/07/21	9,90%	86,47%	80,77%	87,87%	9,96%	91,32%	72,80%	74,07%
02/08/21	10,29%	87,56%	80,12%	88,20%	10,00%	91,77%	72,99%	75,06%
09/08/21	8,71%	85,47%	77,69%	86,96%	10,23%	92,51%	71,61%	75,85%
16/08/21	8,88%	87,51%	77,10%	87,08%	10,86%	93,01%	70,13%	74,76%
23/08/21	9,61%	87,44%	76,30%	88,99%	11,62%	93,73%	68,93%	76,40%
30/08/21	10,17%	88,26%	77,74%	90,23%	13,26%	93,85%	68,10%	78,66%
06/09/21	10,75%	87,51%	76,70%	89,75%	14,14%	94,00%	68,49%	78,86%
13/09/21	11,25%	87,86%	79,06%	90,87%	16,43%	94,15%	66,60%	82,86%

O desenvolvimento de cada espécie de planta em cada cobertura verde pode ser consultado do Anexo 2 ao Anexo 9.

Para se obter os valores da área que cada espécie de planta ocupava na cobertura verde piloto, recorreu-se ao autocad para medir essas mesmas áreas. Primeiramente colocou-se a fotografia à escala, e posteriormente traçou-se uma polilínea em torno de cada planta, sendo assim possível saber-se a área de cada planta. Em seguida apresenta-se um exemplo do que foi replicado para cada cobertura ao longo de todo o ensaio experimental (Figura 4.55 e Figura 4.56).



Figura 4.55 - Traçado das polilíneas em cada planta

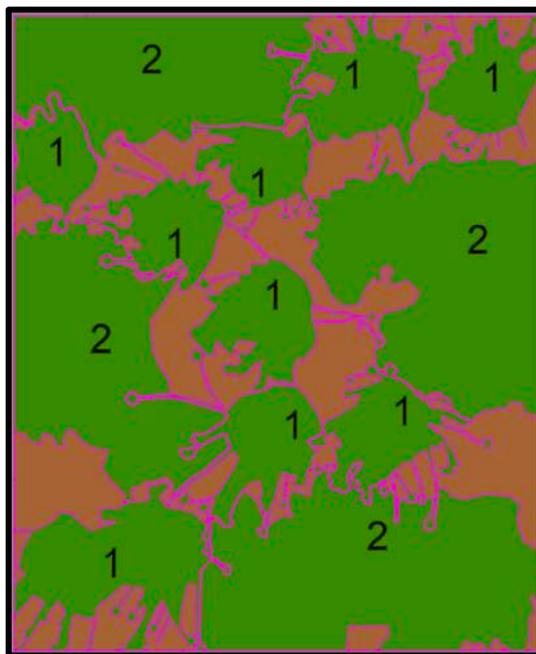


Figura 4.56 - Esquema representativo da ocupação das plantas na cobertura

4.6.5. Temperaturas superficiais nas coberturas verdes e noutras superfícies

As temperaturas superficiais numa cobertura verde podem diferir bastante de outras superfícies tais como na terra, no asfalto degradado, na calçada ou no betão. Sendo estas as superfícies que se utilizou para comparar com as coberturas verdes piloto.

O registo das temperaturas nas coberturas verdes piloto efetuou-se por dois métodos distintos, um em que registou-se a temperatura da cobertura verde num todo, e outro em que se registou a temperatura de cada planta em cada cobertura. Por cada método registou-se as temperaturas em dois dias distintos. As temperaturas medidas nas superfícies utilizadas para comparar com as coberturas verdes também foram medidas em dois dias distintos.

Pelo primeiro método registou-se a temperatura da cobertura no dia 25 de maio de 2021 (Figura 4.57) e no dia 1 de junho de 2021 (Figura 4.58).

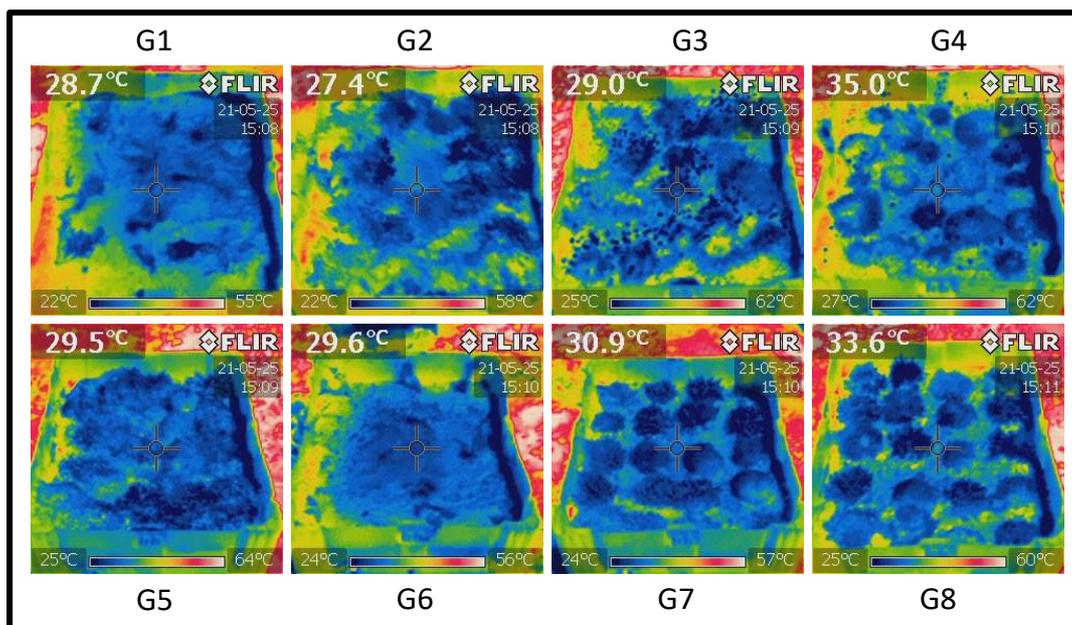


Figura 4.57 - Temperatura superficial das várias coberturas verdes no dia 25/05/2021

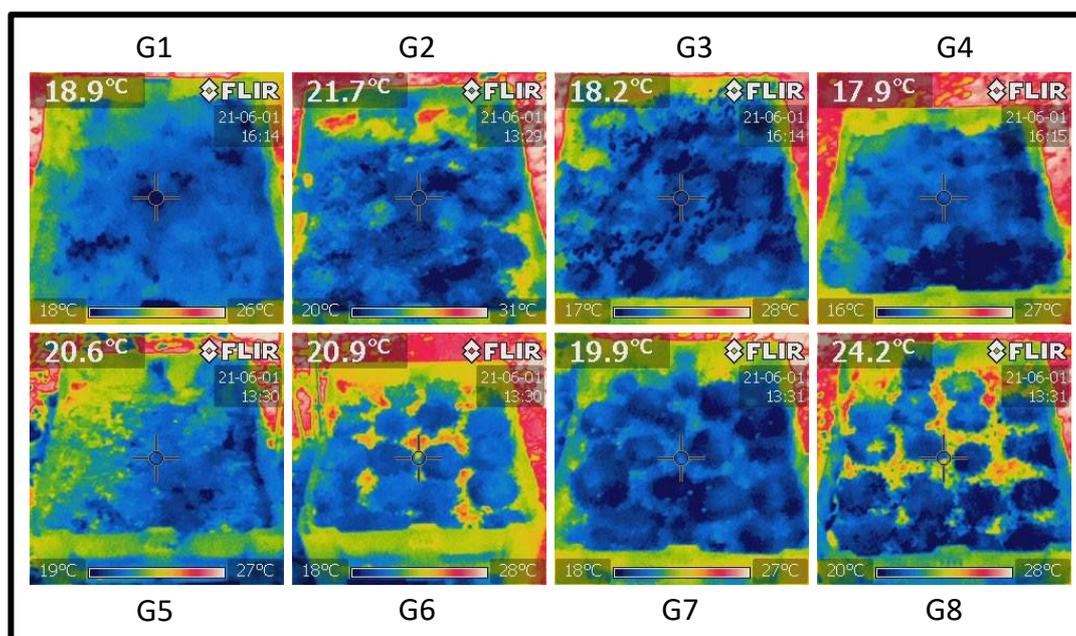


Figura 4.58 - Temperatura superficial das várias coberturas verdes no dia 01/06/2021

Verifica-se uma redução das temperaturas na superfície das coberturas verdes, podendo ser resultado das condições climáticas do próprio dia, temperatura, humidade do ar, entre outros. As condições atmosféricas nos dias anteriores às medições apresentam-se na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 - Condições climáticas nos dias anteriores à medição da temperatura superficial

Data	Temperatura (°C)			Humidade (%)			Vento (m/s)	Pressão (mbar)	Precipitação (mm/dia)	Rad. Solar (w/m2)	
	máxima	média	mínima	máxima	média	mínima				máxima	média
24/mai	18,7	15,3	12,6	80,10%	62,90%	38,60%	0	1025,2	0	1271	458,9
31/mai	21	17,3	14,7	81,50%	67,50%	52,50%	0	1012,60%	0	1099	518

Tal como se pode observar, nos dias anteriores à medição da temperatura superficial em cada cobertura, ocorreu uma redução da mesma, pelo que no dia 01/06/2021 as temperaturas sejam inferiores em todas as coberturas verdes face ao dia 25/05/2021.

A câmara termográfica faz a leitura da temperatura superficial através de um único ponto, tal como pode ser observado nas Figura 4.57 e Figura 4.58, pelo que pode originar alguns desvios entre a temperatura superficial medida e a temperatura superficial real.

Em seguida apresenta-se um gráfico que demonstra as diferenças de temperatura nas várias coberturas verdes em comparação com as temperaturas nas superfícies de terra, asfalto degradado, calçada e betão Figura 4.59.

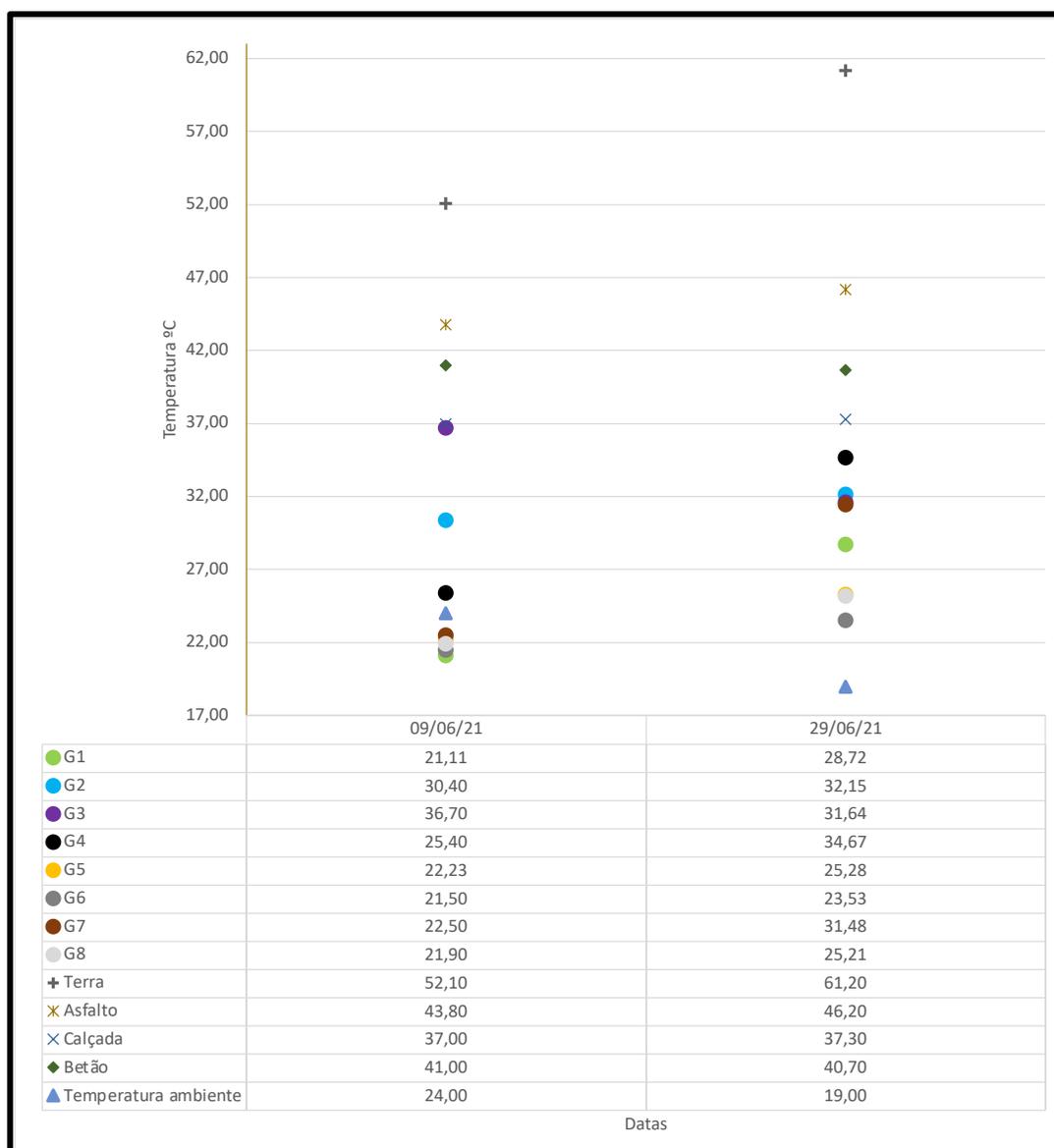


Figura 4.59 - Temperatura nas coberturas verdes e noutras superfícies

Nas Tabela 4.15 e Tabela 4.16 são apresentadas as temperaturas detalhadas de cada planta em cada cobertura nos dias 9 de junho de 2021 e 29 de junho de 2021, respetivamente. Observa-se que o

alecrim (*Rosmarinus officinalis L*) apresenta uma temperatura superficial inferior aos restantes tipos de vegetação.

Tabela 4.15 - Temperatura média em cada planta no dia 09/06/2021

Cobertura	Espécie de planta						
G1	Alecrim						
	21,1 °C						
G2	<i>Sedum album</i>	<i>Sedum sexangular</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum coral reef</i>	<i>Sedum oreganum</i>	<i>Sedum oreganum a)</i>	
	30,1 °C	29,6 °C	31,4 °C	30,3 °C	27,5 °C	28,5 °C	
G3	<i>Armeria maritima</i>	<i>Thymus red creeping</i>					
	35,7 °C	37,8 °C					
G4	<i>Sedum album</i>	<i>Sedum sexangular</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum coral reef</i>	<i>Sedum oreganum</i>	<i>Sedum spurium tricolor</i>	<i>Sedum oreganum a)</i>
	22,5 °C	24,4 °C	22,3 °C	24,0 °C	38,5 °C	23,2 °C	22,8 °C
G5	Alecrim						
	22,3 °C						
G6	<i>Sedum album</i>	<i>Sedum sexangular</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum spurium tricolor</i>	<i>Sedum forsterianum</i>		
	21,2 °C	21,2 °C	21,1 °C	21,5 °C	22,3 °C		
G7	<i>Armeria maritima</i>	<i>Thymus red creeping</i>					
	23,1 °C	22,0 °C					
G8	<i>Sedum album</i>	<i>Sedum sexangular</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum spurium tricolor</i>	<i>Sedum forsterianum</i>		
	21,3 °C	22,0 °C	22,5 °C	21,3 °C	22,3 °C		

Tabela 4.16 - Temperatura média em cada planta no dia 29/06/2021

Cobertura	Espécie de planta						
G1	Alecrim						
	28,7 °C						
G2	<i>Sedum album</i>	<i>Sedum sexangular</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum coral reef</i>	<i>Sedum oreganum</i>	<i>Sedum oreganum a)</i>	
	33,6 °C	32,1 °C	30,8 °C	33,9 °C	26,1 °C	29,7 °C	
G3	<i>Armeria maritima</i>	<i>Thymus red creeping</i>					
	28,7 °C	34,6 °C					
G4	<i>Sedum album</i>	<i>Sedum sexangular</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum coral reef</i>	<i>Sedum oreganum</i>	<i>Sedum spurium tricolor</i>	<i>Sedum oreganum a)</i>
	35,4 °C	36,5 °C	35,4 °C	36,8 °C	38,7 °C	29,5 °C	30,4 °C
G5	Alecrim						
	25,3 °C						
G6	<i>Sedum album</i>	<i>Sedum sexangular</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum spurium tricolor</i>	<i>Sedum forsterianum</i>		
	30,5 °C	30,4 °C	27,6 °C	26,8 °C	25,9 °C		
G7	<i>Armeria maritima</i>	<i>Thymus red creeping</i>					
	31,7 °C	31,3 °C					
G8	<i>Sedum album</i>	<i>Sedum sexangular</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum spurium tricolor</i>	<i>Sedum forsterianum</i>		
	33,6 °C	30,1 °C	28,4 °C	30,7 °C	28,4 °C		

4.7. Discussão de resultados

4.7.1. Influência da humidade inicial no desempenho das coberturas verdes piloto

A humidade inicial existente no substrato é um fator que condiciona a capacidade de um substrato absorver a água que sobre ele cai. Esta humidade inicial está relacionada com as condições climáticas do local, tais como a humidade relativa no ar, se ocorreu precipitação nos dias anteriores, e a própria temperatura pode tornar o substrato mais seco, caso as temperaturas sejam elevadas. Uma vez que os espaços intersticiais se encontram preenchidos, a quantidade de água excedente que percola sobre o substrato vai ser diretamente descarregada pelo substrato, pois não possui mais capacidade de reter água. É possível verificar-se esse efeito na Figura 4.60. Por exemplo no dia 11 de maio de 2021 na cobertura G4, verificou-se esse efeito. Uma vez que a humidade no substrato era relativamente elevada, a percentagem absorvida pelo substrato foi substancialmente menor em comparação com os mesmos parâmetros no dia 25 de maio de 2021. É importante realçar que a duração das simulações de precipitação apenas manteve-se constante a partir do dia 27 de abril de 2021, pelo que os resultados obtidos anteriormente tem essa variabilidade extra, podendo gerar conclusões menos corretas da relação entre a humidade inicial no substrato e a percentagem absorvida pelo substrato. Bem como a intensidade de precipitação foi uma variável que variou ao longo dos ensaios.

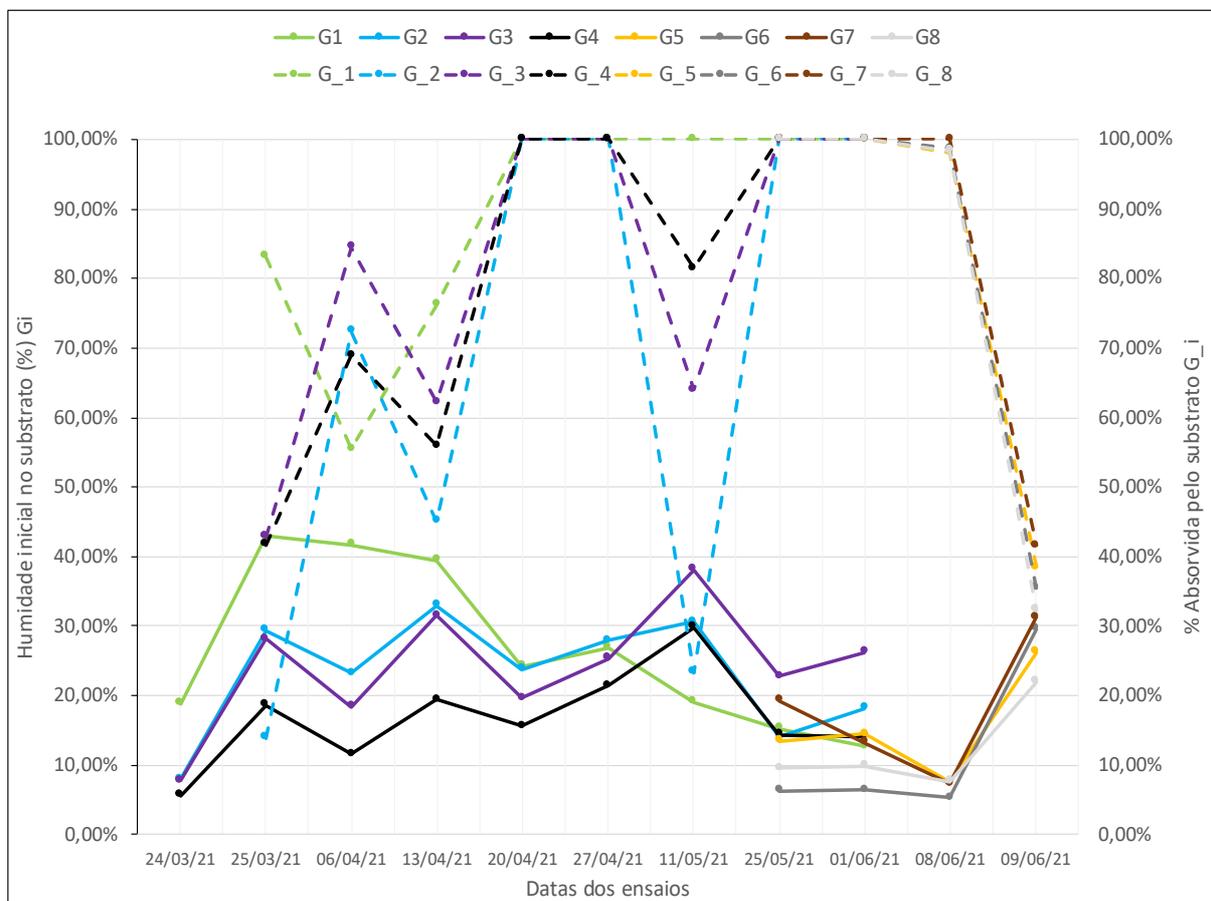


Figura 4.60 - Interação humidade inicial com percentagem absorvida pelo substrato

Pode-se constatar que o efeito da humidade inicial no substrato influencia a temperatura da cobertura verde. Quanto maior a humidade inicial no substrato, menor será a temperatura superficial na cobertura verde, como se pode observar em praticamente todas as coberturas, exceto nas G1, G4 e G7 (Figura 4.61).

A maior presença de água no substrato não permite o aumento das temperaturas à superfície da cobertura, tendo um efeito de refresco dessa camada superior.

É importante realçar que a duração das simulações de precipitação apenas manteve-se constante a partir do dia 27 de abril de 2021, pelo que os resultados obtidos anteriormente tem essa variabilidade extra, podendo gerar conclusões menos corretas da relação entre a humidade inicial no substrato e a temperatura superficial na cobertura verde. Bem como a intensidade de precipitação foi uma variável que variou ao longo dos ensaios.

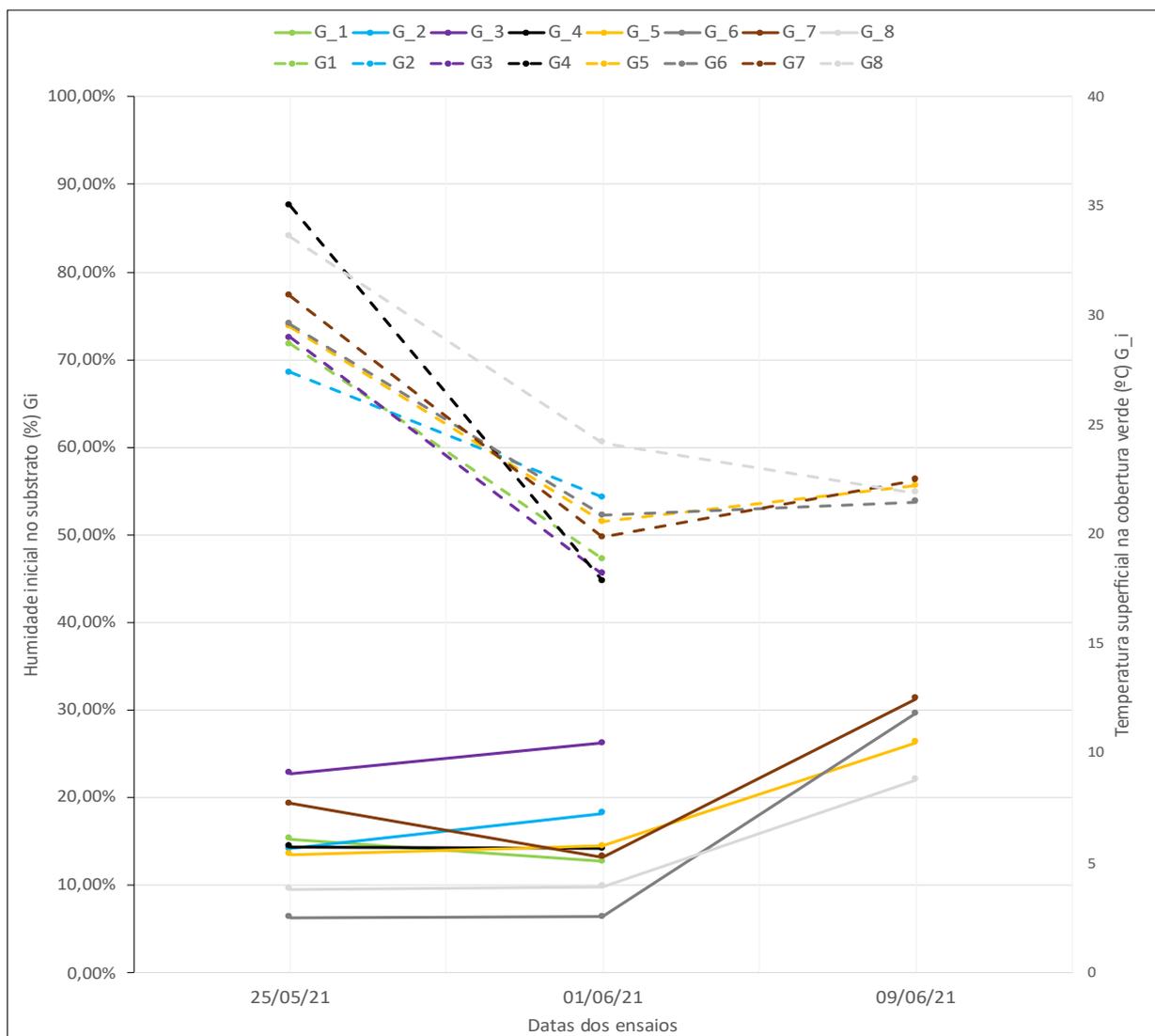


Figura 4.61 - Interação humidade inicial com temperatura superficial na cobertura verde

Na Figura 4.62 pode-se cruzar os dados da humidade inicial no substrato com o tempo que demora a ocorrer escoamento da cobertura verde. Verificou-se que quanto maior a humidade inicial no substrato, menor o intervalo de tempo até ocorrer escoamento na cobertura. Uma vez que o solo encontra-se mais húmido, ou seja, os espaços vazios do solo apresentam água, isso gera que após um fenómeno de precipitação essa água em excesso irá percolar mais rapidamente pelo solo, gerando um escoamento no tubo de saída da cobertura. Nas várias coberturas verificou-se este comportamento, exceto nos casos em que não ocorreu escoamento, ou quando a intensidade de precipitação foi tão elevada que a humidade do substrato apresentou pouca influência.

De notar que a duração da rega e a intensidade da precipitação foram variáveis ao longo dos vários ensaios.

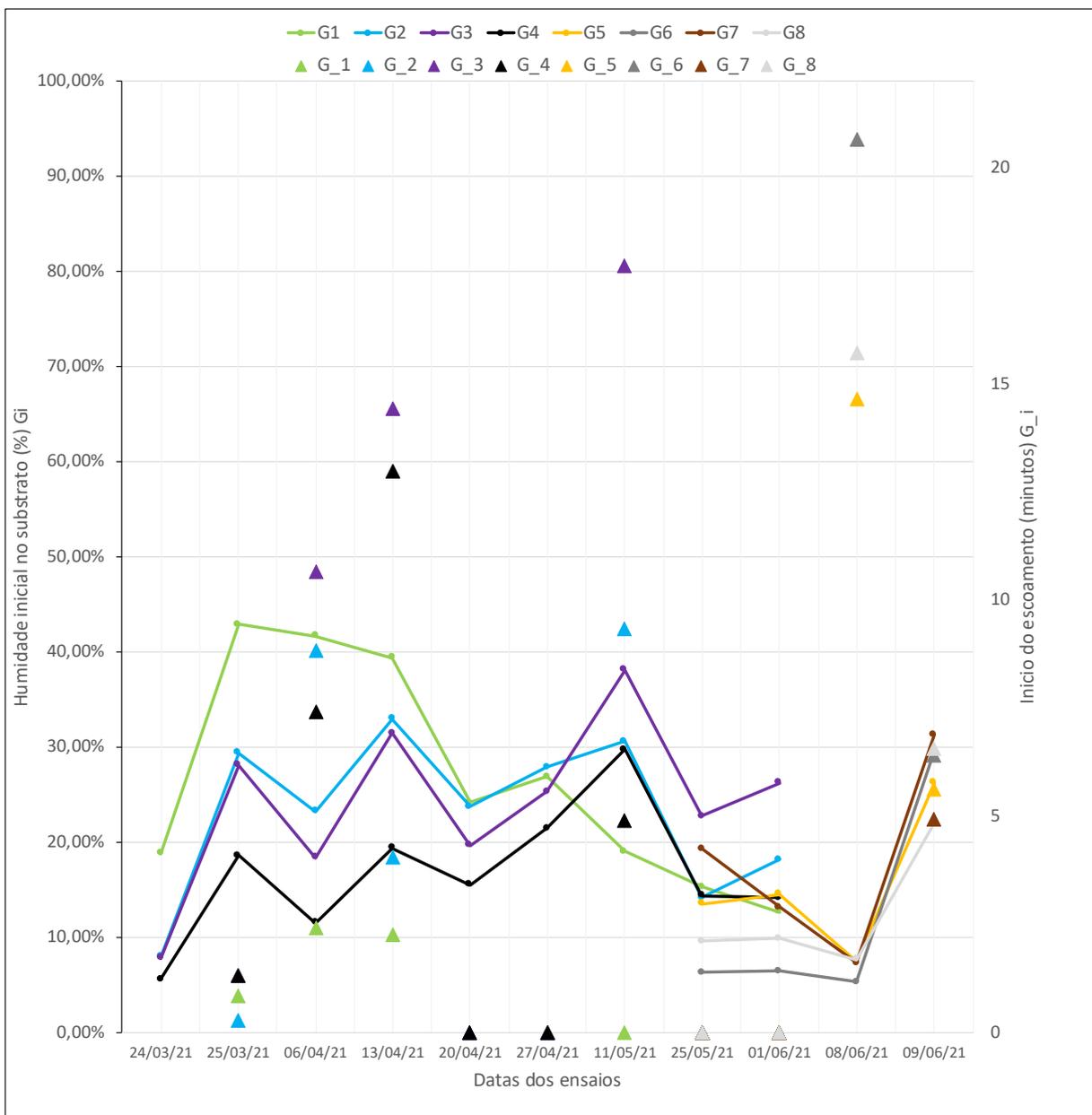


Figura 4.62 - Interação humidade inicial com o início do escoamento

4.7.2. Influência da intensidade de precipitação no desempenho das coberturas verdes

Tal como se pode verificar na Figura 4.39, quanto maior a intensidade de precipitação, maior será o volume escoado pela cobertura verde, uma vez que o substrato começa a ficar totalmente saturado, perdendo a capacidade de retenção e como tal toda a água em excesso origina um escoamento no tubo de saída da cobertura. De notar que o tempo de rega foi variando, como referido anteriormente, pelo que pode ter interferência em algumas conclusões que se possam tirar.

Outra relação importante a interpretar é a intensidade de precipitação com a percentagem absorvida pelo substrato (Figura 4.40). Quanto maior a intensidade de precipitação, menor será a capacidade de o solo absorver água, isso deve-se ao facto das altas intensidades de precipitação originarem um forte escoamento vertical descendente no substrato sendo grande parte descarregado pelo tubo de saída da cobertura, provocando uma absorção muito reduzida por parte do substrato. Como se pode observar da Figura 4.40, no dia 8 de junho o substrato absorveu na totalidade a precipitação que sobre ele caiu, porém no dia seguinte, 9 de junho, não se verificou uma absorção total para a mesma intensidade de precipitação. Isso é resultado do solo apresentar uma humidade no seu interior significativa resultante do ensaio do dia anterior.

Idêntica relação é possível fazer-se com a intensidade de precipitação e o instante em que se dá o escoamento (Figura 4.41), quanto maior a intensidade de precipitação, menor o intervalo de tempo para que ocorra escoamento na cobertura. Tal como referido anteriormente o aumento da intensidade de precipitação origina uma menor absorção por parte do substrato e como tal o instante em que se dá o escoamento é menor. De notar que de igual forma no dia 9 de junho o instante em que ocorreu o escoamento foi mais curto que no dia anterior, pelo facto de o solo apresentar uma humidade inicial significativa face ao dia anterior.

Análoga conclusão pode ser feita relativamente à intensidade de precipitação e ao atraso no pico do escoamento (Figura 4.42). Para intensidades de precipitação elevadas, o atraso no pico do escoamento será menor, pelas razões mencionadas no parágrafo anterior.

4.7.3. Desenvolvimento da vegetação

Numa cobertura verde a sua última camada constituinte é a vegetação, sendo a que apresenta um papel mais ambiental e estético da cobertura, apesar dos efeitos da evapotranspiração e outros processos que envolvem o metabolismo das plantas também contribuirão positivamente para a retenção do escoamento, ou para a redução da temperatura superficial em comparação com uma cobertura convencional. Este efeito da redução da temperatura superficial será analisado no subcapítulo seguinte.

Há que referir que as coberturas G1 a G4 apresentam uma vegetação ligeiramente diferente das G5 a G8 devido ao facto de terem sido encomendadas em tempos diferentes, apesar de ambas serem um mix de *Sedum*.

Após um acompanhamento da evolução da vegetação ao longo do tempo, constatou-se que a cobertura G6 foi a que apresentou uma maior cobertura em termos de área (Figura 4.63), ocupando cerca de 94,15%. Esta cobertura apesar de ter sido implantada bastante depois das coberturas G1 a G4, apresentou uma maior ocupação em termos de área de cobertura devido ao facto das plantas apresentarem num estágio de maior desenvolvimento que as restantes. Porém as restantes plantas das coberturas G5, G7 e G8 não acompanharam a evolução da G6 por serem plantas diferentes. De notar que a cobertura com maior área verde coberta, era constituído por substrato A e RCD's. As coberturas G1 e G5 ambas apresentam o mesmo tipo de vegetação (alecrim), diferindo apenas na constituição dos substratos, G5 incorpora RCD junto do substrato técnico. Relativamente a estas duas coberturas podemos concluir que a cobertura com RCD apresentou uma maior taxa de cobertura verde.

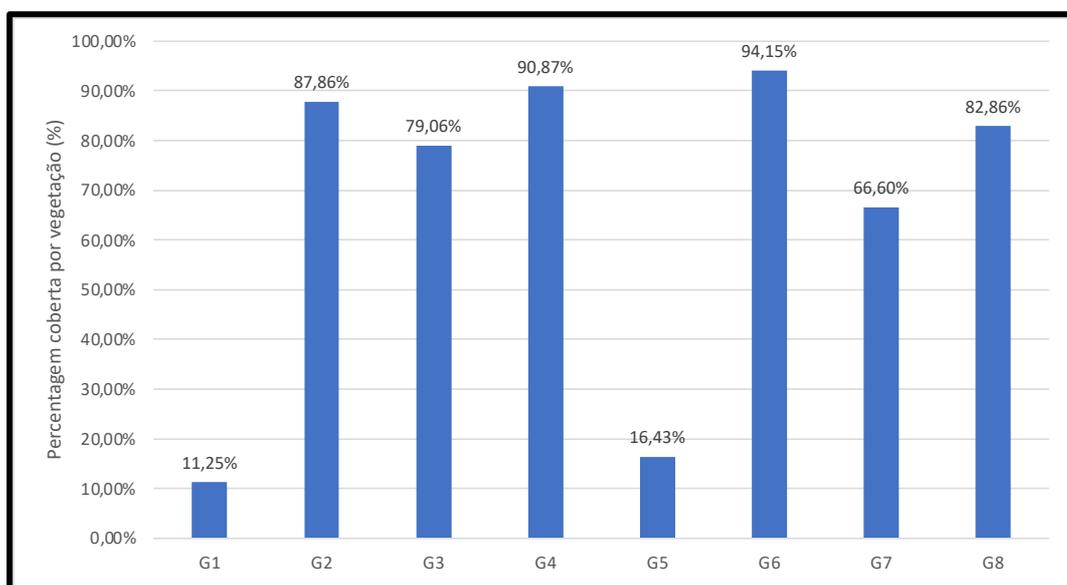


Figura 4.63 - Percentagem coberta por vegetação em cada cobertura no dia 13/09/2021

Em relação à quantidade de plantas em cada cobertura desde o momento em que foram colocadas no substrato, até ao momento em que finalizou-se os ensaios experimentais (Figura 4.43), apenas as coberturas G2, G3, G4 e G7 mantiveram o mesmo número de plantas, ou seja, adaptaram-se na totalidade aos substratos e às condições climáticas a que foram expostas. Já as restantes coberturas não apresentaram igual número de plantas no final dos ensaios práticos. Nas coberturas G1 e G5 pode-se apontar como causa o facto de o alecrim (*Rosmarinus officinalis* L) utilizado não ter espessura suficiente para se estabilizar e expandir as suas raízes. Nas coberturas G6 e G8 também se verificou a redução no número de plantas, sendo o motivo desta redução causada por ação de aves (pombos), afetando mais precisamente a espécie de *Sedum album* L. em ambas as coberturas.

Verificou-se que as espécies que maior crescimento apresentaram foram a *Thymus red creeping* L. com 57,53% na cobertura G3, e o *Sedum album* L. com 43,47% na cobertura G2.

Relativamente à incorporação de RCD nos substratos técnicos verificou-se que não afetaram o normal desenvolvimento da vegetação.

4.7.4. Temperaturas superficiais nas coberturas verdes e noutras superfícies

As temperaturas superficiais nas coberturas verdes verificaram-se sempre inferiores às restantes superfícies utilizadas para comparação, como a terra, o asfalto, a calçada e o betão. De notar que a temperatura de cada superfície é influenciada diretamente pelas condições climáticas do próprio dia. Pode-se verificar na Figura 4.59 que a redução da temperatura ambiente não provocou uma redução na temperatura superficial das coberturas verdes, exceto na cobertura G3. Contrário ao que era expectável. Porém este efeito pode estar relacionado com as leituras das temperaturas não serem realizadas à mesma hora do dia. No dia 09/06/2021 foram registadas às 12h enquanto no dia 29/06/2021 foram às 10h.

Relativamente aos dois dias referidos acima a cobertura G3 foi a que apresentou uma temperatura superficial média mais alta.

Alcançaram-se reduções de temperaturas significativas face às restantes superfícies (Tabela 4.17), obtendo-se um máximo de redução de 32,1°C.

Tabela 4.17 - Diferencial de temperaturas entre as coberturas verdes e outras superfícies

Data	Diferença de temperaturas (°C)			
	Terra	Asfalto	Calçada	Betão
09/06/21	26,9	18,6	11,8	15,8
29/06/21	32,1	17,1	8,2	11,6

Numa análise de temperaturas superficiais em cada espécie de planta (Tabela 4.15 e Tabela 4.16), constata-se que o alecrim (*Rosmarinus officinalis L*) apresenta uma temperatura superficial inferior às restantes espécies. Esta diferença de temperaturas esta associada ao metabolismo de cada espécie. Pois o *Sedum* apresentam o metabolismo ácido das crassuláceas, isto é, durante o dia os seus poros encontram-se fechados e abrem durante a noite. Este mecanismo das plantas CAM origina uma redução na evapotranspiração durante o dia e como tal origina um aumento da temperatura superficial na planta. De notar que registou-se uma diferença de temperaturas máximas na ordem dos 17,4°C, sendo registada entre o alecrim (*Rosmarinus officinalis L*) e o *Sedum oreganum* da cobertura G4 no dia 9 de junho de 2021.

De notar que as coberturas verdes ao reduzirem as temperaturas superficiais permitem reduzir o efeito da ilha de calor nas grandes cidades, sendo uma solução viável a ser implementada.

4.8. Síntese

A intensidade de precipitação e a humidade inicial são parâmetros que influenciam o desempenho de uma cobertura verde. Precipitações de alta intensidade, reduzem a capacidade de absorção do substrato, acelera o início do escoamento, bem como o volume escoado é aumentado. De realçar que as coberturas com a incorporação de RCD's no substrato não apresentaram diferenças significativas para as restantes que apenas continham substrato técnico.

A humidade inicial no substrato apresenta um papel importante na capacidade do substrato absorver a água da precipitação, e o instante em que ocorre o escoamento da cobertura. Quanto maior a humidade no substrato menor a retenção do substrato e mais cedo se dá o escoamento. Reduz também a temperatura superficial da mesma.

As coberturas verdes demonstram um melhor desempenho hidrológico para intensidades de precipitação mais baixas e espaçadas no tempo.

A proporção de RCD utilizada nas coberturas verdes piloto foi de 33%, sendo aproximado dos resultados obtidos pelo estudo de Mickovski et al., 2013, em que utilizaram 20%.

Relativamente à retenção no escoamento alcançou-se valores entre 32,3% e 100%, de realçar que os 100% foram com intensidades de precipitação baixas. O estudo de Barnhart et al., 2021 atingiu retenções na ordem dos 30 e 86%, não diferindo muito do intervalo obtido nas coberturas verdes piloto.

O atraso do pico máximo atingido foi de 20 minutos, sendo que Barnhart et al., 2021 obteve um atraso máximo de 30 minutos. Neste parâmetro, existe uma diferença que se pode considerar significativa, porém os fatores que podem afetar o atraso no pico podem ser diversos, desde a humidade inicial no solo, a intensidade de precipitação ou a própria temperatura diária.

No capítulo da temperatura superficial as coberturas verdes demonstram ser uma boa solução para reduzir a temperatura à superfície, face a outros tipos de materiais como o betão por exemplo. De realçar que foram registadas diferenças máximas na ordem dos 32,1°C entre superfícies diferentes. Relativamente à diferença de temperaturas entre espécies de plantas diferentes, verificou-se que o alecrim (*Rosmarinus officinalis L*) apresentou temperaturas mais baixas em comparação com as restantes. Esta diferença atingiu um valor máximo de 17,4°C. Segundo Bevilacqua et al., 2017 foram alcançadas diferenças de temperaturas entre espécies de coberturas verdes diferentes na ordem dos 30°C, valor bastante superior ao alcançado nas coberturas verdes piloto.

O desenvolvimento da vegetação permitiram obter resultados de cobertura vegetal sobre as coberturas bastante positivos, com exceção das coberturas G1 e G5 constituídas por alecrim (*Rosmarinus officinalis L*), pois houve uma redução significativa no número de plantas no final do estudo. Nas restantes coberturas pode-se considerar que praticamente todas as plantas sobreviveram, com exceção da espécie *Sedum album L.* que sofreu a ação de aves. As plantas instaladas nas coberturas com RCD na mistura do substrato apresentaram uma boa taxa de crescimento, sendo uma dessas coberturas que apresentou a maior taxa de cobertura vegetal, com cerca de 94,15%.

5. Conclusões e desenvolvimentos futuros

5.1. Conclusão

As coberturas verdes revelam-se uma solução bastante viável para implementação em coberturas de edifícios, de parques subterrâneos ou outras construções que assim o permitam. A sua variedade em termos de soluções possíveis desde coberturas verdes intensivas, extensivas a semi-intensivas permitem a colocação de praticamente qualquer tipo de vegetação, sejam plantas rasteiras ou árvores com algum porte. A possibilidade de tornar as coberturas acessíveis geram espaços de lazer, e acrescentam valor estético e económico à construção.

De realçar que os objetivos apresentados no início da dissertação foram alcançados, e através dos quais permitiram alcançar-se resultados bastante interessantes.

Os resultados obtidos dos vários ensaios experimentais permitiram concluir que as coberturas verdes são uma solução viável para reter a água da precipitação, atrasar o pico no escoamento, reduzir o efeito da ilha de calor nas cidades, incorporar novos materiais nos substratos técnicos como os RCD, tornando a solução mais ecológica globalmente, e esteticamente acrescenta valor onde é instalada.

A intensidade de precipitação e a humidade inicial na cobertura verde são parâmetros que influenciam o desempenho da mesma. A ocorrência de precipitação de forte intensidade, reduz a capacidade de absorção do substrato, o início do escoamento dá-se mais cedo, bem como o volume escoado também aumenta. Estes efeitos resultam da capacidade do solo não conseguir absorver em curtos períodos de tempo elevada quantidade de água, gerando um escoamento em maior quantidade à saída da cobertura. De realçar que as coberturas com a incorporação de RCD no substrato não apresentaram diferenças significativas para as restantes que apenas continham substrato técnico.

Outro fator que influencia o desempenho das coberturas verdes é a humidade inicial que o substrato apresenta. Um solo que apresente uma elevada humidade, ou seja, um solo saturado o fluxo de água que por ele passa é determinado pela condutividade hidráulica do meio, sendo o material que constitui o substrato que condiciona este fluxo de água. Assim quanto maior a humidade do substrato menor será a absorção do mesmo, pois os espaços vazios já se encontram ocupados com água, logo mais cedo se dá o escoamento, bem como menor será a temperatura superficial na cobertura.

Assim as coberturas verdes revelaram um melhor desempenho para baixas intensidades de precipitação, podendo reter a totalidade da água que sobre ela cai, bem como para baixas taxas de humidade no substrato, originaram um início do escoamento mais tardio e conseqüentemente um atraso no pico do mesmo, originando um desfasamento entre o momento em que chove e o momento em que a cobertura verde descarrega a água no sistema pluvial.

As coberturas verdes revelaram-se eficazes na redução das temperaturas superficiais em comparação com outras superfícies, chegando a registar-se diferenças na ordem dos 32°C. As coberturas verdes em comparação com outras superfícies apresentaram um albedo superior, aumentando o poder de reflexão, daí apresentarem temperaturas à superfície inferiores. Verificou-se que as plantas *Sedum*

apresentaram uma temperatura superior relativamente ao alecrim (*Rosmarinus officinalis* L), pelo facto de apresentarem um metabolismo diferente.

Relativamente ao desenvolvimento da vegetação verificou-se uma boa percentagem de cobertura vegetal, com exceção das coberturas G1 e G5 constituídas por alecrim (*Rosmarinus officinalis* L). Nas restantes coberturas pode-se considerar que praticamente todas as plantas sobreviveram, com exceção da espécie *Sedum album* L. que sofreu a ação de aves. As plantas instaladas nas coberturas com RCD na mistura do substrato também apresentaram uma boa taxa de crescimento, sendo uma dessas coberturas a que apresentou a maior taxa de cobertura vegetal em termos de percentagem coberta.

Registou-se um abaixamento da espessura do substrato em todas as coberturas, na ordem dos 5 cm. Este efeito deve-se principalmente ao efeito da percolação da água sobre o substrato, gerando um assentamento no mesmo. Registrar que esse efeito pode ter originado a perda de alguns pés de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L) nas coberturas G1 e G5, pois não conseguiram ter suporte para se desenvolver.

Relativamente à análise laboratorial dos substratos, constatou-se que os substratos com adição de RCD apresentaram uma densidade superior, a quantidade da fração fina (%) aumentou, originado uma redução na fração grosseira (%). Relativamente ao pH não se verificou uma grande alteração. Em relação ao azoto nítrico e ao potássio extraível estes valores subiram significativamente na mistura de substrato A com RCD.

Em suma, os resultados obtidos nas coberturas verdes piloto foram referentes a clima de condições mediterrâneas, pelo que condições climáticas diferentes das mediterrâneas podem originar resultados diferentes dos obtidos neste estudo.

5.2. Desenvolvimentos futuros

Neste estudo de coberturas verdes não se realizaram alguns ensaios laboratoriais que poderiam ter algum interesse, tais como analisar a qualidade da água que é descarregada pelo tubo de saída da cobertura. Bem como a análise da qualidade do ar na cobertura verde, em comparação com uma cobertura convencional, perceber se existe uma melhoria significativa ou apenas residual.

Outro aspeto que pode ser desenvolvido no futuro, uma vez que existem poucos estudos sobre essa matéria, é perceber que adições podem ser acrescentadas aos substratos técnicos, bem como as quantidades para que estes possam promover um bom desenvolvimento da vegetação, e garantir na mesma um bom comportamento hidrológico e térmico da cobertura.

Uma análise em coberturas extensivas da incorporação de RCD em substratos técnicos seria interessante de perceber se afeta o desenvolvimento da vegetação e se torna o substrato demasiado denso.

No desenvolvimento desta dissertação poderia ser aprofundado o conhecimento da interação das plantas com os vários tipos de substratos utilizados, e perceber qual o que proporciona melhores condições de desenvolvimento da vegetação.

Relativamente à temperatura superficial também seria interessante perceber as diferenças de temperaturas nas coberturas verdes entre o dia e a noite, para perceber mais detalhadamente o metabolismo das espécies CAM.

Referências

- ANCV – Associação Nacional de Coberturas Verdes. (2019). *Coberturas Verdes - Guia Técnico*.
- Barnhart, B., Pettus, P., Halama, J., McKane, R., Mayer, P., Djang, K., Brookes, A., & Moskal, L. M. (2021). Modeling the hydrologic effects of watershed-scale green roof implementation in the Pacific Northwest, United States. *Journal of Environmental Management*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111418>
- Bates, A. J., Sadler, J. P., Greswell, R. B., & Mackay, R. (2015). Effects of recycled aggregate growth substrate on green roof vegetation development: A six year experiment. *Landscape and Urban Planning*, 135, 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.11.010>
- Bevilacqua, P., Mazzeo, D., Bruno, R., & Arcuri, N. (2017). Surface temperature analysis of an extensive green roof for the mitigation of urban heat island in southern mediterranean climate. *Energy and Buildings*, 150, 318–327. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.05.081>
- Cristiano, E., Deidda, R., & Viola, F. (2021). The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review. In *Science of the Total Environment* (Vol. 756). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143876>
- Cristiano, E., Urru, S., Farris, S., Ruggiu, D., Deidda, R., & Viola, F. (2020). Analysis of potential benefits on flood mitigation of a CAM green roof in Mediterranean urban areas. *Building and Environment*, 183. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107179>
- Eksi, M., & Rowe, D. B. (2016). Green roof substrates: Effect of recycled crushed porcelain and foamed glass on plant growth and water retention. *Urban Forestry and Urban Greening*, 20, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.08.008>
- Eksi, M., Sevgi, O., Akburak, S., Yurtseven, H., & Esin, İ. (2020). Assessment of recycled or locally available materials as green roof substrates. *Ecological Engineering*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105966>
- Lopes, F. A., (2016). *Avaliação do desempenho técnico de coberturas verdes*. Tese de mestrado
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J. L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Getter, K. L., Rowe, D. B., & Andresen, J. A. (2007). Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. *Ecological Engineering*, 31(4), 225–231. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.06.004>
- Gilabert, J., Ventura, S., Segura, R., Martilli, A., Badia, A., Llasat, C., Corbera, J., & Villalba, G. (2021). Abating heat waves in a coastal Mediterranean city: What can cool roofs and vegetation contribute? *Urban Climate*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100863>

- Guerreiro, A., Monteiro, A., Ferreira, F., Braunschweig, F., Simões, J., Guimarães, J., Saldanha Matos, J., Estudante, M., Pinheiro, M., Ribeiro, P., Proença de Oliveira, R., Leboeuf, Y., & Fernandes Revisto por, Z. (n.d.). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030*.
- Inês do Nascimento Teotónio. (2016). *AVALIAÇÃO ECONÓMICA DA INSTALAÇÃO DE COBERTURAS VERDES EM EDIFÍCIOS*.
- Koroxenidis, E., & Theodosiou, T. (2021). Comparative environmental and economic evaluation of green roofs under Mediterranean climate conditions – Extensive green roofs a potentially preferable solution. *Journal of Cleaner Production*, 311. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127563>
- Liberalesso, T., Tassi, R., Ceconi, D. E., Allasia, D. G., & Arboit, N. K. S. (2021). Effect of rice husk addition on the physicochemical and hydrological properties on green roof substrates under subtropical climate conditions. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128133. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128133>
- Liu, H., Kong, F., Yin, H., Middel, A., Zheng, X., Huang, J., Xu, H., Wang, D., & Wen, Z. (2021). Impacts of green roofs on water, temperature, and air quality: A bibliometric review. In *Building and Environment* (Vol. 196). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107794>
- Liu, W., Engel, B. A., & Feng, Q. (2021). Modelling the hydrological responses of green roofs under different substrate designs and rainfall characteristics using a simple water balance model. *Journal of Hydrology*, 602, 126786. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126786>
- Liu, W., Feng, Q., Chen, W., Wei, W., & Deo, R. C. (2019). The influence of structural factors on stormwater runoff retention of extensive green roofs: new evidence from scale-based models and real experiments. *Journal of Hydrology*, 569, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.11.066>
- Liu, W., Feng, Q., Chen, W., Wei, W., Si, J., & Xi, H. (2019). Runoff retention assessment for extensive green roofs and prioritization of structural factors at runoff plot scale using the Taguchi method. *Ecological Engineering*, 138, 281–288. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.033>
- Manso, M., Teotónio, I., Silva, C. M., & Cruz, C. O. (2021). Green roof and green wall benefits and costs: A review of the quantitative evidence.) Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110111>
- Mickovski, S. B., Buss, K., McKenzie, B. M., & Sökmener, B. (2013). Laboratory study on the potential use of recycled inert construction waste material in the substrate mix for extensive green roofs. *Ecological Engineering*, 61(1 PARTC), 706–714. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.02.015>
- Molineux, C. J., Gange, A. C., Connop, S. P., & Newport, D. J. (2015). Using recycled aggregates in green roof substrates for plant diversity. *Ecological Engineering*, 82, 596–604. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.036>
- Paithankar, D. N., & Taji, S. G. (2020). Investigating the hydrological performance of green roofs using storm water management model. *Materials Today: Proceedings*, 32, 943–950. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.085>

- Pérez, G., Chocarro, C., Juárez, A., & Coma, J. (2020). Evaluation of the development of five Sedum species on extensive green roofs in a continental Mediterranean climate. *Urban Forestry and Urban Greening*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126566>
- Rasul, M. G., & Arutla, L. K. R. (2020). Environmental impact assessment of green roofs using life cycle assessment. *Energy Reports*, 6, 503–508. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.09.015>
- Schultz, I., Sailor, D. J., & Starry, O. (2018). Effects of substrate depth and precipitation characteristics on stormwater retention by two green roofs in Portland OR. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 18, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2018.06.008>
- Susca, T., Gaffin, S. R., & Dell’Osso, G. R. (2011). Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. *Environmental Pollution*, 159(8–9), 2119–2126. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.03.007>
- Tang, S., Jiang, J., Zheng, Y., Hong, Y., Chung, E. S., Shamseldin, A. Y., Wei, Y., & Wang, X. (2021). Robustness analysis of storm water quality modelling with LID infrastructures from natural event-based field monitoring. *Science of the Total Environment*, 753. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142007>
- van Mechelen, C., Dutoit, T., & Hermy, M. (2015). Vegetation development on different extensive green roof types in a Mediterranean and temperate maritime climate. *Ecological Engineering*, 82, 571–582. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.011>
- Yang, C., Fraga, H., van Ieperen, W., & Santos, J. A. (2020). Assessing the impacts of recent-past climatic constraints on potential wheat yield and adaptation options under Mediterranean climate in southern Portugal. *Agricultural Systems*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102844>
- Zhang, L., Yang, X., Fan, Y., & Zhang, J. (2021). Utilizing the theory of planned behavior to predict willingness to pay for urban heat island effect mitigation. *Building and Environment*, 204. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108136>
- Ziogou, I., Michopoulos, A., Voulgari, V., & Zachariadis, T. (2017). Energy, environmental and economic assessment of electricity savings from the operation of green roofs in urban office buildings of a warm Mediterranean region. *Journal of Cleaner Production*, 168, 346–356. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.217>

Referências da **INTERNET**

CMG (2016). Site da Camara Municipal de Guimarães, <https://www.cm-guimaraes.pt/viver/noticias/noticia/bacias-de-retencao-em-guimaraes-sao-exemplo-nacional-na-prevencao-de-cheias-em-meio-urbano>, acessado a 20 de outubro

DOCPLAYER (2008). Site da docplayer, <https://docplayer.com.br/41309719-Dfa-gestao-e-tecnologia-de-aguas-e-residuos.html>, acessado a 20 de outubro

Aquafluxus (2012). Site da aquafluxus, <https://www.aquafluxus.com.br/trincheiras-de-infiltracao/?lang=em>, acessido a 20 de outubro

Azulnews (2019). Site da azulnews, <https://www.azulnews.com.br/single-post/2019/05/01/drenagem-sustent%C3%A1vel-%C3%A9-solu%C3%A7%C3%A3o-para-enfrentar-enchentes-nas-cidades>, acessido a 20 de outubro

Pinterest. (2013). Site da Pinterest, <https://www.pinterest.pt/pin/299841287661925411/>, acessido a 25 de outubro

Diprotec (2016). Site da diprotec, <https://www.diprotec.com.br/solucao/telhados-verdes/>, acessido a 21 de outubro

Idealista/news (2020). Site da idealista, <https://www.idealista.pt/news/imobiliario/habitacao/2020/07/01/43821-imobiliario-verde-e-sustentavel-pandemia-acelera-tendencias-e-da-impulso-a-novos>, acessido a 21 de outubro

Planej (2018). Site da Planej, <https://www.planejpb.com.br/post/uso-do-telhado-verde-como-metodo-de-drenagem-na-fonte>, acessido a 22 de outubro

Weatherspark (2021). Site da weather spark, <https://pt.weatherspark.com/h/y/32022/2021/Condições-meteorológicas-históricas-durante-2021-em-Lisboa-Portugal#Figures-Summary>, acessido a 23 de outubro

Weatherspark (2021). Site da weather spark, <https://pt.weatherspark.com/y/47213/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Barcelona-Espanha-durante-o-ano#Figures-Temperature>, acessido a 23 de outubro

Weatherspark (2021). Site da weather spark, <https://pt.weatherspark.com/h/y/74359/2020/Condições-meteorológicas-históricas-durante-2020-em-Palermo-Itália#Figures-Summary>, acessido a 23 de outubro

Anexos

Anexo 1 - Parâmetros analisados nas coberturas verdes piloto

Data	Q (l/s)	I (mm/h)	Duração	G1			G2			G3			G4			G5			G6			G7			G8			
				Humidade			Humidade			Humidade			Humidade			Humidade			Humidade			Humidade						
				Início	Meio	Fim	Início	Meio	Fim	Início																		
24/03/21	0,25	874,4	15	18,86%	57,68%		7,96%	27,72%	26,74%	7,80%	34,04%	29,29%	5,58%	34,64%	21,40%													
25/03/21	0,25	874,4	3,5	42,90%	56,10%	56,12%	29,38%	32,80%	32,70%	28,16%	33,68%	32,60%	18,62%	37%	28,46%													
06/04/21	0,048	168,2	10	41,72%	47,82%	45,94%	23,24%	33,10%	34,34%	18,44%	32,54%	30,86%	11,54%	21,36%	23,22%													
13/04/21	0,012	42,45	15	39,42%	37,54%	38,36%	32,98%	31,08%	32,08%	31,46%	30,86%	30,14%	19,44%	22,02%	20,14%													
20/04/21	0,0035	12,4	15	24,19%	26,92%	27,17%	23,78%	24,68%	23,25%	19,69%	19,66%	19,77%	15,57%	18,10%	15,33%													
27/04/21	0,0024	8,39	20	26,94%	33,92%	32,60%	27,90%	34,16%	31,66%	25,36%	29,40%	31,66%	21,46%	28,54%	28,20%													
11/05/21	0,0066	23,16	20	19,08%	30,88%	27,56%	30,63%	36,15%	35,25%	38,10%	39,72%	38,18%	29,80%	31,38%	32,34%													
25/05/21	0,0101	35,5	20	15,30%	22,52%	23,92%	14,20%	17,60%	18,26%	22,78%	30,36%	33,60%	14,40%	20,02%	22,50%	13,52%	26,22%	24,46%	6,30%	22,36%	16,72%	19,34%	30,14%	31,30%	9,60%	17,24%	17,08%	
01/06/21	0,0128	44,96	20	12,70%	24,98%	28,80%	18,22%	29,82%	28,52%	26,24%	33,64%	32,82%	14,16%	28,04%	28,16%	14,52%	28,70%	26,88%	6,44%	14,08%	16,50%	13,20%	30,68%	25,86%	9,88%	22,21%	24,44%	
08/06/21	0,0182	63,59	20													7,52%	26,66%	25,72%	5,32%	20,36%	13,20%	7,34%	22,58%	19,96%	7,68%	20,90%	22%	
09/06/21	0,0182	63,59	20													26,28%	40,04%	37,82%	29,64%	32,88%	35,38%	31,32%	44,26%	39,50%	22,02%	30,36%	24,32%	
29/06/21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Data	Espessura substrato								Escoamento								% Absorvida pelo substrato								Câmara Termografic a	Volume de água escoado (l)											
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8				
	24/03/21	11,6	11,4	11,2	10,8					SIM	SIM	SIM	SIM	-	-	-	-																				
25/03/21	10,9	11,2	11,4	11,8					SIM	SIM	SIM	SIM	-	-	-	-	83,18%	13,88%	42,87%	41,72%																	
06/04/21	11,1	11,2	11,1	10,7					SIM	SIM	SIM	SIM	-	-	-	-	55,44%	72,44%	84,49%	68,86%																	
13/04/21	10,9	10,8	10,8	9,9					SIM	SIM	SIM	SIM	-	-	-	-	76,20%	45,11%	62,20%	55,90%																	
20/04/21	10,5	10,8	10,5	9,8					NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	-	-	-	-	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%																	
27/04/21	10,9	10,7	10,7	10,1					NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	-	-	-	-	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%																	
11/05/21	10,4	10,7	10,8	10,8					NÃO	SIM	SIM	SIM	-	-	-	-	100,00%	23,37%	64,00%	81,40%																	
25/05/21	10,4	10	10,6	9,4	9,2	10,1	10	9,4	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%				
01/06/21	11	11,6	11	9,9	10,6	9,4	10,3	9,8	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%				
08/06/21	-	-	-	-	10,6	10,2	9,7	9,4	-	-	-	-	SIM	SIM	NÃO	SIM																	0,42	0,29	0	0,35	
09/06/21	-	-	-	-	10,6	10,2	9,7	9,4	-	-	-	-	SIM	SIM	SIM	SIM																		13,4	14,1	12,7	14,8
29/06/21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																					

Anexo 2 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G1

Data	Area total (m2)	Area verde coberta (m2)	% verde coberta por espécie	% coberta por planta	% verde coberta TOTAL	Evolução de semana para semana (%)
		4 - Alecrim	4 - Alecrim	4 - Alecrim		
10/12/20	1,0304	0	0,00%	-	0,00%	-
15/12/20	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21/12/20	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
04/01/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/01/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/01/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
01/02/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
08/02/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12/02/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/02/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
23/02/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
02/03/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10/03/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
17/03/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
24/03/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
29/03/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
06/04/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/04/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
20/04/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
27/04/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
05/05/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11/05/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
17/05/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
25/05/21	1,0304	0,1184	11,49%	1,15%	11,49%	11,49%
01/06/21	1,0304	0,1124	11,49%	0,00%	10,91%	0,00%
08/06/21	1,0304	0,1103	11,49%	0,00%	10,70%	0,00%
15/06/21	1,0304	0,1229	11,93%	0,04%	11,93%	0,44%
21/06/21	1,0304	0,1304	12,66%	0,07%	12,66%	0,73%
29/06/21	1,0304	0,0691	12,66%	0,00%	6,71%	0,00%
05/07/21	1,0304	0,0786	12,66%	0,00%	7,63%	0,00%
12/07/21	1,0304	0,0843	12,66%	0,00%	8,18%	0,00%
19/07/21	1,0304	0,0931	12,66%	0,00%	9,04%	0,00%
26/07/21	1,0304	0,102	12,66%	0,00%	9,90%	0,00%
02/08/21	1,0304	0,106	12,66%	0,00%	10,29%	0,00%
09/08/21	1,0304	0,0897	8,71%	-0,99%	8,71%	-3,95%
16/08/21	1,0304	0,0915	8,88%	0,04%	8,88%	0,17%
23/08/21	1,0304	0,099	9,61%	0,18%	9,61%	0,73%
30/08/21	1,0304	0,1048	10,17%	0,14%	10,17%	0,56%
06/09/21	1,0304	0,1108	10,75%	0,15%	10,75%	0,58%
13/09/21	1,0304	0,1159	11,25%	0,12%	11,25%	0,49%

Anexo 3 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G2

Data	Area total (m2)	Area verde coberta (m2)						% verde coberta por espécie						% coberta por planta						% verde coberta	Evolução de semana para semana (%)	
		3a	3c	3d	3e	3f	3j	3a	3c	3d	3e	3f	3j	3a	3c	3d	3e	3f	3j			
10/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-	-	-	-	-	-	0,00%	-	
15/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
04/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
01/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
08/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
23/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
02/03/21	1,0304	0,3128	0,1006	0,22	0,0431	0,0574	0,0394	30,36%	9,76%	21,35%	4,18%	5,57%	3,82%	5,06%	3,25%	5,34%	4,18%	5,57%	3,82%	75,05%	75,05%	
10/03/21	1,0304	0,3118	0,0962	0,224	0,0459	0,05535	0,0416	30,36%	9,76%	21,74%	4,45%	5,57%	4,04%	0,00%	0,00%	0,10%	0,27%	0,00%	0,21%	75,20%	0,87%	
17/03/21	1,0304	0,3146	0,1007	0,2291	0,0603	0,0533	0,0407	30,53%	9,77%	22,23%	5,85%	5,57%	4,04%	0,03%	0,00%	0,12%	1,40%	0,00%	0,00%	77,51%	2,07%	
24/03/21	1,0304	0,3367	0,1051	0,229	0,0531	0,0545	0,0417	32,68%	10,20%	22,23%	5,85%	5,57%	4,05%	0,36%	0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	79,59%	2,59%	
29/03/21	1,0304	0,3415	0,1024	0,23	0,0526	0,0549	0,0407	33,14%	10,20%	22,32%	5,85%	5,57%	4,05%	0,08%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	79,78%	0,55%	
06/04/21	1,0304	0,3545	0,1011	0,2303	0,0651	0,0609	0,0415	34,40%	10,20%	22,35%	6,32%	5,91%	4,05%	0,21%	0,00%	0,01%	0,47%	0,34%	0,00%	82,82%	2,10%	
13/04/21	1,0304	0,3503	0,1057	0,2345	0,0659	0,0606	0,0418	34,40%	10,26%	22,76%	6,40%	5,91%	4,06%	0,00%	0,02%	0,10%	0,08%	0,00%	0,01%	83,35%	0,55%	
20/04/21	1,0304	0,3518	0,107	0,2347	0,0663	0,0626	0,042	34,40%	10,38%	22,78%	6,43%	6,08%	4,08%	0,00%	0,04%	0,00%	0,04%	0,16%	0,02%	83,89%	0,37%	
27/04/21	1,0304	0,3456	0,0983	0,2349	0,0666	0,0634	0,0403	34,40%	10,38%	22,80%	6,46%	6,15%	4,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,08%	0,00%	82,40%	0,13%	
05/05/21	1,0304	0,3515	0,097	0,2291	0,0669	0,0566	0,0407	34,40%	10,38%	22,80%	6,49%	6,15%	4,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%	81,70%	0,03%	
11/05/21	1,0304	0,3573	0,0959	0,235	0,0673	0,0645	0,041	34,68%	10,38%	22,81%	6,53%	6,26%	4,08%	0,05%	0,00%	0,00%	0,04%	0,11%	0,00%	83,56%	0,43%	
17/05/21	1,0304	0,3619	0,0906	0,2385	0,0679	0,0652	0,0436	35,12%	10,38%	23,15%	6,59%	6,33%	4,23%	0,07%	0,00%	0,08%	0,06%	0,07%	0,16%	84,21%	1,07%	
25/05/21	1,0304	0,3654	0,0952	0,2143	0,0704	0,0659	0,0407	35,46%	10,38%	23,15%	6,83%	6,40%	4,23%	0,06%	0,00%	0,00%	0,24%	0,07%	0,00%	82,68%	0,65%	
01/06/21	1,0304	0,3696	0,0971	0,2247	0,0694	0,0625	0,0409	35,87%	10,38%	23,15%	6,83%	6,40%	4,23%	0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	83,87%	0,41%	
08/06/21	1,0304	0,3717	0,0986	0,2192	0,0675	0,0624	0,0433	36,07%	10,38%	23,15%	6,83%	6,40%	4,23%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	83,72%	0,20%	
15/06/21	1,0304	0,3795	0,0936	0,2209	0,067	0,0614	0,0444	36,83%	10,38%	23,15%	6,83%	6,40%	4,31%	0,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,08%	84,12%	0,83%	
21/06/21	1,0304	0,3927	0,09527	0,2279	0,0641	0,0599	0,0449	38,11%	10,38%	23,15%	6,83%	6,40%	4,36%	0,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	85,87%	1,33%	
29/06/21	1,0304	0,3879	0,091	0,2265	0,0685	0,0634	0,0427	38,11%	10,38%	23,15%	6,83%	6,40%	4,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	85,40%	0,00%	
05/07/21	1,0304	0,3886	0,0979	0,2247	0,0606	0,0671	0,0431	38,11%	10,38%	23,15%	6,83%	6,51%	4,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	0,00%	85,60%	0,12%	
12/07/21	1,0304	0,377	0,1107	0,2294	0,0621	0,0637	0,0443	38,11%	10,74%	23,15%	6,83%	6,51%	4,36%	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	86,10%	0,36%	
19/07/21	1,0304	0,3927	0,1055	0,2259	0,0619	0,0516	0,0424	38,11%	10,74%	23,15%	6,83%	6,51%	4,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	85,40%	0,00%	
26/07/21	1,0304	0,3945	0,1048	0,2335	0,0581	0,0575	0,0426	38,29%	10,74%	23,15%	6,83%	6,51%	4,36%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	86,47%	0,17%	
02/08/21	1,0304	0,4104	0,1116	0,2287	0,0583	0,0528	0,0404	39,83%	10,83%	23,15%	6,83%	6,51%	4,36%	0,26%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	87,56%	1,63%	
09/08/21	1,0304	0,4013	0,0918	0,232	0,051	0,0618	0,0428	39,83%	10,83%	23,15%	6,83%	6,51%	4,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	85,47%	0,00%	
16/08/21	1,0304	0,4239	0,0997	0,2307	0,0494	0,0612	0,0368	41,14%	10,83%	23,15%	6,83%	6,51%	4,36%	0,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	87,51%	1,31%	
23/08/21	1,0304	0,4263	0,0921	0,2404	0,038	0,0599	0,0443	41,37%	10,83%	23,33%	6,83%	6,51%	4,36%	0,04%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	87,44%	0,42%	
30/08/21	1,0304	0,4227	0,1074	0,2454	0,0388	0,0514	0,0437	41,37%	10,83%	23,82%	6,83%	6,51%	4,36%	0,00%	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	88,26%	0,49%	
06/09/21	1,0304	0,4279	0,0991	0,24	0,0428	0,0481	0,0438	41,53%	10,83%	23,82%	6,83%	6,51%	4,36%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	87,51%	0,16%	
13/09/21	1,0304	0,4479	0,0857	0,2501	0,0274	0,0486	0,0456	43,47%	10,83%	24,27%	6,83%	6,51%	4,43%	0,32%	0,00%	0,11%	0,00%	0,00%	0,07%	87,86%	2,47%	

Anexo 4 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G3

Data	Area total (m2)	Area verde coberta (m2)		% verde coberta por espécie		% coberta por planta		% verde coberta TOTAL	Evolução de semana para semana (%)
		1 - Armenia maritima	2 - Thymus red creeping	1 - Armenia maritima	2 - Thymus red creeping	1 - Armenia maritima	2 - Thymus red creeping		
10/12/20	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	-	-	0,00%	-
15/12/20	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21/12/20	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
04/01/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/01/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/01/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
01/02/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
08/02/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12/02/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/02/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
23/02/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
02/03/21	1,0304	0,1573	0,3374	15,27%	32,74%	1,53%	5,46%	48,01%	48,01%
10/03/21	1,0304	0,1732	0,3531	16,81%	34,27%	0,15%	0,25%	51,08%	3,07%
17/03/21	1,0304	0,1648	0,3876	16,81%	37,62%	0,00%	0,56%	53,61%	3,35%
24/03/21	1,0304	0,1751	0,4428	16,99%	42,97%	0,02%	0,89%	59,97%	5,54%
29/03/21	1,0304	0,1934	0,4538	18,77%	44,04%	0,18%	0,18%	62,81%	2,84%
06/04/21	1,0304	0,1973	0,5078	19,15%	49,28%	0,04%	0,87%	68,43%	5,62%
13/04/21	1,0304	0,2397	0,5234	23,26%	50,80%	0,41%	0,25%	74,06%	5,63%
20/04/21	1,0304	0,2344	0,5407	23,26%	52,47%	0,00%	0,28%	75,22%	1,68%
27/04/21	1,0304	0,2451	0,5482	23,79%	53,20%	0,05%	0,12%	76,99%	1,25%
05/05/21	1,0304	0,2525	0,5419	24,51%	53,20%	0,07%	0,00%	77,10%	0,72%
11/05/21	1,0304	0,2631	0,5568	25,53%	54,04%	0,10%	0,14%	79,57%	1,86%
17/05/21	1,0304	0,2732	0,535	26,51%	54,04%	0,10%	0,00%	78,44%	0,98%
25/05/21	1,0304	0,2735	0,5522	26,54%	54,04%	0,00%	0,00%	80,13%	0,02%
01/06/21	1,0304	0,2737	0,5928	26,56%	57,53%	0,00%	1,16%	84,09%	3,52%
08/06/21	1,0304	0,2638	0,5823	26,56%	57,53%	0,00%	0,00%	82,11%	0,00%
15/06/21	1,0304	0,274	0,5699	26,59%	57,53%	0,00%	0,00%	81,90%	0,03%
21/06/21	1,0304	0,29	0,5525	28,14%	57,53%	0,19%	0,00%	81,76%	1,55%
29/06/21	1,0304	0,2878	0,5635	28,14%	57,53%	0,00%	0,00%	82,62%	0,00%
05/07/21	1,0304	0,2819	0,5482	28,14%	57,53%	0,00%	0,00%	80,56%	0,00%
12/07/21	1,0304	0,2969	0,5372	28,81%	57,53%	0,08%	0,00%	80,95%	0,67%
19/07/21	1,0304	0,2934	0,5334	28,81%	57,53%	0,00%	0,00%	80,24%	0,00%
26/07/21	1,0304	0,3114	0,5209	30,22%	57,53%	0,18%	0,00%	80,77%	1,41%
02/08/21	1,0304	0,2977	0,5279	30,22%	57,53%	0,00%	0,00%	80,12%	0,00%
09/08/21	1,0304	0,2942	0,5063	30,22%	57,53%	0,00%	0,00%	77,69%	0,00%
16/08/21	1,0304	0,2929	0,5015	30,22%	57,53%	0,00%	0,00%	77,10%	0,00%
23/08/21	1,0304	0,2967	0,4895	30,22%	57,53%	0,00%	0,00%	76,30%	0,00%
30/08/21	1,0304	0,3019	0,4991	30,22%	57,53%	0,00%	0,00%	77,74%	0,00%
06/09/21	1,0304	0,2982	0,4921	30,22%	57,53%	0,00%	0,00%	76,70%	0,00%
13/09/21	1,0304	0,3129	0,5017	30,37%	57,53%	0,02%	0,00%	79,06%	0,15%

Anexo 5 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G4

Data	Area total (m2)	Area verde coberta (m2)						% verde coberta por espécie						% coberta por planta						% verde coberta	Evolução de semana para semana (%)				
		3a	3c	3d	3e	3f	3i	3j	3a	3c	3d	3e	3f	3i	3j	3a	3c	3d	3e			3f	3i	3j	
10/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-	-	-	-	-	-	-	0,00%	-		
15/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
21/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
04/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
13/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
18/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
01/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
08/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
12/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
18/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
23/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
02/03/21	1,0304	0,3145	0,1223	0,0869	0,0254	0,0791	0,066	0,0123	30,52%	11,87%	8,43%	2,47%	7,68%	6,41%	1,19%	5,09%	2,37%	8,43%	2,47%	7,68%	3,20%	1,19%	68,57%	68,57%	
10/03/21	1,0304	0,3467	0,1358	0,089	0,0258	0,0954	0,0662	0,0129	33,65%	13,18%	8,64%	2,50%	9,26%	6,42%	1,25%	5,52%	0,26%	0,20%	0,04%	1,58%	0,01%	0,06%	74,90%	6,34%	
17/03/21	1,0304	0,3713	0,1464	0,0919	0,0273	0,1051	0,067	0,0131	36,03%	14,21%	8,92%	2,65%	10,20%	6,50%	1,27%	6,40%	0,21%	0,28%	0,15%	0,94%	0,04%	0,02%	79,78%	4,88%	
24/03/21	1,0304	0,3697	0,1586	0,0992	0,0309	0,1284	0,0596	0,0137	36,03%	15,39%	9,63%	3,00%	12,46%	6,50%	1,33%	0,00%	0,24%	0,71%	0,35%	2,26%	0,00%	0,06%	83,47%	4,56%	
29/03/21	1,0304	0,3735	0,1546	0,09575	0,0337	0,1209	0,0697	0,0157	36,25%	15,39%	9,63%	3,27%	12,46%	6,76%	1,52%	0,04%	0,00%	0,00%	0,27%	0,00%	0,13%	0,19%	83,84%	0,94%	
06/04/21	1,0304	0,3748	0,1555	0,0923	0,0363	0,1159	0,069	0,0169	36,37%	15,39%	9,63%	3,52%	12,46%	6,76%	1,64%	0,02%	0,00%	0,00%	0,25%	0,00%	0,00%	0,12%	83,53%	0,49%	
13/04/21	1,0304	0,3764	0,1559	0,0945	0,0395	0,1147	0,0687	0,0178	36,53%	15,39%	9,63%	3,83%	12,46%	6,76%	1,73%	0,03%	0,00%	0,00%	0,31%	0,00%	0,00%	0,09%	84,19%	0,55%	
20/04/21	1,0304	0,377	0,1556	0,0959	0,0391	0,1224	0,0707	0,0172	36,59%	15,39%	9,63%	3,83%	12,46%	6,86%	1,73%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	85,20%	0,16%	
27/04/21	1,0304	0,3773	0,1557	0,0944	0,0401	0,1287	0,0683	0,0152	36,62%	15,39%	9,63%	3,89%	12,49%	6,86%	1,73%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%	0,03%	0,00%	0,00%	85,37%	0,12%	
05/05/21	1,0304	0,3776	0,159	0,0975	0,0399	0,1317	0,0667	0,0141	36,65%	15,43%	9,63%	3,89%	12,78%	6,86%	1,73%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,29%	0,00%	0,00%	86,03%	0,36%	
11/05/21	1,0304	0,3883	0,1696	0,0952	0,0351	0,1283	0,0703	0,014	37,68%	16,46%	9,63%	3,89%	12,78%	6,86%	1,73%	0,17%	0,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	87,42%	2,07%	
17/05/21	1,0304	0,3603	0,1633	0,0903	0,0271	0,1299	0,0733	0,0107	37,68%	16,46%	9,63%	3,89%	12,78%	7,11%	1,73%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,13%	0,00%	82,97%	0,25%	
25/05/21	1,0304	0,3742	0,1656	0,097	0,0358	0,1204	0,0701	0,0175	37,68%	16,46%	9,63%	3,89%	12,78%	7,11%	1,73%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	85,46%	0,00%	
01/06/21	1,0304	0,4076	0,1629	0,0982	0,032	0,1216	0,0698	0,0151	39,56%	16,46%	9,63%	3,89%	12,78%	7,11%	1,73%	0,31%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	88,04%	1,87%	
08/06/21	1,0304	0,4031	0,1511	0,0968	0,0334	0,1113	0,0738	0,0113	39,56%	16,46%	9,63%	3,89%	12,78%	7,16%	1,73%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	85,48%	0,05%	
15/06/21	1,0304	0,391	0,1541	0,108	0,0314	0,1264	0,0692	0,0157	39,56%	16,46%	10,48%	3,89%	12,78%	7,16%	1,73%	0,00%	0,00%	0,85%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	86,94%	0,85%	
21/06/21	1,0304	0,3766	0,1492	0,121	0,0311	0,1286	0,0678	0,0133	39,56%	16,46%	11,74%	3,89%	12,78%	7,16%	1,73%	0,00%	0,00%	1,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	86,14%	1,26%	
29/06/21	1,0304	0,3996	0,1533	0,1073	0,0288	0,1234	0,0668	0,0177	39,56%	16,46%	11,74%	3,89%	12,78%	7,16%	1,73%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	87,04%	0,00%	
05/07/21	1,0304	0,3983	0,1496	0,1173	0,0305	0,1195	0,0699	0,0148	39,56%	16,46%	11,74%	3,89%	12,78%	7,16%	1,73%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	87,34%	0,00%	
12/07/21	1,0304	0,3965	0,1569	0,1215	0,0298	0,1193	0,0701	0,0153	39,56%	16,46%	11,79%	3,89%	12,78%	7,16%	1,73%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	88,26%	0,05%	
19/07/21	1,0304	0,4004	0,1551	0,1276	0,0283	0,1143	0,0723	0,0118	39,56%	16,46%	12,38%	3,89%	12,78%	7,16%	1,73%	0,00%	0,00%	0,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	88,30%	0,59%	
26/07/21	1,0304	0,3914	0,1658	0,1306	0,0266	0,1036	0,075	0,0124	39,56%	16,46%	12,67%	3,89%	12,78%	7,28%	1,73%	0,00%	0,00%	0,15%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	87,87%	0,41%
02/08/21	1,0304	0,4082	0,1516	0,131	0,0265	0,1008	0,0763	0,0144	39,62%	16,46%	12,71%	3,89%	12,78%	7,40%	1,73%	0,01%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	88,20%	0,22%
09/08/21	1,0304	0,4173	0,1416	0,1301	0,026	0,0977	0,0733	0,01	40,50%	16,46%	12,71%	3,89%	12,78%	7,40%	1,73%	0,15%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	86,96%	0,88%	
16/08/21	1,0304	0,4092	0,1365	0,1392	0,0271	0,1022	0,072	0,0111	40,50%	16,46%	13,51%	3,89%	12,78%	7,40%	1,73%	0,00%	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	87,08%	0,80%	
23/08/21	1,0304	0,3953	0,152	0,1489	0,0266	0,1041	0,077	0,0131	40,50%	16,46%	14,45%	3,89%	12,78%	7,47%	1,73%	0,00%	0,00%	0,47%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%	88,99%	1,01%	
30/08/21	1,0304	0,3988	0,1466	0,1593	0,028	0,1013	0,0829	0,0128	40,50%	16,46%	15,46%	3,89%	12,78%	8,05%	1,73%	0,00%	0,00%	0,50%	0,00%	0,00%	0,29%	0,00%	90,23%	1,58%	
06/09/21	1,0304	0,4287	0,1232	0,1404	0,0268	0,1087	0,085	0,012	41,61%	16,46%	15,46%	3,89%	12,78%	8,25%	1,73%	0,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	0,00%	89,75%	1,31%	
13/09/21	1,0304	0,402	0,1301	0,1714	0,028	0,1018	0,0921	0,0109	41,61%	16,46%	16,63%	3,89%	12,78%	8,94%	1,73%	0,00%	0,00%	0,59%	0,00%	0,00%	0,34%	0,00%	90,87%	1,86%	

Anexo 6 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G5

Data	Area total (m2)	Area verde coberta (m2)	% verde coberta por espécie	% coberta por planta	% verde coberta TOTAL	Evolução de semana para semana (%)
		4 - Alecrim	4 - Alecrim	4 - Alecrim		
10/12/20	1,0304	0	0,00%	-	0,00%	-
15/12/20	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21/12/20	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
04/01/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/01/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/01/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
01/02/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
08/02/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12/02/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/02/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
23/02/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
02/03/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10/03/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
17/03/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
24/03/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
29/03/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
06/04/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/04/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
20/04/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
27/04/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
05/05/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11/05/21	1,0304	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
17/05/21	1,0304	0,0949	9,21%	0,84%	9,21%	9,21%
25/05/21	1,0304	0,0832	9,21%	0,00%	8,07%	0,00%
01/06/21	1,0304	0,0919	9,21%	0,00%	8,92%	0,00%
08/06/21	1,0304	0,0984	9,55%	0,03%	9,55%	0,34%
15/06/21	1,0304	0,1025	9,95%	0,04%	9,95%	0,40%
21/06/21	1,0304	0,1041	10,10%	0,01%	10,10%	0,16%
29/06/21	1,0304	0,0664	10,10%	0,00%	6,44%	0,00%
05/07/21	1,0304	0,071	10,10%	0,00%	6,89%	0,00%
12/07/21	1,0304	0,0767	10,10%	0,00%	7,44%	0,00%
19/07/21	1,0304	0,095	10,10%	0,00%	9,22%	0,00%
26/07/21	1,0304	0,1026	10,10%	0,00%	9,96%	0,00%
02/08/21	1,0304	0,103	10,10%	0,00%	10,00%	0,00%
09/08/21	1,0304	0,1054	10,23%	0,03%	10,23%	0,13%
16/08/21	1,0304	0,1119	10,86%	0,13%	10,86%	0,63%
23/08/21	1,0304	0,1197	11,62%	0,15%	11,62%	0,76%
30/08/21	1,0304	0,1366	13,26%	0,33%	13,26%	1,64%
06/09/21	1,0304	0,1457	14,14%	0,18%	14,14%	0,88%
13/09/21	1,0304	0,1693	16,43%	0,46%	16,43%	2,29%

Anexo 7 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G6

Data	Area total (m2)	Area verde coberta (m2)					% verde coberta por espécie					% coberta por planta					% verde coberta	Evolução de semana para semana (%)
		3a	3c	3d	3i	3k	3a	3c	3d	3i	3k	3a	3c	3d	3i	3k		
10/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-	-	-	-	-	0,00%	-
15/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
04/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
01/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
08/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
23/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
02/03/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10/03/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
17/03/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
24/03/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
29/03/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
06/04/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/04/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
20/04/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
27/04/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
05/05/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11/05/21	1,0304	0,1464	0,0921	0,1161	0,0446	0,1087	14,21%	8,94%	11,27%	4,33%	10,55%	2,03%	2,98%	2,82%	2,16%	2,64%	49,29%	49,29%
17/05/21	1,0304	0,1754	0,1026	0,12	0,05	0,1173	17,02%	9,96%	11,65%	4,85%	11,38%	0,40%	0,34%	0,09%	0,26%	0,21%	54,86%	5,57%
25/05/21	1,0304	0,235	0,1163	0,1471	0,0581	0,1331	22,81%	11,29%	14,28%	5,64%	12,92%	0,83%	0,44%	0,66%	0,39%	0,38%	66,93%	12,06%
01/06/21	1,0304	0,2951	0,1258	0,1654	0,0715	0,1426	28,64%	12,21%	16,05%	6,94%	13,84%	0,83%	0,31%	0,44%	0,65%	0,23%	77,68%	10,75%
08/06/21	1,0304	0,3156	0,1401	0,1755	0,0752	0,1547	30,63%	13,60%	17,03%	7,30%	15,01%	0,28%	0,46%	0,25%	0,18%	0,29%	83,57%	5,89%
15/06/21	1,0304	0,3427	0,1413	0,1933	0,0877	0,1692	33,26%	13,71%	18,76%	8,51%	16,42%	0,38%	0,04%	0,43%	0,61%	0,35%	90,66%	7,09%
21/06/21	1,0304	0,3378	0,1377	0,1896	0,0847	0,2021	33,26%	13,71%	18,76%	8,51%	19,61%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,80%	92,38%	3,19%
29/06/21	1,0304	0,3492	0,1458	0,1825	0,0912	0,1866	33,89%	14,15%	18,76%	8,85%	19,61%	0,09%	0,15%	0,00%	0,17%	0,00%	92,71%	1,41%
05/07/21	1,0304	0,3536	0,1392	0,19	0,0875	0,1958	34,32%	14,15%	18,76%	8,85%	19,61%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	93,76%	0,43%
12/07/21	1,0304	0,3601	0,1408	0,195	0,0996	0,1876	34,95%	14,15%	18,92%	9,67%	19,61%	0,09%	0,00%	0,04%	0,41%	0,00%	95,41%	1,61%
19/07/21	1,0304	0,289	0,1372	0,1985	0,1012	0,2073	28,05%	14,15%	19,26%	9,82%	20,12%	-1,15%	0,00%	0,08%	0,08%	0,13%	90,57%	-5,90%
26/07/21	1,0304	0,2773	0,1296	0,209	0,1099	0,2152	28,05%	14,15%	20,28%	10,67%	20,89%	0,00%	0,00%	0,25%	0,42%	0,19%	91,32%	2,63%
02/08/21	1,0304	0,2857	0,1392	0,2085	0,1041	0,2081	28,05%	14,15%	20,28%	10,67%	20,89%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	91,77%	0,00%
09/08/21	1,0304	0,2852	0,1359	0,2128	0,113	0,2063	28,05%	14,15%	20,65%	10,97%	20,89%	0,00%	0,00%	0,09%	0,15%	0,00%	92,51%	0,67%
16/08/21	1,0304	0,2921	0,1258	0,2143	0,1122	0,214	28,35%	14,15%	20,80%	10,97%	20,89%	0,05%	0,00%	0,04%	0,00%	0,00%	93,01%	0,45%
23/08/21	1,0304	0,2874	0,1294	0,2236	0,1158	0,2096	28,35%	14,15%	21,70%	11,24%	20,89%	0,00%	0,00%	0,23%	0,14%	0,00%	93,73%	1,17%
30/08/21	1,0304	0,2802	0,1288	0,2325	0,1167	0,2088	28,35%	14,15%	22,56%	11,33%	20,89%	0,00%	0,00%	0,22%	0,04%	0,00%	93,85%	0,95%
06/09/21	1,0304	0,2878	0,1376	0,217	0,1209	0,2053	28,35%	14,15%	22,56%	11,73%	20,89%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%	0,00%	94,00%	0,41%
13/09/21	1,0304	0,2671	0,1452	0,2562	0,1341	0,1675	28,35%	14,15%	24,86%	13,01%	20,89%	0,00%	0,00%	0,58%	0,64%	0,00%	94,15%	3,58%

Anexo 8 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G7

Data	Area total (m2)	Area verde coberta (m2)		% verde coberta por espécie		% coberta por planta		% verde coberta TOTAL	Evolução de semana para semana (%)
		1 - Armenia maritima	2 - Thymus red creeping	1 - Armenia maritima	2 - Thymus red creeping	1 - Armenia maritima	2 - Thymus red creeping		
10/12/20	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	-	-	0,00%	-
15/12/20	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21/12/20	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
04/01/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/01/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/01/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
01/02/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
08/02/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12/02/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/02/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
23/02/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
02/03/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10/03/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
17/03/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
24/03/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
29/03/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
06/04/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/04/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
20/04/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
27/04/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
05/05/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11/05/21	1,0304	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
17/05/21	1,0304	0,1288	0,3466	12,50%	33,64%	1,25%	3,36%	46,14%	46,14%
25/05/21	1,0304	0,1542	0,362	14,97%	35,13%	0,25%	0,15%	50,10%	3,96%
01/06/21	1,0304	0,1694	0,4123	16,44%	40,01%	0,15%	0,49%	56,45%	6,36%
08/06/21	1,0304	0,1753	0,461	17,01%	44,74%	0,06%	0,47%	61,75%	5,30%
15/06/21	1,0304	0,2021	0,4985	19,61%	48,38%	0,26%	0,36%	67,99%	6,24%
21/06/21	1,0304	0,203	0,519	19,70%	50,37%	0,01%	0,20%	70,07%	2,08%
29/06/21	1,0304	0,2132	0,543	20,69%	52,70%	0,10%	0,23%	73,39%	3,32%
05/07/21	1,0304	0,2168	0,5239	21,04%	52,70%	0,03%	0,00%	71,88%	0,35%
12/07/21	1,0304	0,2392	0,5208	23,21%	52,70%	0,22%	0,00%	73,76%	2,17%
19/07/21	1,0304	0,2321	0,5179	23,21%	52,70%	0,00%	0,00%	72,79%	0,00%
26/07/21	1,0304	0,2417	0,5084	23,46%	52,70%	0,02%	0,00%	72,80%	0,24%
02/08/21	1,0304	0,26	0,4921	25,23%	52,70%	0,18%	0,00%	72,99%	1,78%
09/08/21	1,0304	0,2503	0,4876	25,23%	52,70%	0,00%	0,00%	71,61%	0,00%
16/08/21	1,0304	0,2629	0,4597	25,51%	52,70%	0,03%	0,00%	70,13%	0,28%
23/08/21	1,0304	0,2583	0,452	25,51%	52,70%	0,00%	0,00%	68,93%	0,00%
30/08/21	1,0304	0,2527	0,449	25,51%	52,70%	0,00%	0,00%	68,10%	0,00%
06/09/21	1,0304	0,2626	0,4431	25,51%	52,70%	0,00%	0,00%	68,49%	0,00%
13/09/21	1,0304	0,2398	0,4464	25,51%	52,70%	0,00%	0,00%	66,60%	0,00%

Anexo 9 - Desenvolvimento da vegetação na cobertura G8

Data	Area total (m2)	Area verde coberta (m2)					% verde coberta por espécie					% coberta por planta					% verde coberta	Evolução de semana para semana (%)
		3a	3c	3d	3i	3k	3a	3c	3d	3i	3k	3a	3c	3d	3i	3k		
10/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-	-	-	-	-	0,00%	-
15/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21/12/20	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
04/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/01/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
01/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
08/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
23/02/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
02/03/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10/03/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
17/03/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
24/03/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
29/03/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
06/04/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13/04/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
20/04/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
27/04/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
05/05/21	1,0304	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11/05/21	1,0304	0,1083	0,1063	0,0779	0,0797	0,1651	10,51%	10,32%	7,56%	7,73%	16,02%	2,10%	3,44%	2,52%	2,58%	2,67%	52,14%	52,14%
17/05/21	1,0304	0,1097	0,1079	0,0812	0,092	0,1732	10,65%	10,47%	7,88%	8,93%	16,81%	0,03%	0,05%	0,11%	0,40%	0,13%	54,74%	2,59%
25/05/21	1,0304	0,1317	0,1299	0,0921	0,0953	0,186	12,78%	12,61%	8,94%	9,25%	18,05%	0,43%	0,71%	0,35%	0,11%	0,21%	61,63%	6,89%
01/06/21	1,0304	0,1413	0,1311	0,0965	0,1014	0,1944	13,71%	12,72%	9,37%	9,84%	18,87%	0,19%	0,04%	0,14%	0,20%	0,14%	64,51%	2,88%
08/06/21	1,0304	0,1473	0,1332	0,0936	0,1217	0,1949	14,30%	12,93%	9,37%	11,81%	18,91%	0,12%	0,07%	0,00%	0,66%	0,01%	67,03%	2,80%
15/06/21	1,0304	0,1626	0,134	0,105	0,1313	0,1969	15,78%	13,00%	10,19%	12,74%	19,11%	0,30%	0,03%	0,27%	0,31%	0,03%	70,83%	3,51%
21/06/21	1,0304	0,1621	0,1383	0,1077	0,1361	0,2103	15,78%	13,42%	10,45%	13,21%	20,41%	0,00%	0,14%	0,09%	0,16%	0,22%	73,22%	2,45%
29/06/21	1,0304	0,1601	0,1368	0,1038	0,1402	0,2057	15,78%	13,42%	10,45%	13,61%	20,41%	0,00%	0,00%	0,00%	0,13%	0,00%	72,46%	0,40%
05/07/21	1,0304	0,1564	0,1436	0,104	0,1411	0,2141	15,78%	13,94%	10,45%	13,69%	20,78%	0,00%	0,17%	0,00%	0,03%	0,06%	73,68%	0,97%
12/07/21	1,0304	0,1133	0,1411	0,1128	0,1548	0,2184	11,00%	13,94%	10,95%	15,02%	21,20%	-1,59%	0,00%	0,16%	0,44%	0,07%	71,86%	-2,54%
19/07/21	1,0304	0,1184	0,1421	0,1189	0,1625	0,2167	11,49%	13,94%	11,54%	15,77%	21,20%	0,16%	0,00%	0,20%	0,25%	0,00%	73,62%	1,83%
26/07/21	1,0304	0,121	0,1445	0,1161	0,1679	0,2137	11,74%	14,02%	11,54%	16,29%	21,20%	0,08%	0,03%	0,00%	0,17%	0,00%	74,07%	0,86%
02/08/21	1,0304	0,1159	0,1523	0,1185	0,1583	0,2284	11,74%	14,78%	11,54%	16,29%	22,17%	0,00%	0,25%	0,00%	0,00%	0,16%	75,06%	1,73%
09/08/21	1,0304	0,1206	0,1448	0,1197	0,1649	0,2316	11,74%	14,78%	11,62%	16,29%	22,48%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%	0,05%	75,85%	0,39%
16/08/21	1,0304	0,1293	0,1411	0,1148	0,1659	0,2192	12,55%	14,78%	11,62%	16,29%	22,48%	0,27%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	74,76%	0,81%
23/08/21	1,0304	0,126	0,1421	0,121	0,1688	0,2293	12,55%	14,78%	11,74%	16,38%	22,48%	0,00%	0,00%	0,04%	0,03%	0,00%	76,40%	0,21%
30/08/21	1,0304	0,133	0,1391	0,1323	0,1806	0,2255	12,91%	14,78%	12,84%	17,53%	22,48%	0,12%	0,00%	0,37%	0,38%	0,00%	78,66%	2,60%
06/09/21	1,0304	0,139	0,1467	0,1305	0,1704	0,226	13,49%	14,78%	12,84%	17,53%	22,48%	0,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	78,86%	0,58%
13/09/21	1,0304	0,1437	0,1337	0,1467	0,2002	0,2295	13,95%	14,78%	14,24%	19,43%	22,48%	0,15%	0,00%	0,47%	0,63%	0,00%	82,86%	3,76%

