

Coberturas verdes em clima Mediterrânico

Proposta de Plano de Manutenção

Vera Pires Coelho Júdice Pontes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil

Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Orientadoras: Professora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Professora Inês dos Santos Flores Barbosa Colen

Júri

Presidente: Professor João Pedro Ramôa Ribeiro Correia

Orientador: Professora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Vogais: Engenheiro Paulo de Almeida Santos Pacheco Palha

Novembro de 2016

Agradecimentos

Ao longo da realização desta dissertação tive a felicidade de poder contar com o apoio e incentivo de várias pessoas a quem gostaria de oferecer os meus mais sinceros agradecimentos.

Às professoras Cristina Matos Silva e Inês Flores-Colen, orientadoras desta dissertação, agradeço-lhes profundamente por toda a motivação e disponibilidade prestada, pelo permanente acompanhamento, empenho e rigor que sempre demonstraram. Agradeço-lhes ainda a oportunidade que me concederam de participar no congresso IAHS.

Ao engenheiro Marcos Batista, ao engenheiro Morgado, à arquiteta Patrícia Arruda, ao engenheiro Orlando Paz, à Luísa Correia, pela constante disponibilidade e simpatia manifestada ao longo de toda a investigação. Às empresas MSF, Portugal Telecom, e a todos os que possibilitaram as inspeções realizadas e a recolha de informação.

A todos aqueles que possibilitaram a recolha de informação, equipas de jardineiros, proprietários e moradores, que se mostraram disponíveis e interessados.

À minha família, em especial os meus pais e ao meu avô Júlio, pela motivação e apoio dedicados durante a realização desta dissertação e ao longo de todo o curso.

Ao meu irmão Joaquim, que me acompanhou em tudo na minha vida pessoal e académica, pelo apoio incondicional, incentivo e pela inspiração.

Ao Jorge, pelo carinho, paciência, apoio e compreensão durante toda esta fase da minha vida. Obrigada por tudo.

À Joana Almeida, por tudo. Aos meus amigos e colegas Gonçalo Abreu, Inês Carmona, André Fernandes, Filipa Pires, Carla Ferreira, Zé Maria Guedes, Paula Simas, João Cabaço e Pedro Cruz Gonçalves, pela sincera amizade, apoio e partilha de opiniões e conhecimentos não só durante a realização da dissertação, mas todos os dias.

Resumo

As coberturas verdes são soluções construtivas associadas a inúmeras vantagens não só do ponto de vista ambiental como também económico e social. Esta solução oferece benefícios tanto a um nível público como privado, mas obriga à criação de estratégias de manutenção que, em geral, representam maiores custos iniciais, em comparação com as coberturas tradicionais. A falta de conhecimento sobre os benefícios das coberturas verdes, associada à incerteza de como garantir o correto desempenho das mesmas na fase de manutenção leva a que ainda se verifique alguma hesitação no que se refere à implementação destas soluções.

A manutenção é um componente decisivo na gestão das coberturas verdes, tendo um peso significativo nas despesas globais. Durante o ciclo de vida, uma adequada gestão de manutenção define estratégias desde o projeto, promovendo intervenções posteriores mais eficazes e económicas. O conhecimento, por parte dos clientes, instaladores e projetistas, dos benefícios associados às coberturas verdes, juntamente com uma correta conceção e a definição de um plano de manutenção adequado poderão representar um incentivo à adoção destas soluções.

Esta dissertação tem como objetivo elaborar uma proposta para um plano de manutenção adequado para coberturas verdes em clima Mediterrânico, definindo as ações de manutenção a executar com as respetivas frequências e entidades responsáveis permitindo, posteriormente, a previsão dos requisitos a respeitar durante a fase de manutenção e custos associados.

Para a realização desta análise foram considerados variados estudos já desenvolvidos sobre esta temática e foi realizada uma investigação a diversos casos reais, localizados em Portugal, garantindo uma análise da aplicação prática de coberturas verdes e as respetivas ações de manutenção implementadas. O estudo prático desenvolvido permitiu confirmar a influência que as ações de manutenção e a sua periodicidade detêm no desempenho das coberturas verdes em serviço. De referir que se tentou incluir na amostra coberturas verdes com diferentes características, não sendo uma amostra representativa em termos de tipo de coberturas verdes e por apenas ser constituída por 10 casos de estudo. O estudo desenvolvido e as respetivas conclusões estão intimamente ligadas à amostra considerada.

A proposta para um plano de manutenção pretende servir como auxílio ao longo de toda a fase de manutenção, servindo como base a seguir pelos diversos intervenientes e permitindo uma possível previsão dos custos associados a esta fase.

PALAVRAS-CHAVE: Coberturas verdes, clima Mediterrânico, plano de manutenção, desempenho em serviço.

Abstract

Green roofs are constructive solutions associated with numerous benefits not only from an environmental point of view but also economic and social. This solution offers both public and private benefits, but it leads to the need to create maintenance strategies which generally represent higher initial costs when compared to traditional roofs. The lack of knowledge about the benefits of green roofs, associated with uncertainty as to how to guarantee their correct performance during the maintenance phase leads to some hesitation concerning the implementation of these solutions.

Maintenance is a key component in the management of green roofs, having a significant weight in the overall costs. A proper maintenance management defines strategies from the project phase, promoting more effective and economic interventions. The knowledge, by customers, installers and designers, about the benefits associated with green roofs, along with a correct design and the definition of a proper maintenance plan may represent an incentive for the adoption of these solutions.

This thesis aims to develop a proposal for a maintenance plan suitable for green roofs in Mediterranean climate, defining the maintenance actions to be performed and their respective frequencies and responsible entities, allowing the prediction of requirements to be met during the maintenance phase and the expectable costs.

In order to do this analysis there were considered various studies already undertaken on this subject and an investigation of several case studies located in Portugal was carried out, providing a review of the practical application of green roofs and their implemented maintenance actions. The practical study confirmed the influence that the maintenance actions and their frequency holds on the in-service performance of green roofs. It should be noted that there was the concern to include in the sample green roofs with different characteristics, not being the sample a representative one, in terms of the type of green roof and because it only incorporates 10 case studies. The study developed and its conclusions are closely linked to the sample considered.

The proposal for a maintenance plan is intended to serve as an aid not only in the initial phase, with regard to the selection of the most suitable constructive solution to each situation, but also throughout the maintenance phase, to be followed by all the participants in the maintenance of green roofs.

KEYWORDS: Green roofs, Mediterranean climate, maintenance plan, in-service performance

Índice geral

Resumo	iii
Abstract	v
1 Introdução	1
1.1 Motivação e objetivos	1
1.2 Organização da dissertação	2
2 Manutenção de coberturas verdes	3
2.1 Enquadramento histórico	3
2.2 Coberturas verdes em clima Mediterrânico	4
2.2.1 Definição de coberturas verdes	4
2.2.2 Clima Mediterrânico	5
2.2.3 Tipologias	5
2.2.4 Sistema construtivo multi-camada	7
2.2.5 Sistemas de drenagem, irrigação e pontos singulares	13
2.2.6 Benefícios vs. custos	15
2.3 Manutenção de coberturas	16
2.3.1 Considerações iniciais	16
2.3.2 Conceito de manutenção	16
2.3.3 Sector da manutenção	17
2.3.4 Legislação	17
2.3.5 Tipos de manutenção	18
2.3.6 Planeamento da manutenção	19
2.3.6.1 Elementos fonte de manutenção	19
2.3.6.2 Vida útil dos elementos constituintes	19
2.3.6.3 Patologia dos elementos construtivos	20
2.3.6.4 Ações de manutenção	23
2.3.6.5 Frequência das ações de manutenção	26
2.3.6.6 Intervenientes	27
2.3.7 Conclusões do capítulo	27
3 Metodologia adotada e casos de estudo	29
3.1 Considerações iniciais	29
3.2 Metodologia de inspeção aplicada	29
3.3 Inspeção dos casos de estudo	30
3.3.1 Inspeção visual e medições	30
3.3.2 Ficha de inspeção	30
3.4 Casos de estudo	31
3.4.1 Determinação da amostra	31
3.4.2 Características gerais da amostra	32
3.4.3 Apresentação dos casos de estudo	34
3.4.4 Sistemas construtivos	37
3.5 Conclusões do capítulo	45
4 Discussão de resultados e proposta de manutenção	46
4.1 Considerações iniciais	46
4.2 Anomalias e causas prováveis	46
4.3 Técnicas de manutenção implementadas	53
4.4 Tratamento de resultados	55
4.5 Proposta de manutenção	61
4.5.1 Listagem das ações de manutenção	62
4.5.2 Determinação das frequências	66
4.5.3 Custos médios de manutenção	70
4.6 Conclusões do capítulo	71

5	Conclusões e desenvolvimentos futuros	73
5.1	Considerações finais.....	73
5.2	Desenvolvimentos futuros.....	75
	Referências bibliográficas.....	77
	ANEXOS	I
	Anexo A – Estimativas das vidas úteis dos diversos elementos fontes de manutenção.	II
	Anexo B – Anomalias e causas prováveis.....	III
	Anexo B.1. Anomalias e causas prováveis na camada de suporte.....	III
	Anexo B.2. Anomalias e causas prováveis na camada de substrato, anti-raízes, de proteção da impermeabilização, drenante e filtrante.....	IV
	Anexo B.3. Anomalias e causas prováveis na camada de impermeabilização.....	V
	Anexo B.4. Anomalias e causas prováveis nos sistemas de remates e na camada de vegetação	VI
	Anexo B.5. Anomalias e causas prováveis no sistema de drenagem e na camada de isolamento térmico	VII
	Anexo C – Periodicidade das ações de manutenção dos elementos constituintes das coberturas verdes.....	VIII
	Anexo C.1. Ações de manutenção e respetivas periodicidades propostas por NTJ 11C (2012) a implementar em coberturas verdes intensivas.....	VIII
	Anexo C.2. Ações de manutenção e respetivas periodicidades propostas por MORGADO (2012) a implementar em coberturas verdes intensivas.....	VIII
	Anexo D – Ficha de inspeção dos casos de estudo que compõem a amostra	IX
	Tabela D.1. Proposta de ficha de inspeção (preenchimento relativo ao caso de estudo I)– Informações gerais do edifício, informações gerais da cobertura, características da cobertura verdes, tipo de vegetação, atuais ações de manutenção existentes.	IX
	Tabela D.2. Proposta de ficha de inspeção – Anomalias detetadas e causas prováveis	X
	Tabela D.3. Proposta de ficha de inspeção – Anomalias detetadas e causas prováveis	XI

Índice de Figuras

Figura 2.1.	a) representação dos jardins suspensos da Babilónia, imaginados por Martin Heemskerck [w7], b) Toscana, Itália (Século 14 a 15) [w8], c) Cobertura verde, Islândia (STATER, 2008), d) Villa dos Mistérios, Pompeia [w9].	3
Figura 2.2.	Reprodução da natureza nas coberturas [w6].	4
Figura 2.3.	Classificação climática para o território Continental [w1].	5
Figura 2.4.	Ilustração esquemática dos vários tipos de coberturas verdes [w15].	6
Figura 2.5.	Esquema de uma solução híbrida. Adaptado de Sibylle Erni (DUNNETT e KINGSBURY, 2008).	7
Figura 2.6.	Componentes das coberturas verdes (DUNNETT e KINGSBURY, 2009)..	8
Figura 2.7.	Coberturas verdes em grande escala [w3].	15
Figura 2.8.	Agricultura Urbana numa cobertura na cidade de Nova Iorque (Eagle Street Rooftop) [w4].	15

Figura 2.9. Distribuição das anomalias por zonas das coberturas e em função do número total de ocorrências, adaptado de ROCHA (2008).	22
Figura 2.10. Ações de manutenção consoante o tipo de cobertura verde (FLL, 2008), adaptado por COELHO (2014).....	24
Figura 3.1. Fluxograma da metodologia adotada na análise dos casos de estudo considerados.	29
Figura 3.2. Tipo de utilização das coberturas verdes que constituem a amostra.	33
Figura 3.3. Acessibilidade das coberturas verdes relativamente ao edifício.....	33
Figura 3.4. Posição das coberturas verdes relativamente ao edifício.	33
Figura 3.5. Tipo de coberturas verdes que compõem a amostra considerada.	33
Figura 3.6. Registo fotográfico: a) caso de estudo I, b) caso de estudo II, c) caso de estudo III, d) caso de estudo IV.....	34
Figura 3.7. Distribuição das coberturas verdes da fundação Calouste Gulbenkian (casos de estudo II, III e IV).	35
Figura 3.8. a) registo fotográfico do caso de estudo V, b) registo fotográfico do caso de VI, c) registo fotográfico do caso de VII, d) caso de estudo VIII [w ₆].....	36
Figura 3.9. Registos fotográficos: a) caso de estudo IX, b) caso de estudo X.....	37
Figura 3.10. Cortes esquemáticas das coberturas que compõem a amostra.	38
Figura 3.11. Registo fotográfico da cobertura I: a) fase de construção, b) e c) acesso aos ralos e tubos de drenagem, d) caminhos de acesso, e) zona destinada à criação de hortas.	39
Figura 3.12. Registo fotográfico das coberturas II, III e IV: a) lajetas de betão sobre os sistemas de drenagem, b) sistema de drenagem nas juntas de suporte, c) brita ao longo dos elementos emergentes, d) caleira e ralos.....	40
Figura 3.13. a) e b) Registo fotográfico da cobertura V, c) e d) Esquema dos elementos constituintes da cobertura VI disponibilizados pela arquiteta responsável (arquivos de obra).	41
Figura 3.14. Registo fotográfico das coberturas VII e VIII. a) caleiras ao longo da cobertura VII, b) caminhos pedonais na cobertura VII, c) caminhos pedonais da cobertura VIII, d) lagos na cobertura VIII.	42
Figura 3.15. Registo fotográfico dos casos de estudo IX e X. a) vegetação ancorada na cobertura IX, b) painel alveolar em Polietileno de alta densidade na cobertura IX, c) acesso à camada drenante da cobertura IX, d) caminhos pedonais na cobertura X, e) caleiras perimetrais da cobertura X com revestimento em pedra.	43
Figura 4.1. Registo fotográfico do caso de estudo I, a) manchas no suporte, b) vegetação no sistema de drenagem, c) vegetação morta, d) arrastamento de gravilha por vegetação insuficiente.....	48
Figura 4.2. Registo fotográfico dos casos de estudo II, III e IV, a) correção dos remates verticais da cobertura III, b) lajetas de betão da cobertura III fissuradas, c) destacamento da pintura na cobertura IV devido à presença de humidade, d) manchas de escorrência próximo das gárgulas de drenagem no caso de estudo IV.	48
Figura 4.3. Registo fotográfico dos casos de estudo III e V, a) elementos do sistema de drenagem da cobertura III danificados, b) presença de vegetação infestante nas caleiras da cobertura III, c) fissuras dos elementos verticais da cobertura V, d) perfurações da membrana impermeabilizante e erosão das bacias de retenção da cobertura V, e) rasgos e perfurações da membrana de impermeabilização da cobertura V.....	49

Figura 4.4. Registo fotográfico: a) vegetação seca na cobertura V, b) ralos entupidos e acumulação de água na cobertura V, c) fissuras no pavimento de betão da cobertura V, d) queda de vegetação da cobertura VI, e) vegetação infestante e morta na cobertura VI.	50
Figura 4.5. Registo fotográfico: a) fissuração e destacamento dos elementos verticais da cobertura VII, b) vegetação pisada na cobertura VII, c) vegetação seca na cobertura VIII, d) acumulação de detritos e sujidade nos lagos da cobertura VIII, e) granulado de pedra em excesso na cobertura VIII.	51
Figura 4.6. Registo fotográfico da cobertura X: a) revestimento de pedra dos caminhos danificado, b) vegetação seca, c) vegetação infestante nos caminhos de acesso, d) sujidade e acumulação de detritos nas caleiras.	52
Figura 4.7. Representação gráfica das anomalias detetadas nos casos de estudo que compõem a amostra, a) distribuição de anomalias pelos diferentes elementos construtivos, a ₁) anomalias detetadas na vegetação, a ₂) anomalias detetadas nos sistemas de drenagem.	53
Figura 4.8. Relação entre o ano de construção e as anomalias detetadas nos casos de estudo I a X.	56
Figura 4.9. Relação entre a frequência das intervenções de manutenção (em dias por mês) e as anomalias detetadas nos casos de estudo I a X.	57
Figura 4.10. Distribuição do tipo de acessibilidade ao longo da amostra, relacionada com a presença de vegetação pisada (% relativa à amostra total).	58
Figura 4.11. Relação entre a quantidade de anomalias detetadas nos sistemas de drenagem e a existência de uma manutenção planeada dos mesmos, para os casos I a X.	59
Figura 4.12. Relação entre a distribuição das anomalias detetadas nos sistemas de drenagem, o afastamento entre a vegetação e os elementos de recolha de água e o planeamento da limpeza dos mesmos.	60
Figura 4.13. Relação entre a distribuição de anomalias na camada de vegetação, a remoção planeada de vegetação infestante e a dimensão dos casos de estudo que compõem a amostra.	61

Índice de tabelas

Tabela 2.1. Características gerais dos diferentes tipos de coberturas verdes, (COELHO, 2014; FLL, 2008; NTJ, 2012; BOUATTOUR e ALAIN, 2009 e [w ₁₄]).	6
Tabela 2.2. Caracterizações gerais do suporte do sistema (RAPOSO, 2013; MORGADO, 2012; NTJ 11C, 2012; COELHO, 2014 e ALVES, 2013).	8
Tabela 2.3. Caracterizações gerais da camada de impermeabilização (ALVES, 2013; PÉREZ et al., 2012; MORGADO, 2011; RAPOSO, 2013 e FLL, 2008).	9
Tabela 2.4. Caracterizações gerais do isolamento térmico (ALVES, 2013; MORGADO, 2012 e COELHO, 2014).	10
Tabela 2.5. Caracterizações gerais da proteção anti-raízes (PRATES, 2012; TOLDERLUND, 2010; WILKINSON e REED, 2009 e BIANCHINI e HEWAGE, 2012).	11
Tabela 2.6. Caracterizações gerais da camada drenante (PÉREZ et al., 2011; NTJ 11C, 2012; LOPES, 2004; AZEVEDO, 2011; FLL, 2008; FISHBURN, 2004 e COELHO, 2014).	12

Tabela 2.7. Caracterizações gerais do substrato (TOLDERLUND, 2010; BIANCHINI e HEWAGE, 2012; PRATES, 2010; AZEVEDO, 2011; NTJ 11C, 2012; SILVA, 2012 e COELHO, 2014).	13
Tabela 2.8. Características e condicionamentos dos sistemas de drenagem, (COELHO, 2014 e ALVES, 2013).....	14
Tabela 2.9. Pontos singulares presentes numa cobertura verde e cuidados associados (NTJ 11C, 2012; ALVES, 2013; COELHO, 2014 e RAPOSO, 2013).....	14
Tabela 3.1. Características gerais dos casos de estudo que compõem a amostra. ...	33
Tabela 3.2. Verificação do cumprimento de alguns requisitos (descritos no capítulo dois) nos casos de estudo considerados.	45
Tabela 4.1. Anomalias detetadas nos casos de estudo considerados.	47
Tabela 4.2. Ações de manutenção realizadas em cada caso de estudo com as respetivas entidades responsáveis e frequências em dias por mês.	54
Tabela 4.3. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes intensivas em clima Mediterrânico PMI. Entidade responsável – proprietário.	63
Tabela 4.4. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes intensivas em clima Mediterrânico PMI. Entidade responsável – equipas de jardinagem.	64
Tabela 4.5. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes intensivas em clima Mediterrânico PMI. Entidade responsável – equipas de técnicos especializados.	65
Tabela 4.6. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes semi-intensivas em clima Mediterrânico PMSI. Entidade responsável – proprietário.....	66
Tabela 4.7. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes semi-intensivas em clima Mediterrânico PMSI. Entidade responsável – equipas de jardinagem.	66
Tabela 4.8. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes semi-intensivas em clima Mediterrânico PMSI. Entidade responsável – equipas de jardinagem.	67
Tabela 4.9. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes semi-intensivas em clima Mediterrânico PMSI. Entidade responsável – equipas de técnicos especializados.	69
Tabela 4.10. Custos médios mensais e por metro quadrado de manutenção dos casos de estudo inspecionados referentes à presença de equipas de jardinagem.	70

1 Introdução

1.1 Motivação e objetivos

O custo cada vez mais elevado das parcelas de terreno, especialmente nos meios urbanos, e a falta, em muitos casos, de uma prática urbanística equilibrada, nomeadamente quanto à distribuição de espaços verdes, poderão ter sido fatores que conduziram ao recurso dos terraços dos edifícios para a realização de jardins ou zonas verdes (LOPES, 1994). O conceito de coberturas verdes tem vindo a surgir progressivamente, sendo associado à transformação das zonas urbanas em locais mais sustentáveis. Esta associação deve-se aos variados benefícios que advêm desta solução construtiva, os quais contribuem para um melhoramento do desempenho dos edifícios e da qualidade de vida urbana.

Em Portugal existe ainda uma cultura bastante reativa, não se verificando grandes desenvolvimentos no que se refere à prática da manutenção. O correto desempenho de coberturas verdes em serviço poderá ser garantido através do tipo e frequência das ações de manutenção. Assim sendo, torna-se indispensável definir um plano de manutenção adequado, que garanta um correto desempenho das coberturas verdes ao longo das suas vidas úteis, podendo ainda permitir uma previsão dos custos associados à fase de manutenção, servindo como incentivo à construção desta solução construtiva.

O desenvolvimento da presente dissertação teve os seguintes objetivos:

- ✓ Avaliar a degradação em serviço de coberturas verdes e a manutenção existente;
- ✓ Desenvolver uma proposta de um plano de manutenção adequado a coberturas verdes em clima Mediterrânico, simples, de fácil leitura e implementação.

Para a concretização dos objetivos, foram inspecionados vários casos de estudo, procurando relacionar as anomalias detetadas com as ações de manutenção realizadas, de modo a validar as frequências e os intervenientes no plano proposto.

Prevê-se que haja variância do plano de manutenção mais indicado consoante o tipo de cobertura. Assim sendo, serão propostos dois planos de manutenção: um para coberturas verdes intensivas e outro para coberturas verdes semi-intensivas. O facto de se verificar uma reduzida proliferação da solução de coberturas verdes em Portugal poderá ser justificado pelo facto das equipas de projetistas terem dificuldade em especificar corretamente qual a melhor forma para as tornar viáveis na fase de manutenção. Pretende-se então com esta proposta responder a esta questão, sistematizando quais os requisitos mínimos de manutenção que cada tipo de cobertura verde exige. Foram considerados diversos estudos internacionais sobre a fase de conceção e de manutenção de coberturas verdes, nomeadamente o documento da FLL, “Diretrizes para o Planeamento, Instalação e Manutenção de Coberturas Verdes” (FLL, 2008), servindo como apoio técnico na definição das necessidades das coberturas verdes na fase de manutenção. Na realização da proposta de um plano de manutenção foi tido em conta o estudo desenvolvido por COELHO (2014). A contribuição deste estudo será referida ao longo desta dissertação. Foi igualmente considerada a informação disponível no artigo científico de SILVA et al. (2015), onde se encontra elaborada uma proposta preliminar para um plano de manutenção

de coberturas verdes. Ambos os estudos desenvolvidos por COELHO (2012) e SILVA et al. (2015) contribuíram para aferir o plano de manutenção proposto nesta dissertação.

1.2 Organização da dissertação

Com o objetivo de elaborar um documento estruturado optou-se por dividir a dissertação em quatro partes distintas. A primeira parte é designada por Manutenção de coberturas verdes, encontra-se exposta no **capítulo 2** e corresponde ao estado da arte, apresentando a literatura técnica recolhida e considerada importante relativa à temática da manutenção de coberturas verdes. Este capítulo é constituído por três partes distintas. É na primeira parte que se encontra o enquadramento histórico das coberturas verdes, com o intuito de explorar resumidamente a sua evolução ao longo dos tempos. Numa segunda fase é exposta a definição de coberturas verdes e uma breve caracterização do clima Mediterrânico. São descritas as diferentes topologias consideradas, o sistema construtivo e todos os elementos e pontos singulares que constituem uma cobertura verde. São ainda apresentados os benefícios e custos associados a esta solução construtiva. Finalmente, a terceira parte expõe o estado da arte referente à manutenção de coberturas verdes. São abordados os conceitos de manutenção, elementos fontes de manutenção, vidas úteis, patologia, ações de manutenção e intervenientes.

A segunda parte refere-se ao **capítulo 3**, designado por metodologia adotada e casos de estudo. É neste capítulo que, inicialmente, é descrita a metodologia adotada ao longo deste estudo e o desenvolvimento de uma proposta de um plano de manutenção para coberturas verdes. É igualmente apresentada a ficha de inspeção desenvolvida para recolher informação sobre os casos de estudo inspecionados. Numa segunda parte são expostos os 10 casos de estudo inspecionados nesta dissertação, apresentando uma caracterização geral das coberturas verdes inspecionadas e os respetivos sistemas construtivos.

No **capítulo 4**, designado por discussão de resultados e proposta de manutenção, encontram-se expostos os resultados das inspeções realizadas. Numa fase inicial são apresentadas as anomalias detetadas com as respetivas causas prováveis e as técnicas de manutenção implementadas nos diferentes casos de estudo. Numa segunda parte é realizada a discussão dos resultados obtidos na investigação prática exposta no capítulo 3. É nesta parte que são tratados os resultados e desenvolvida a proposta de um plano de manutenção.

O **capítulo 5** refere-se às conclusões e desenvolvimentos futuros, onde se pretendeu responder aos objetivos que motivaram esta dissertação, os quais se encontram expostos no subcapítulo anterior. São ainda referidos possíveis desenvolvimentos futuros sobre a temática das coberturas verdes em clima Mediterrânico.

Finalmente, nesta dissertação encontram-se quatro **anexos** distintos. O anexo A refere-se aos valores de vida útil dos diversos elementos constituintes das coberturas verdes, definidas no capítulo 2. O anexo B apresenta as possíveis anomalias de uma cobertura verde e as respetivas causas mais prováveis. No anexo C encontram-se algumas ações de manutenção com as respetivas periodicidades, de acordo com alguns autores. Finalmente, no anexo D encontra-se a ficha de inspeção proposta (preenchida de acordo com o caso de estudo I), utilizada na recolha de informação dos casos de estudo.

2 Manutenção de coberturas verdes

2.1 Enquadramento histórico

Os mais antigos jardins sobre coberturas que se conhecem remontam à cidade da Babilónia (figura 2.1 a)), conhecidos popularmente por Jardins Suspensos da Babilónia (COSTA, 2010). Construídos entre os anos de 700 e 500 A.C. pouco se sabe sobre estes jardins. Os terraços foram construídos uns em cima dos outros e cultivados com árvores e plantas tropicais.

Textos da antiga Grécia e Roma referenciam jardins suspensos, sugerindo que o conceito de coberturas verdes já há muito que se encontra na mente do ser humano (COSTA, 2010). As coberturas verdes não funcionavam apenas como elementos estéticos, funcionando também como ferramentas de sobrevivência em condições climáticas extremas. Durante a era nórdica foram construídos telhados nas habitações Viking (figura 2.1 c)), os quais incluíam substratos e membranas de retenção de água feitas de madeira (COSTA, 2010). Os Vikings escolhiam o tipo de plantas de modo a criar estruturas resistentes aos invernos rigorosos, fornecendo ainda isolamento térmico. De facto, trezentos anos depois, ainda se encontram vestígios restos destas casas, o que comprova a durabilidade da solução (COSTA, 2010). Há também registos da existência de jardins nas coberturas na era dos Romanos entretanto destruídas pela erupção do Vesúvio (figura 2.1 d)) (COSTA, 2010).

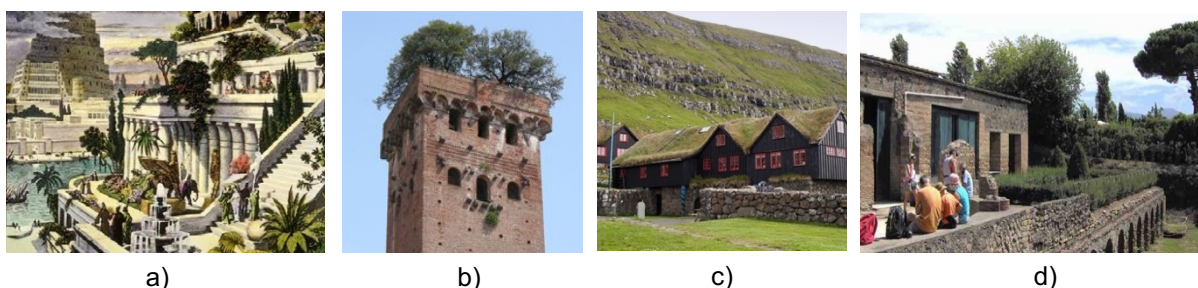


Figura 2.1. a) representação dos jardins suspensos da Babilónia, imaginados por Martin Heemskerck [w7], b) Toscana, Itália (Século 14 a 15) [w8], c) Cobertura verde, Islândia (STATER, 2008), d) Villa dos Mistérios, Pompeia [w9].

Conclui-se assim que as coberturas verdes não são um fenómeno recente, sendo uma solução construtiva presente em muitos países há centenas, senão milhares de anos, e associada a uma excelente qualidade térmica e estética.

Em Portugal as coberturas verdes começaram a aparecer a meio do séc. XX, tratando-se maioritariamente de soluções intensivas. Um dos primeiros casos foi o Hotel Ritz, desenvolvido no final dos anos 60 pelos arquitetos paisagistas Viana Barreto, Álvaro Dentinho e Albano Castelo Branco. As soluções existentes na Fundação Calouste Gulbenkian foram mais tarde desenvolvidas, no início dos anos 70, pelos arquitetos paisagistas Gonçalo Ribeiro Telles e Viana Barreto. Têm surgido várias outras aplicações de coberturas verdes em Portugal, como a cobertura do edifício da Portugal Telecom, desenvolvida no início dos anos 80 pelo arquiteto paisagista Manuel Sousa da Câmara (COSTA, 2010), o Jardim das Oliveiras, sobre o parque de estacionamento do Centro Cultural de Belém, desenvolvido no início dos anos 90 pelo arquiteto paisagista Francisco Caldeira Cabral (COSTA, 2010), e mais recentemente a cobertura da ETAR de Alcântara desenvolvida pelo arquiteto paisagista João Nunes.

Importa referir que a generalidade das coberturas verdes instaladas em Portugal tem como objetivo o incremento estético da zona onde estão inseridas. A escolha de materiais e soluções construtivas a utilizar que melhoraram a eficiência energética e tiram partido de todos os benefícios associados a coberturas verdes não são, em geral, uma prioridade.

2.2 Coberturas verdes em clima Mediterrânico

2.2.1 Definição de coberturas verdes

Coberturas verdes consistem em revestimentos vegetais sobre superfícies de edifícios, cultivadas intencionalmente ou através da criação de *habitats* para que estas se estabeleçam.

Segundo EARTH PLEDGE (2005), estas coberturas consistem num sistema construtivo de revestimento de cobertura com o objetivo de permitir o crescimento de vegetação no topo dos edifícios, protegendo e mantendo a integridade da estrutura. PECK e KUHN (2000) referem-se à diferença entre jardins tradicionais de cobertura, onde a plantação é feita em recipientes independentes colocados num terraço ou numa cobertura acessível, e coberturas verdes, as quais consistem em espaços verdes criados com recurso a camadas de substrato vegetal e plantas sobre um sistema de cobertura tradicional.

São selecionados diferentes materiais com funções interdependentes (figura 2.2), tentando reproduzir a natureza nas coberturas. A especificação e composição de cada componente variam consoante o tipo e função do local de implementação (COELHO, 2014).

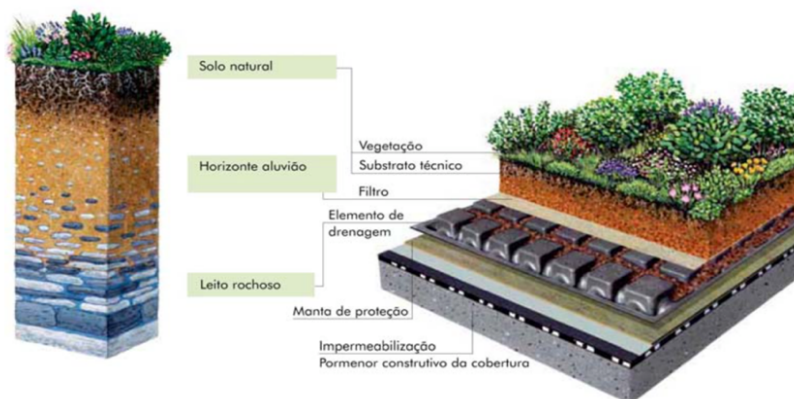


Figura 2.2. Reprodução da natureza nas coberturas [w₆].

Existem diversas terminologias para coberturas verdes. A mais usual é “green roofs” correspondendo a coberturas verdes. É também por vezes utilizada a terminologia “ecorooft” (eco-telhado). “Roof gardens” (coberturas verdes) surge associada a coberturas que possuem um substrato vegetal, o qual poderá suportar plantas com alguma dimensão (RAPOSO, 2013). Existe também a designação de coberturas ecológicas, a qual se referem principalmente a coberturas de caráter extensivo. Recentemente surgiu o termo “living roofs”, ou seja, coberturas vivas (SILVA, 2012). Esta nova nomenclatura proveniente do Reino Unido surge da necessidade de abranger coberturas com substrato vegetal que não são necessariamente verdes, podendo ter diversas colorações.

2.2.2 Clima Mediterrânico

O clima Mediterrânico é caracterizado por invernos moderados e húmidos e por longos verões quentes e secos, favorecendo as espécies vegetais adaptadas à longa estação seca que retomam o crescimento após as primeiras chuvas [w₁]. Portugal apresenta um clima considerado, em geral, como clima Mediterrânico (figura 2.3). Com base em [w₁] é possível identificar os diferentes tipos de clima para Portugal Continental.

Os climas Mediterrânicos são considerados por KÖHLER et al. (2001) como climas com maiores benefícios associados à utilização de coberturas verdes.

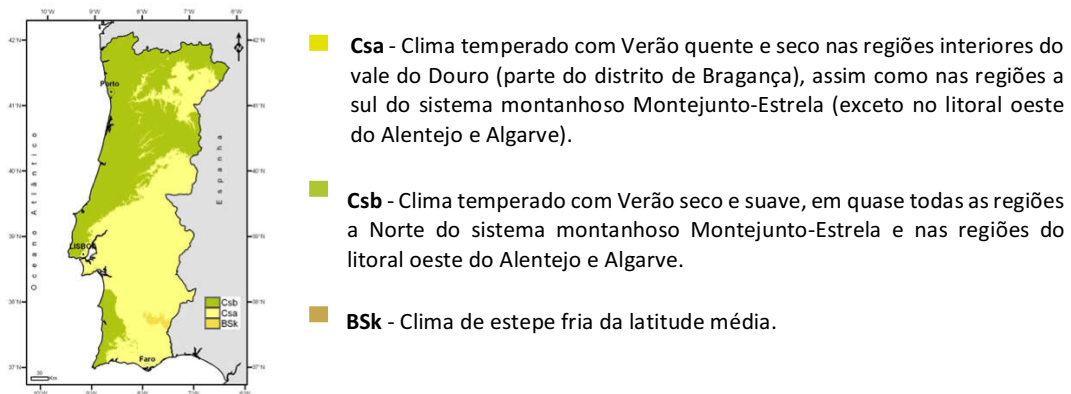


Figura 2.3. Classificação climática para o território Continental [w₁].

Contrariamente, DUNNETT e KINGSBURY (2008) observaram um desenvolvimento do conceito de cobertura verde muito menor nos países do Sul da Europa (Grécia, Itália, Espanha e Portugal). Esta diferença poderá ser justificada pelas reduzidas chuvas de Verão, comparativamente às do centro e norte da Europa, levando a uma menor retenção de água nas coberturas. Muitas das soluções existentes no norte e centro da Europa apresentam vegetação do tipo *Sedum*.

2.2.3 Tipologias

Existem diversos tipos de coberturas verdes, os quais são escolhidos tendo em conta o objetivo do cliente, localização, clima do local, vegetação e manutenção pretendida, tipo de sistema construtivo e capacidade da estrutura (NTJ 11C, 2012). O Dono de obra e o Arquiteto deverão acordar qual o tipo de cobertura a adotar, tendo em vista a utilidade final deste elemento e as características estruturais do edifício onde a cobertura se encontra incluída.

As coberturas verdes podem ser instaladas em sistemas planos ou inclinados, poderão ser zonas acessíveis ou de acesso limitado e, segundo FLL (2008), são classificadas em 3 grandes grupos: Intensiva, extensiva e semi-intensiva/semi-extensiva. Os conceitos extensiva e intensiva podem também ser relacionados com os conceitos “low-profile” e “high-profile” respetivamente, caracterizando o tipo de manutenção necessária. A tabela 2.1 foi baseada em COELHO (2014), FLL (2008), NTJ (2012), BOUATTOUR e ALAIN (2009) e [w₁₄], apresentando resumidamente algumas características de cada tipo de cobertura.

Tabela 2.1. Características gerais dos diferentes tipos de coberturas verdes, (COELHO, 2014; FLL, 2008; NTJ, 2012; BOUATTOUR e ALAIN, 2009 e [w14]).

	Tipo extensivo	Tipo semi-intensivo	Tipo intensivo
Manutenção da vegetação	Muito reduzida e pontual	Moderada e periódica	Intensiva e regular
Irrigação	Pontual	Periódica	Regular
Plantas comunitárias	Seduns Herbáceas Suculentas Cespitosas Vivaces Musgo	Relva Gramíneas Perenes Cespitosas Herbáceas Vivaces Sub-arbustos Arbustos	Perenes Gramíneas Cespitosas Arbustos Árvores Relva
Espessura do substrato	7 a 250 mm	100 a 250 mm	maior que 150 mm
Carga	menor que 120 kg/m ²	150 a 350 kg/m ²	mais que 120 kg/m ²
Custo	Baixo	Médio	Elevado
Pendente máxima	100%	20%	5%

Os diversos tipos de cobertura verde encontram-se representados esquematicamente na figura 2.4. As **coberturas verdes intensivas**, também denominadas por terraços jardim, funcionam como proteção dos edifícios e dos seus diferentes elementos construtivos. Possuem em geral plantas com profundidades de no mínimo 15 a 21 cm, obrigando a uma camada de solo com uma espessura mais elevada. A espessura do solo poderá atingir valores na ordem dos 2 m no caso de cultivo de vegetação de grande porte (FLL, 2008). O peso da capa de vegetação nestes casos pode ser superior a 120 kg/m² [w15]; podem suportar recursos hídricos, apresentando em geral plantas perenes, gramíneas, bolbos, anuais, arbustos e árvores ocasionais, requerendo níveis de manutenção mais cuidadosos como sendo a rega, uso de fertilizantes, poda, entre outros (FLL, 2008).

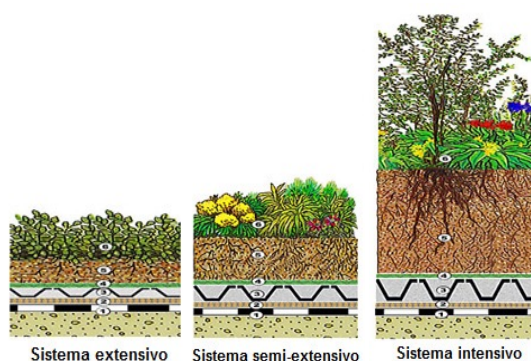


Figura 2.4. Ilustração esquemática dos vários tipos de coberturas verdes [w15].

De referir que esta tipologia é em geral mais onerosa, não só na fase da construção como também em serviço (COELHO, 2014). Este tipo de cobertura verde é frequentemente acessível ao público e aproveitada como área de lazer. O aproveitamento e distribuição da vegetação é semelhante ao de qualquer jardim ao ar livre.

Coberturas do tipo extensivas são constituídas por camadas de substrato com menores espessuras, entre 2 e 15 cm, reduzindo o acréscimo de carga extra sobre a estrutura de suporte (DUNNETT e KINGSBURY, 2008). Esta solução pode apresentar vegetação que atinja profundidades na ordem dos 6 a 10 cm, resultando assim num sistema leve e mais barato, em comparação com o tipo intensivo.

A manutenção requerida pelas coberturas verdes extensivas é mínima. Apresentam assim vegetação com capacidade de regeneração elevada, a qual requerer uma manutenção reduzida (FLL, 2008).

O objetivo destes sistemas é serem auto-sustentáveis. Têm ainda como objetivo o isolamento do edifício, abordando questões ecológicas e estéticas. De referir que as coberturas verdes extensivas estão erradamente associadas a esteiras obrigatoriamente planas. cfldealmente uma cobertura do tipo extensivo deverá apresentar uma inclinação mínima de 1.5% a 2% de forma a garantir uma drenagem natural (FLL, 2008 e NTJ 11C, 2012).

Finalmente, **cobertura do tipo semi-intensiva** é um conceito mais recente que tem vindo a ser desenvolvido por alguns autores. A filosofia do mínimo *input* ecológico é respeitada, sendo utilizados perfis de substrato leves entre 12 a 25 cm que permitem uma mais vasta escolha de espécies a utilizar (VARELA, 2011). Este conceito surge com a necessidade de classificar um meio-termo entre os jardins de cobertura intensiva e de cobertura extensiva, sendo que em muitos pontos se assemelha mais às coberturas extensivas (VARELA, 2011).

As coberturas poderão ainda ser classificadas como **híbridas** (figura 2.5). DUNNETT e KINGSBURY (2008) consideram incluídas nesta classe as coberturas semi-intensiva, cobertura verde para biodiversidade e cobertura castanha (Brown Roofs).

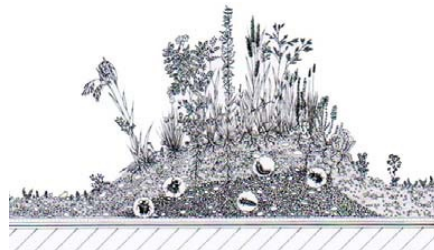


Figura 2.5. Esquema de uma solução híbrida. Adaptado de Sibylle Erni (DUNNETT e KINGSBURY, 2008).

2.2.4 Sistema construtivo multi-camada

As coberturas verdes apresentam uma série de componentes, sendo que alguns são comuns aos diferentes tipos (SILVA, 2012). A figura 2.6 ilustra esses componentes, os quais serão descritos em seguida com base em DUNNETT e KINGSBURY (2008).

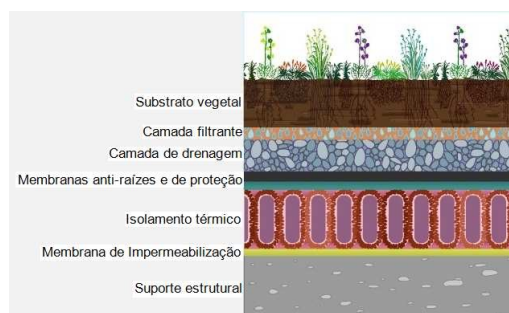


Figura 2.6. Componentes das coberturas verdes (DUNNETT e KINGSBURY, 2009).

Os sistemas de coberturas verdes disponíveis no mercado atualmente são de alguma complexidade, com muitas opções de produtos e multiplicidade de camadas (COELHO, 2014). Segundo FLL (2008), podem-se agrupar as coberturas em coberturas multi-camadas e de camada única. Esta dissertação ir-se-á focar na solução construtiva em multi-camadas e todos os elementos que a constituem.

Nas tabelas 2.2 a 2.7 encontram-se descritos os principais elementos construtivos aplicáveis às coberturas verdes, com base nos autores (RAPOSO, 2013; NTJ 11C, 2012; COELHO, 2014; MORGADO, 2012; SILVA, 2012; ALVES, 2013; FLL, 2008; PÉREZ et al., 2012; MARQUES, 2009; PRATES, 2012; TOLDERLUND, 2010; BIANCHINI e HEWAGE, 2012; WILKINSON e REED, 2009; LOPES, 2004; AZEVEDO, 2011 e FISHBURN, 2004).

Tabela 2.2. Caracterizações gerais do suporte do sistema (RAPOSO, 2013; MORGADO, 2012; NTJ 11C, 2012; COELHO, 2014 e ALVES, 2013).

Elementos construtivos	Definição	Características / Objetivos	Condições de instalação
<p style="text-align: center;">Suporte do sistema</p>	<p>Este pode ser constituído por uma estrutura rígida contínua, como é o caso das lajes de betão armado, ou por uma estrutura flexível descontínua, como as estruturas metálicas e de madeira ou mesmo plástico e materiais compósitos (RAPOSO, 2013).</p> <p>São consideradas estruturas rígidas aquelas cuja deformabilidade seja insignificante para o vão e dividem-se em contínuas e descontínuas, caso sejam executadas sem juntas ou com espaçamentos regulares (MORGADO, 2012).</p>	<p>O suporte deverá ter capacidade para sustentar a carga de todo o sistema de cobertura verde quando saturado, tendo particular atenção as ações dos pesos próprios, específicos ou sobrecargas, cargas de neve e do vento (NTJ 11C, 2012).</p>	<p>Caso o suporte resistente apresente uma superfície regularizada que permita a aplicação direta da impermeabilização ou do isolamento térmico, não é necessária qualquer camada de regularização (COELHO, 2014).</p> <p>Poderá ser necessária a presença de uma pendente mínima que garanta o direcionamento do escoamento da água. Poder-se-á recorrer à instalação de uma camada de forma (COELHO, 2014). Quando se recorre a materiais de baixa condutibilidade térmica para executar a camada de forma, tais como o poliestireno expandido extrudido ou granulado leve de materiais isolantes como a cortiça negra expandida incorporado no betão, esta desempenha também função de isolamento térmico (ALVES, 2013).</p>

A **camada de impermeabilização** é, por norma, o componente mais caro do sistema (PINTO, 2014). Este elemento impede a passagem de água do exterior para o interior da cobertura, podendo atuar

também como proteção da camada suporte relativamente à penetração de raízes (COELHO, 2014). As suas características encontram-se expostas na tabela 2.3.

Tabela 2.3. Caracterizações gerais da camada de impermeabilização (ALVES, 2013; PÉREZ et al., 2012; MORGADO, 2011; RAPOSO, 2013 e FLL, 2008).

Elementos construtivos		Definição	Características / Objetivos	
Camada de impermeabilização	Tipos de materiais (MARQUES, 2009)	Aplicados "in situ"	Asfaltos ou emulsões betuminosas - camadas múltiplas.	
		Tradicionais		
		Pré-fabricados	Membranas, telas ou filtros betuminosos - camadas múltiplas.	
		Aplicados "in situ"	Resinas acrílicas e poliméricas, ou de poliéster, de emulsões de betumes modificados ou espumas de poliuretano - camadas múltiplas.	
	Tipo de ligação ao suporte (MORGADO, 2012)	Não tradicionais	Pré-fabricados	membranas de betumes modificados (APP ou SBS), membranas termoplásticas (PVC) e membranas elastoméricas.
			Sistemas aderentes	Utilização de produtos de ligação, aplicados a quente ou a frio (betumes e colas adequadas), ou executados por fusão, por ação de calor no material superficial do revestimento sendo este pressionado contra o suporte.
		Sistemas semi-aderentes	Sistemas aplicados a quente ou a frio, podem utilizar vários tipos de material auxiliar, como feltros simples ou betuminosos, perfurados em percentagem definida, determinando assim a percentagem de aderência da membrana ao suporte.	
		Sistemas independentes	Sistemas executados sobre o suporte e separados deste por uma camada de separação.	
Sistemas de fixação mecânica	Utilização de peças em aço inox, galvanizado ou temperado, alumínio ou plástico, para fixar o revestimento de impermeabilização e camadas subjacentes ao suporte.			

Após a instalação da membrana de impermeabilização deverá ser feito um teste de estanquidade para verificar se a membrana não tem fugas. Este ensaio de fácil execução é particularmente vantajoso visto que permite resolver eventuais falhas na instalação antes da colocação de todos os outros elementos na cobertura, prevenindo problemas futuros graves (TOLDERLUND, 2010 e SILVA, 2012).

Se o **isolamento térmico** for colocado como suporte da camada de impermeabilização dever-se-á recorrer a uma barreira ao vapor de água (COELHO, 2014). A função desta barreira é impedir a passagem do vapor de água proveniente dos compartimentos inferiores à zona fria da cobertura, impedindo a sua condensação (MORGADO, 2012).

De modo a evitar o contacto de materiais quimicamente incompatíveis e impedir tensões e níveis de atrito indesejáveis entre os diferentes materiais, recorre-se à instalação de uma camada de separação constituída por uma manta geotêxtil (FLL, 2008).

Tabela 2.4. Caracterizações gerais do isolamento térmico (ALVES, 2013; MORGADO, 2012 e COELHO, 2014).

Elementos construtivos	Definição	Características / Objetivos
Isolamento térmico	Mineral Lã de rocha; vermiculite expandida; Perlite expandida; betões leves (celular e com agregados leves) (ALVES, 2013 e MORGADO, 2012).	Limita as trocas de calor entre o interior e o exterior garantindo o conforto térmico desejado (ALVES, 2013 e MORGADO, 2012).
	Vegetal Aglomerado de cortiça expandida; aglomerado negro de cortiça; aglomerado de fibras ou partículas de madeira; aglomerado de aparas de madeira mineralizada; aglomerado de fibras de linho (ALVES, 2013 e MORGADO, 2012).	Além de ter as propriedades físico-químicas características dos isolantes térmicos, deve ter capacidade mecânica para suportar cargas resultantes do substrato, água acumulada e pessoas, mantendo a estabilidade das suas dimensões (ALVES, 2013 e MORGADO, 2012).
	Sintética Poliestireno expandido; espumas rígidas de poliuretano; espumas fenólicas (ALVES, 2013 e MORGADO, 2012).	Nesta camada são utilizados materiais como a lã de rocha ou o aglomerado de cortiça expandida, sendo o poliestireno expandido moldado (EPS) e o poliestireno expandido extrudido (XPS), os materiais mais utilizados em Portugal (ALVES, 2013).
	Mista Perlite expandida e poliuretano; perlite expandida e lã de rocha (ALVES, 2013 e MORGADO, 2012).	

Em climas semi-áridos e áridos, as raízes tendem a ser mais agressivas para efeitos de sobrevivência, sendo de extrema importância prever a presença de uma camada de proteção anti-raízes (TOLDERLUND, 2010). As características desta camada encontram-se expostas na tabela 2.5.

De modo a proteger mecanicamente a camada de impermeabilização durante a instalação e fase de manutenção da cobertura verde é indicada a instalação de uma proteção de impermeabilização sobre a camada de impermeabilização (NTJ 11C, 2012). Esta proteção consiste numa manta geotêxtil estendida em rolo, sobreposta 10 cm, com espessuras aproximadas de 2-12 mm, devendo ser química e biologicamente neutra, com resistência à decomposição (NTJ 11C, 2012). Devido à sua boa capacidade de retenção, pode funcionar como camada de retenção de água e de nutrientes (NTJ 11C, 2012 e RAPOSO, 2013) ou como camada de separação (RAPOSO, 2013).

Tabela 2.5. Caracterizações gerais da proteção anti-raízes (PRATES, 2012; TOLDERLUND, 2010; WILKINSON e REED, 2009 e BIANCHINI e HEWAGE, 2012).

Elementos construtivos		Definição	Características / Objetivos	Condições de instalação
Proteção anti-raízes	Barreiras físicas	Constituídas por uma camada fina (0,5 mm de espessura), de polietileno de baixa ou alta densidade - LDPE ou HDPE polietileno (PP), cloreto de polivinilo (PVC), poliolefina termoplástica (TPO) ou polietileno de alta densidade (PEAD ou cobre) (WILKINSON e REED, 2009 e TOLDERLUND, 2010).	A principal finalidade desta camada é repelir o crescimento de raízes, evitando assim a perfuração da impermeabilização.	A proteção anti-raízes deverá ser colocada logo acima da impermeabilização, caso esta última não tenha características anti-raízes incorporadas. Estas barreiras não são eficazes para todos os tipos de raízes. Raízes com nível de agressividade grande, como as dos bambus, exigem uma solução extra de proteção (FLL, 2008). Uma solução passa pela introdução dos vários constituintes da cobertura verde em caixas de betão armado impermeável por forma a impedir a difusão de raízes. Neste caso deverá ser aplicada mais de uma camada desta membrana de forma a aumentar o tempo de vida e o grau de eficiência (PRATES, 2012 e TOLDERLUND, 2010).
	Barreiras químicas	São utilizados produtos à base de cobre ou hidróxido de cobre impregnado (BIANCHINI e HEWAGE, 2012, TOLDERLUND, 2010, e PRATES, 2012).		

Segundo ALVES (2013), poderá ser necessária a colocação de uma camada de dessolidarização (folha plástica ou manta geotêxtil) de modo a responder a variações dimensionais da camada de proteção relativamente à camada de impermeabilização. Poder-se-á ainda recorrer à aplicação de um filme de polietileno de baixa densidade ou fibra de poliéster [w₂].

Uma outra camada que poderá fazer parte da constituição da cobertura verde é a **camada filtrante**. Esta tem como objetivo impedir que as partículas finas e sedimentos do substrato (existentes no escoamento da água) bloqueiem a **camada drenante** (tabela 2.6) (NTJ 11C, 2012), mantendo também a integridade do substrato e da vegetação. Esta tela de fibras poliméricas, de poliolefinas, polipropileno, poliéster ou polipropileno-polietileno (TOLDERLUND, 2010) deve ser instalada com uma sobreposição mínima de 10 cm, devendo subir acima da cota final do substrato (FLL, 2008).

A **vegetação** é o elemento vivo do sistema, sendo a escolha das espécies vegetais determinante no bom desempenho da cobertura. Os critérios de seleção devem considerar as condições climáticas, tipos de uso e os requisitos de manutenção das plantas (RAPOSO, 2013).

Deverão ainda ser respeitados os afastamentos mínimos entre a vegetação e os pontos singulares. Segundo NTJ 11C (2012), a vegetação deverá apresentar um afastamento mínimo de 15 cm dos perímetros da cobertura, dos elementos emergentes e das caixas de visita.

A implementação de coberturas verdes em clima Mediterrânico exige uma escolha rigorosa e restrita do tipo de vegetação, por forma a manter a solução sustentável (CORREIA, 2012). A seleção de espécies autóctones garante uma adequação sustentável, durável, promovendo a biodiversidade e reduzido risco de invasão de vegetação infestante. Essa escolha permite igualmente reduzir os custos de manutenção, rega e fertilização (CORREIA, 2012). Os vários fatores que condicionam a sobrevivência da vegetação devem ser considerados na seleção das espécies a implementar na cobertura. Segundo TOLDERLUND (2010), deve-se ter em atenção a existência de saliências e paredes que possam criar períodos de sombreamento, a proximidade da vegetação a fachadas com materiais altamente refletores, a orientação do edifício, a capacidade de carga estrutural e a proximidade da vegetação a aquecimentos, ventilações e ar condicionados (AVAC).

Tabela 2.6. Caracterizações gerais da camada drenante (PÉREZ et al., 2011; NTJ 11C, 2012; LOPES, 2004; AZEVEDO, 2011; FLL, 2008; FISHBURN, 2004 e COELHO, 2014).

Elementos construtivos	Definição	Características / Objetivos	Condições de instalação
Camada drenante	Materiais granulares	Camada composta por materiais granulares tal como argila expandida, xisto expandido, pedra-pomes ou pozolana natural (PÉREZ et al., 2011).	Gerir o escoamento de água, sendo responsável pela regulação da retenção da mesma, pela drenagem rápida e eficiente do excesso e o arejamento do substrato e raízes (NTJ 11C, 2012). Os materiais granulares têm capacidade de absorver alguma água permitindo escoar o excesso nos vazios entre grânulos (PÉREZ et al., 2011).
	Tapetes porosos	Geralmente são produzidos com materiais reciclados, funcionando como esponja e absorvendo a água em toda a sua estrutura. No entanto, a possibilidade de absorver excessivamente a humidade do substrato pode ser prejudicial à vegetação (COELHO, 2014).	A inclinação aconselhada para garantir a drenagem varia entre 2-8%. Para inclinações iguais ou superiores a 8% é necessário implementar um sistema de retenção mais expedito para evitar quebras nas ligações ou enrugamento das camadas (FISHBURN, 2004).
	Telas pitonadas	Também designadas por painéis nodulares de drenagem, são feitas de materiais leves, finos e flexíveis, como polietileno e polipropileno, sendo bastante aplicadas em coberturas verdes extensivas devido às limitações de peso e espessuras (COELHO, 2014). Estas telas apresentam-se sob variadas formas mas genericamente contêm pequenas bolsas na base da membrana que acumulam água e perfurações no topo que permitem trocas gasosas (FLL, 2008).	Estes materiais não só são fáceis de transportar (em rolo) como são também de fácil instalação, alta resistência e durabilidade e baixo custo de produção (FLL, 2008).

Tabela 2.7. Caracterizações gerais do substrato (TOLDERLUND, 2010; BIANCHINI e HEWAGE, 2012; PRATES, 2010; AZEVEDO, 2011; NTJ 11C, 2012; SILVA, 2012 e COELHO, 2014).

Elementos construtivos	Definição	Características / Objetivos	Condições de instalação
Substrato	Técnicos Trata-se de uma combinação de matéria inorgânica, matéria orgânica, ar e água (TOLDERLUND, 2010). Geralmente tem um teor elevado de minerais porosos e um baixo teor de matéria orgânica (no máximo 30% em coberturas extensivas e 45% nas intensivas) por forma a manter o equilíbrio entre peso/volume e desempenho, diminuindo a consolidação do substrato (BIANCHINI e HEWAGE, 2012).	Esta camada contribui para o desempenho térmico e retenção de água, para além de fornecer nutrientes e água às plantas (BIANCHINI e HEWAGE, 2012a). Serve de suporte das plantas permitindo a penetração e desenvolvimento das raízes para que estas resistam à força do vento e chuva. A constituição do substrato vegetal deve ser adequada a cada localização, tipo de cobertura verde (extensiva, semi-intensiva ou intensiva) e tipo de plantas a utilizar.	A aplicação de substratos técnicos em coberturas verdes é fundamental, devendo estar a cargo de técnicos especializados (COELHO, 2014).
	Naturais Poderá ter na sua composição musgo de turfa, casca, serradura, compostagem e minhocas, e a matéria inorgânica é a mistura de areia, cascalho, escória e minerais porosos leves (TOLDERLUND, 2010)	Estes materiais sob a forma de grânulos de 1-20 mm de diâmetro e elevada capacidade de retenção de água são misturados com a terra vegetal. Com o decorrer do tempo e devido à decomposição das resinas é libertado algum azoto, que posteriormente é consumido pelas raízes das plantas. Também se utilizam derivados de petróleo e materiais reciclados, como é o caso de materiais cerâmicos. No entanto, devido à limitada reserva de nutrientes, a inclusão deste tipo de materiais não favorece a proliferação das espécies vegetais (PRATES, 2010 e AZEVEDO, 2011).	O substrato, mesmo quando saturado, deve ter capacidade de conter um volume de ar adequado para o tipo de vegetação plantada (NTJ 11C, 2012). Em algumas situações é necessário proteger o substrato da erosão e rápida perda de água, principalmente nas fases iniciais em que as plantas ainda não se desenvolveram. Uma solução alternativa é a adoção de sistemas pré-cultivados (SILVA, 2012).

2.2.5 Sistemas de drenagem, irrigação e pontos singulares

A existência de um sistema de drenagem nas coberturas verdes corretamente dimensionado e funcional é indispensável. As saídas das águas deverão estar bem dimensionadas, com um mínimo de 1 tubos de queda e 1 tubo ladrão, os quais devem estar protegidos e visitáveis (FLL, 2008). As principais características deste sistema encontram-se expostas na tabela 2.8, segundo os autores COELHO (2014) e ALVES (2013).

Segundo SILVA (2012), todos os elementos que constituem este sistema deverão ser facilmente acessíveis, não devendo existir substrato junto às caixas de visita. Nessa zona deverá ser colocado material arenoso de calibre grosseiro para possibilitar o escoamento das águas e impedir a passagem de finos e raízes para os tubos de queda e ralos. Sendo a camada de vegetação um elemento vivo, é indispensável prever a irrigação da cobertura. Esta poderá ser feita manualmente ou através da instalação de um sistema de irrigação permanente. Segundo TOLDERLUND (2010), na fase inicial, enquanto a vegetação se estabiliza, e em períodos de seca extrema prolongada, será necessário incluir algum sistema de irrigação temporário ou permanente.

Consoante as características e requisitos da vegetação presente, poderão ser instalados diferentes tipos de sistemas de irrigação. Este sistema poderá ser por aspersão e pulverização, gota a gota, manual por mangueira ou capilar enterrado. De referir que, segundo TOLDERLUND (2010), a instalação de equipamentos de monitorização de irrigação, tais como temporizadores, fluxómetros e

sensores, podem contribuir para um sistema de irrigação mais eficiente e adequado às necessidades efetivas da vegetação. Relativamente aos pontos singulares presentes nas coberturas verdes e os cuidados associados, estes encontram-se sintetizados na tabela 2.9. Deverá ainda ser prevista uma forma de acesso que confira segurança às pessoas que vão levar a cabo as ações de manutenção ou reparação e que poderão ter de transportar ferramentas e elementos pesados. A forma de acesso ideal seria por meio de elevador ou escadas (TOLDERLUND, 2010).

Tabela 2.8. Características e condicionamentos dos sistemas de drenagem, (COELHO, 2014 e ALVES, 2013).

Elementos construtivos	Características e condicionamentos
Sistema de drenagem	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Um sistema de drenagem contém vários acessórios indispensáveis para o seu correto funcionamento. Como elementos indispensáveis têm-se os ralos (tampa perfurada), as bocas de descarga (quem encaixam nos ralos) e tubos de queda (conetados à bocas de descarga). ✓ O tubo de queda deverá ter o remate de impermeabilização o que implica um rebaixo da camada de suporte de cerca de 1 cm, e deverá ter um diâmetro suficiente para acomodar a boca de descarga, evitando a sobrelevação na impermeabilização. ✓ Deve ser garantido um afastamento do tubo de queda a elementos circundantes (muretes, platibandas, equipamentos técnicos, etc.), de modo a que a aba da boca do tubo de descarga seja completamente integrada no remate da impermeabilização. ✓ A boca de descarga deverá ser prolongada de modo a que esta seja introduzida no tubo de queda, devendo apresentar uma extensão suficiente que evite o refluxo ou o transbordamento da água no seu movimento de descida pelo tubo.

Tabela 2.9. Pontos singulares presentes numa cobertura verde e cuidados associados (NTJ 11C, 2012; ALVES, 2013; COELHO, 2014 e RAPOSO, 2013).

Pontos singulares	Características e cuidados a considerar
Remate da impermeabilização em paramentos verticais, elementos emergentes e beirados	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Execução em contínuo de todo o perímetro elevado acima do substrato. Paramentos verticais: elevado 15-20 cm em coberturas planas e no mínimo 10 cm em coberturas inclinadas. Em beirados: elevado 10-20 cm em coberturas planas e 5 cm em coberturas inclinadas ➤ Ângulos salientes ou reentrantes arredondados ou chanfrados, para uma melhor aderência . ➤ Banda de reforço com cerca de 30 cm de largura, para aumentar a resistência da zona dos remates aos esforços mecânicos ➤ Topo do remate embutido em roços ou protegido superiormente por elementos pré-fabricados, como rufos em chapa de zinco.
Coroamento de platibandas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilização de peças pré-fabricadas, com uma ligeira pendente para o interior da cobertura. ➤ Platibandas com altura diminuta com membranas a cobrir a face superior do murete.
Remate em tubos emergentes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Garantir perfeita aderência à superfície dos mesmos. ➤ Utilização de um cordão flexível, aplicado junto à base do remate para minimizar os efeitos dos possíveis movimentos de dilatação e contração desses tubos. ➤ Aplicação de acessórios de cintagem da impermeabilização para remate superior.
Juntas de dilatação	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eliminar tensões nas juntas de dilatação devido aos movimentos da camada de suporte. ➤ Deverá ser colocada uma faixa não aderida de cerca de 15 cm de cada lado sobre um elemento flexível que sirva de suporte a este.
Remate em soleiras	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Remate elevado no mínimo 15 cm. ➤ Em casos com elevação inferior deverá ser garantido um prolongamento sob a soleira 100-200 cm para o interior e 50 cm para cada um dos lados do vão. ➤ Garantir uma pendente mínima de 2% no pavimento exterior, numa distância mínima de 200 cm.
Fixação de equipamentos (AVAC, painéis solares, mobiliário, entre outros)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Garantir estanquidade da impermeabilização nesses pontos. ➤ Possível colocação de peças fixas às camadas acima da impermeabilização (ZINCO, 2012). ➤ Execução de maciço em betão para receber fixação.

2.2.6 Benefícios vs. custos

Os benefícios associados à utilização de sistemas de coberturas verdes podem ser variados, dependendo não só da sua localização, como também da sua constituição e tipo de manutenção implementado. De acordo com DUNNETT e KINGSBURY (2008), alguns dos benefícios aliados à utilização de coberturas verdes só serão visíveis se se verificar um número relativamente grande de coberturas verdes numa determinada área, à escala de um bairro ou de uma cidade (figura 2.7). O facto de se verificarem instaladas coberturas verdes em grandes escalas permitirá a redução do efeito de ilha de calor, representando um maior impacto na diminuição da temperatura em zonas urbanas

DUNNETT e KINGSBURY (2008) classificam os benefícios em três principais áreas: a economia, o meio ambiente e a amenidade/estética dos espaços sociocomunitários. PECK e KUHN (2000) referem-se à distinção entre benefícios privados e públicos como forma a fomentar e promover a ideia de coberturas verdes (dependendo do público-alvo).

A gestão das águas pluviais, a mitigação do clima urbano e a promoção da biodiversidade (figura 2.8) e dos *habitats* consistem em **benefícios públicos**. A adoção de políticas e regulamentos de planeamento urbano por parte das autoridades locais e municipais para incentivar a construção de coberturas verdes poderão permitir o melhoramento da qualidade de vida e do meio ambiente, promovendo a eficiência dos custos/benefícios para os contribuintes e cidadãos locais.



Figura 2.8. Coberturas verdes em grande escala [w₃].



Figura 2.8. Agricultura Urbana numa cobertura na cidade de Nova Iorque (Eagle Street Rooftop) [w₄].

A poupança nos custos de energia, extensão da vida útil da cobertura e as melhorias estéticas são considerados **benefícios privados**, representando vantagens financeiras ou pessoais para promotores e proprietários de edifícios particulares, vantagens essas suscetíveis a promover o uso de coberturas verdes (DUNNETT e KINGSBURY, 2008).

Conhecidos os benefícios da instalação de coberturas verdes interessa avaliar o custo. O custo inicial da instalação de uma cobertura verde pode duplicar quando comparada com o da instalação de uma cobertura tradicional. O custo de instalação varia dependendo do tipo de cobertura verde que se pretende adotar, seleção de plantas, entre outros (PINTO, 2014). Não é, no entanto, fiável avaliar a equação dos custos globais de uma cobertura verde com uma simples comparação entre os custos iniciais destas e os das coberturas tradicionais. As coberturas verdes têm uma série de características que promovem o seu valor a longo prazo (PINTO, 2014).

Em geral, o custo de uma cobertura verde residencial depende de diversas variáveis, como sendo a sua localização geográfica, tipo de cobertura, dimensão, materiais utilizados, fornecedores e, caso

existam, incentivos fiscais. Existem países e cidades que têm incentivos económicos de modo a encorajar os promotores à instalação de coberturas verdes. No entanto, a instalação de uma cobertura verde em ambiente residencial está associada a preços não tão competitivos. As coberturas verdes residenciais são mais caras por metro quadrado, comparativamente às coberturas verdes instaladas em edifícios de serviços e comerciais (impossibilidade de repartição dos custos fixos por uma maior área). Existe ainda uma maior dificuldade em justificar o retorno do investimento inicial no caso de uma cobertura verde residencial, visto que as economias de custos associados são em geral mais baixas do que as verificadas no caso de edifícios de serviços ou comerciais.

De referir que uma correta conceção das coberturas verdes é fundamental não só para que a cobertura desempenhe um correto funcionamento em serviço como ainda para permitir o usufruto dos benefícios acima descritos.

2.3 Manutenção de coberturas

2.3.1 Considerações iniciais

Desde já importar referir que se a cobertura verde não for corretamente instalada não existirá nenhuma manutenção que conseguirá garantir o correto desempenho da cobertura em serviço. É indispensável que a cobertura seja corretamente executada. Torna-se posteriormente indispensável compreender como o sistema será mantido, visto ser a manutenção o fator principal que garante o crescimento e desenvolvimento de jardins em cobertura saudáveis e harmoniosos. Existe assim um conjunto de ações e cuidados a considerar relacionados, particularmente, com a gestão e conservação do material vegetal. A existência de um sistema de rega, facilidade na realização de podas nas árvores e arbustos e no corte de relva são cuidados incontornáveis. Existem posteriormente muitos outros cuidados a considerar de modo a garantir o correto funcionamento da cobertura em serviço.

É importante ainda atribuir as diversas intervenções de manutenção às entidades responsáveis. Uma das entidades responsável que apresenta um papel fundamental na correta implementação do plano de manutenção é o cliente, sendo que a solução implementada não deverá exceder as habilidades tecnológicas e recursos daqueles que terão a responsabilidade de mantê-los. É fundamental que a pessoa ou equipe de pessoas responsáveis pela gestão do projeto e manutenção da propriedade tenha os objetivos de manutenção claros e seja capaz de os executar com os recursos disponíveis. De referir que cada caso deve apresentar um plano de manutenção específico, integrado com a solução escolhida.

Finalmente, é importante perceber que uma cobertura verde está sempre associada à presença de seres vivos, sujeitos a uma evolução natural ao longo do tempo de vida. Assim, a manutenção destes elementos é constante e indispensável.

2.3.2 Conceito de manutenção

A necessidade de realizar intervenções de manutenção surgiu no sector da indústria, nomeadamente na aviação comercial, com o intuito de garantir a segurança dos passageiros. A aplicação de ações

preventivas deu origem a uma nova área, a “Engenharia de manutenção”, que pretendia manter a fiabilidade dos equipamentos. É deste sector que a manutenção de edifícios se baseou, aplicando e adaptando técnicas e conhecimentos apreendidos e desenvolvidos ao património edificado (ALVES, 2012).

Segundo as definições presentes nas normas ISO 15686-1 (2000) e NP EN 13306 (2007), o conceito "Manutenção" abrange a combinação de todas as ações que permitam que o edifício e os seus elementos desempenhem, durante a vida útil, as funções para as quais foram concebidos (IPQ, 2007). Em Portugal, a versão revista do Regulamento Geral de Edificações pretendia substituir o termo “conservação” do antigo RGEU, pelo termo “manutenção”, abrangendo as ações de manutenção, inspeção e reparação dos elementos ao longo da vida útil do edifício (FLORES-COLEN, 2009).

2.3.3 Sector da manutenção

Atualmente todo o setor da construção encontra-se afetado pela crise existente nos mercados financeiros e economia real. De acordo com MORGADO (2012), é importante estudar os desenvolvimentos da área da manutenção, não só em Portugal, como no resto da Europa e assim analisar as potencialidades de cada subsector, a legislação aplicável, os organismos responsáveis pelos progressos no sector da manutenção e os respetivos congressos e projetos de investigação.

Tem-se verificado uma crescente preocupação pela manutenção de edifícios e pela qualidade de vida dos seus utilizadores, especialmente nos países mais desenvolvidos da União Europeia. Deste modo, a definição de mecanismos de apoio para a implementação da manutenção e reabilitação (M&R) é cada vez mais frequente, no sentido de responder às necessidades de conservação dos edifícios (LEITE, 2009).

Segundo a AECOPS, em Portugal verifica-se um investimento em trabalhos de reparação e manutenção do edificado insuficiente, tendo um impacto negativo no desempenho económico do país. Apesar do Regulamento Geral de Edificações Urbanas (RGEU) apresentar uma exigência legal de se proceder a obras de conservação em cada 8 anos, verifica-se, de acordo com os Censos 2001, que essa exigência não tem estado a ser cumprida pela maioria dos proprietários (MORGADO 2012).

2.3.4 Legislação

A manutenção e a conservação de edifícios são sectores que dependem não só das unidades autónomas, mas também dos proprietários, tendo estes como obrigação manter o edifício em condições adequadas de acordo com o estabelecido no Código Civil português (2008), artigo 492º [w₂₃]. A escassa legislação referente a ações de manutenção em Portugal, aliada à falta de fiscalização por parte das entidades públicas contribui para um crescimento progressivo do estado de degradação do parque habitacional.

De acordo com RAPOSO (2013), o Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) impõe a obrigatoriedade de obras de manutenção correntes, de 8 em 8 anos e de estas poderem ser realizadas pelos serviços camarários ou pelos inquilinos, com dedução do valor da renda. Segundo FERREIRA

(2007), em 2005, o RGE (Regulamento Geral das Edificações) esteve na iminência de substituir o RGEU, mas tal nunca aconteceu, continuando em processo de aprovação.

2.3.5 Tipos de manutenção

Qualquer cobertura verde requer sempre manutenção. Mesmo coberturas extensivas com densidade de vegetação reduzida necessitam da presença de equipas e manutenção uma a duas vezes por ano, no mínimo, para garantir a limpeza e remoção de detritos prejudiciais (COELHO, 2014). De acordo com [W₁₉], o plano de manutenção adequado deverá ter em conta os diferentes graus de manutenção e o tipo de operações associadas. Segundo FLORES-COLEN (2009), existem três tipos de estratégias que caracterizam o plano de manutenção implementado:

- ✓ Manutenção preventiva ou planeada – ações de manutenção periódicas planeadas, contribuindo para a redução do número de trabalhos não planeados e uma estimativa dos custos envolvidos.
- ✓ Manutenção preditiva ou condicionada - inspeções periódicas para avaliar o estado de degradação e desempenho dos componentes, com posterior planeamento das ações de manutenção. Esta estratégia permite conhecer melhor o desempenho em serviço, ajustando os meios mais eficientes de reduzir os encargos com a manutenção.
- ✓ Manutenção reativa - ações de manutenção após a ocorrência de anomalias imprevistas. O seu carácter de urgência origina sobrecustos neste tipo de estratégia.

Nos planos de manutenção de rotina deverão encontrar-se descritas todas as operações necessárias de modo a garantir o correto funcionamento, indicando não só o tipo de intervenção como a sua frequência e os respetivos responsáveis.

Relativamente aos diversos tipos de manutenção, embora sejam semelhantes, a manutenção preventiva e manutenção preditiva são dois instrumentos diferentes que permitem minimizar os custos. Ambos os métodos de manutenção deverão ajudar a evitar gastos onerosos associados a reparos inesperados.

As ações de uma manutenção reativa em coberturas verdes podem pôr em causa a viabilidade da solução, visto que quaisquer ações de reparação ou substituição de uma das suas camadas são demasiado onerosas, em particular camadas interiores como a membrana de impermeabilização (FLORES-COLEN, 2009). Um grau de exigência elevado na fase de execução significa, geralmente, custos iniciais mais elevados, mas permitirá uma solução construtiva com uma vida útil superior, com custos controlados e previsíveis na fase de manutenção (COELHO, 2014). Interessa desenvolver uma estratégia de manutenção pró-ativa que abrange ações de manutenção preventiva e preditiva, na qual através de um conjunto de ações integradas se pretende controlar o processo de degradação e minimizar os custos (FLORES-COLEN, 2009).

O plano de manutenção requerido por cada tipo de cobertura verde irá estar diretamente relacionado não só com as características intrínsecas da cobertura como também com o resultado pretendido pelo cliente e a variância climática. Segundo SILVA et al. (2015), um plano de manutenção deverá ser revisto ao longo do ciclo de vida da cobertura verde e adaptado ao tipo de cobertura, uso e tipo de

vegetação. Poderão ser necessárias alterações nas ações e suas periodicidades no plano de manutenção consoante a altura do ano. Segundo PECK e KUHN (2003), poderão ser necessárias, durante o Verão, verificações semanais numa cobertura intensiva a consultas trimestrais ou bianuais em coberturas verdes extensivas. Torna-se assim evidente a importância de planejar a estratégia de manutenção a ser implementada na fase de concepção, a qual poderá influenciar não só a escolha entre cobertura verde de carácter intensivo ou extensivo bem como determinadas opções de projeto, materiais e sistemas (COELHO, 2014).

Em SILVA et al. (2015) encontra-se definida uma proposta para um plano de manutenção, na qual não só são consideradas as ações de manutenção a executar de modo a garantir o correto desempenho das coberturas verdes em serviço como são ainda definidas as respetivas frequências e as entidades responsáveis pela sua realização. O plano de manutenção proposto por SILVA et al. (2015) foi realizado com base na inspeção de diversos casos de estudo, sendo desconhecidas as frequência com que cada ação de manutenção é realizada. Na definição das frequências, SILVA et al. (2015) teve em conta os valores propostos em NTJ 11C (2012), onde se encontram definidas frequências muitas vezes qualitativas, e não quantitativas.

2.3.6 Planeamento da manutenção

2.3.6.1 Elementos fonte de manutenção

A degradação de um edifício depende de diversos fatores, pelo que o seu comportamento na perspectiva da manutenção provém dos vários elementos que o constituem, já que cada um deles apresenta mecanismos próprios de degradação (MORGADO, 2012). Torna-se então necessária a subdivisão do edifício em vários elementos designados por elementos fonte de manutenção (EFM) (RODRIGUES, 2001). Os EFM podem organizar-se em classes, tendo em conta a sua função (MORGADO, 2012). No anexo A encontram-se alguns dos EFM que constituem uma cobertura verde.

De modo a efetuar um correto planeamento da manutenção de uma cobertura verde é necessária a subdivisão dos diversos elementos que a constituem considerando-se, em geral, as diferentes camadas constituintes. Esta estrutura por níveis permite a organização do trabalho de manutenção, possibilitando a codificação dos subelementos e facilitando a identificação do EFM em causa. A leitura por parte dos técnicos de manutenção será mais expedita diminuindo a probabilidade de erros derivados da má execução do plano (ALVES, 2012).

2.3.6.2 Vida útil dos elementos constituintes

Uma cobertura é composta por diversos elementos e materiais com diferentes comportamentos em serviço. Torna-se assim necessário estimar as vidas úteis desses mesmos elementos. Com base na definição da ISO 15686-1 (2000) considera-se vida útil o período de tempo, após a construção, no qual o edifício e os seus elementos excedem os requisitos mínimos funcionais para o qual o edifício foi projetado (RAPOSO, 2012). Existem várias formas de avaliar a previsão da vida útil dos diferentes elementos construtivos, que variam consoante as suas características intrínsecas e a sua envolvente (FLORES e BRITO, 2003):

- ✓ Referência de experiências anteriores em construções;
- ✓ Usos e efeitos climáticos similares;
- ✓ Medição da taxa natural de degradação num curto espaço de tempo de utilização e exposição;
- ✓ Estimativa do limite da durabilidade;

Existe já uma série de documentos onde se podem consultar as vidas úteis previstas de elementos, subelementos e respetivos materiais. As estimativas das vidas úteis dos elementos que constituem as coberturas encontram-se expostas no anexo A (GARRAND, 1999; RICS, 2001; AHLUWALIA et al., 2007; MORGADO, 2012; MADRIGAL, 2012; BARROS, 2008 e FERREIRA, 2009).

A variância de valores visível na tabela deve-se ao facto de os autores terem ou não em consideração os fatores que condicionam o comportamento dos elementos em serviço como sendo as características do ambiente envolvente. Poderá ser também justificada pela consideração ou não de intervenções ao longo da vida útil.

Relativamente às membranas de impermeabilização, estas apresentam em geral uma vida útil de 40 anos. Se não forem efetuadas quaisquer reparações ou ações de manutenção, a vida útil mínima poderá decrescer para 10 anos.

A vegetação apresenta uma vida útil muito variável, consoante a espécie. Segundo ROWE et al. (2012), algumas espécies vegetais com mais de 7 anos poderão apresentar taxas de sobrevivência superiores em substratos mais profundos. A sobrevivência das plantas poderá estar relacionada com a área ocupada, a variabilidade no clima, a presença de vegetação concorrencial, entre muitos outros fatores (ROWE et al., 2012).

Como é possível observar no anexo A, a maioria dos componentes referidos apresentam vidas úteis elevadas, sendo que a sua substituição não chega a ser necessária no ciclo de vida da cobertura. A substituição de elementos como sendo filtros de drenagem e remates de mástique deverá ser considerada no plano de manutenção, visto que estes elementos poderão ter que ser substituídos com uma frequência elevada. Deverá ser também prevista a substituição dos elementos dos sistemas de drenagem, das membranas betuminosas e dos remates de membranas asfálticas, considerando que estes elementos apresentam vidas úteis de aproximadamente 10 anos.

Através de uma manutenção planeada e adequada é possível prolongar a vida útil dos diferentes elementos da cobertura. Poderá por vezes surgir a necessidade de substituição de um elemento. Se todas as camadas acima do elemento a ser substituído tiverem de ser deslocadas temporariamente para outro local fora da cobertura, os custos vão aumentar em conformidade com a deslocação (PECK E KUHN, 2003).

2.3.6.3 Patologia dos elementos construtivos

A degradação dos elementos de uma cobertura é uma problemática ainda em desenvolvimento em termos de investigação (MORGADO, 2012). As coberturas são um dos elementos da envolvente do edifício que está sujeito a uma maior degradação. MADRIGAL (2012) refere que, em geral, as coberturas apresentavam um número de irregularidades bastante superior à maioria dos restantes elementos construtivos. Segundo ILOZOR et al. (2004), as coberturas são o segundo elemento

construtivo mais afetado e com maior número de anomalias, sendo o primeiro as fachadas. Interessa então perceber quais os fatores de degradação dos elementos das coberturas e as respectivas causas. O uso do termo patologia é, neste caso, associado ao estudo sistemático das anomalias, dos seus sintomas e da natureza das modificações que estas provocam no edifício (CIB W86, 1993).

i) Fatores de degradação

A degradação de coberturas verdes poderá estar associada a uma manutenção insuficiente, a um uso inadequado e a inúmeros agentes de degradação, sendo que os principais estão relacionados com fatores atmosféricos (HODGES, 1999 e PIRLA, 1999). A água, temperatura, radiação solar, vento, agentes químicos e poluição devido ao tráfego são considerados por HODGES (1999) como os parâmetros principais de degradação de uma cobertura. A degradação prematura e contínua do sistema de cobertura provoca principalmente um aumento significativo dos seus custos de manutenção, podendo não ser considerado um acontecimento com gravidade significativa (HODGES, 1999). Nas coberturas verdes, a água, nas suas várias formas (chuva, neve ou vapor de água), é um dos fatores com mais impacto (COELHO, 2014). De acordo com DOUGLAS & RANSOM (2007), a acumulação excessiva de água permite o desenvolvimento de microrganismos e vegetais parasitas, provocando uma perda nas características das proteções das membranas e dos próprios revestimentos, deixando-os mais expostos aos fatores de deterioração. Excesso ou escassez de água apresenta impacto marcante na camada de vegetação, podendo levar a arrastamentos do substrato ou à morte da vegetação.

De acordo com TRUJILLO (2002) e DIAS (2008), variações térmicas poderão provocar uma redução na eficácia da aderência das ligações executadas por sobreposição e o empolamento das membranas, devido à passagem da água que se encontra no interior das camadas do seu estado líquido para o estado gasoso. Os raios ultravioletas provocam a deterioração progressiva dos materiais, permitindo um envelhecimento prematuro dos mesmos (MORGADO, 2012). A radiação solar, as amplitudes térmicas e agentes químicos têm os seus efeitos minimizados devido à presença de revestimento vegetal e substrato, os quais protegem as camadas mais suscetíveis de envelhecimento, como o caso da membrana de impermeabilização (FLL, 2008).

A ação do vento é um fator relevante na eficácia de funcionamento de uma cobertura. De acordo com TRUJILLO (2002) e DIAS (2008), as forças de sucção que o vento cria permitem o arrastamento do substrato e das plantas, das proteções pesadas da impermeabilização e dos revestimentos em coberturas inclinadas deixando-as, por consequência, expostas à agressão dos restantes agentes atmosféricos. O impacto do vento na cobertura vai depender não só das características do vento (intensidade e direção) como das características do edifício (forma e altura), sendo as áreas centrais da cobertura as mais protegidas dos seus efeitos (FLL, 2008 e NTJ 11C, 2012). A colocação de seixo rolado ou outros elementos com peso nas zonas mais expostas, em particular em todo o perímetro da cobertura, é uma medida que permite minimizar da degradação provocada pelo efeito do vento sobre a vegetação (FLL, 2008 e NTJ 11C, 2012).

Finalmente, o uso indevido da cobertura poderá levar à degradação dos diferentes elementos construtivos. Em diversas situações, os próprios utentes do imóvel poderão utilizar de forma incorreta

a cobertura, quer por desconhecimento quer por descuido (FERREIRA, 2009). As operações de manutenção podem também dar origem a anomalias, visto que os técnicos de manutenção nem sempre têm informação sobre o sistema construtivo onde estão a intervir, utilizando soluções de reparação inadequadas que podem deteriorar ou danificar os elementos abaixo do substrato, pisoteando repetidamente ou depositando cargas pontuais de equipamentos sobre a área de substrato que levará à sua compressão e a danos na vegetação (RAPOSO, 2013).

ii) Anomalias e causas prováveis

A cobertura de um edifício é o elemento construtivo mais suscetível à ação dos agentes atmosféricos e às ações mecânicas resultantes da sua acessibilidade à circulação de pessoas ou veículos (MORGADO, 2012). Deste modo, são necessários diversos cuidados, quer ao nível da conceção das camadas de constituição quer na altura da sua aplicação, com o intuito de reduzir as anomalias existentes neste elemento construtivo (LOPES, 2006). Num estudo realizado por ROCHA (2008) verificou-se que as anomalias presentes nas coberturas apresentam uma distribuição de acordo com a figura 2.9.

ROCHA (2008) concluiu ainda que as anomalias mais frequentes ocorrem na superfície corrente, seguida dos pontos singulares, dos sistemas de drenagem e das anomalias no teto do último piso. Verifica-se ainda a existência de diversas anomalias nos elementos de proteção pesada (fissuração, fracturação, colonização biológica, acumulação de detritos e vegetação parasitária, sujidade superficial, entre outros), associados em geral a uma manutenção insuficiente, a qual é notória em Portugal (MORGADO, 2012).

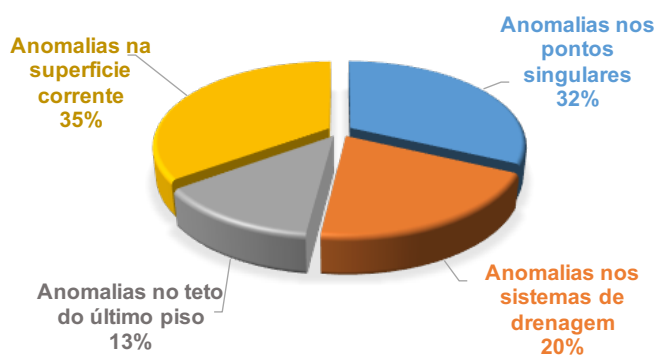


Figura 2.9. Distribuição das anomalias por zonas das coberturas e em função do número total de ocorrências, adaptado de ROCHA (2008).

As principais anomalias a considerar em coberturas verdes com as causas prováveis associadas encontram-se descritas no anexo B (anexos B.1 a B.5), o qual foi desenvolvido com recurso a informação disponível em FLL (2008), NTJ 11C (2012), MORGADO (2012), RAPOSO, (2013), COELHO (2014), TOLDERLUND (2010), ALVES (2013) e MADRIGAL (2012).

Encharcamento é uma das anomalias mais comum na camada de substrato. Esta anomalia poderá resultar de pendentes inferiores a 1-3% associadas a uma camada drenante pouco espessa [w_6], ao funcionamento ineficaz do sistema de drenagem, a uma camada drenante inexistente ou inadequada ou a um número insuficiente de pontos de escoamento (RAPOSO, 2013). O deslizamento e erosão

são também bastante comuns, sendo causados pelo efeito excessivo do vento, falta de vegetação a consolidar a camada de substrato ou uma pendente excessiva sem qualquer camada de proteção e consolidação (NTJ 11C, 2012).

Relativamente à membrana de impermeabilização, esta encontra-se sobre outras camadas, não se encontrando em contacto direto com os principais agentes de degradação referidos anteriormente. Assim, esta camada está mais protegida. No caso de anomalias nesta camada, as reparações necessárias são extremamente onerosas, sendo a camada difícil de aceder (COELHO, 2014). A perfuração da membrana é uma das anomalias mais gravosas e poderá ser justificada por uma incorreta execução na fase de conceção ou pela inexistência de camadas anti-raízes. Geralmente, as impermeabilizações aplicadas sobre o isolamento térmico são mais propensas a anomalias do que nos casos em que estas são aplicadas diretamente sobre estruturas de suporte (ALVES, 2013).

A camada de vegetação funciona como camada protetora dos restantes elementos da cobertura. A instalação deverá ser realizada quando as condições forem mais favoráveis para o crescimento e enraizamento da vegetação e imbricamento com o substrato (COELHO, 2014). Segundo RAPOSO (2013), dever-se-ão aplicar substratos vegetais estáveis, com cargas adequadas e mistura granulométrica correta e optar por vegetação de maior durabilidade. O substrato deverá ser mantido húmido durante o primeiro ano (RAPOSO, 2013). Deverá ainda ser colocada uma camada de proteção contra a erosão, até terminar o primeiro ano após a instalação (TOLDERLUND, 2010; RAPOSO, 2013).

Segundo COELHO (2014), as principais causas de anomalias estão associadas a uma manutenção incorreta ou erros de conceção. Deverá ser feito um tamponamento dos tubos de queda com a colocação de proteção adequada e com caixas de visita que facilitem a inspeção do sistema. Um escoamento deficiente leva à acumulação de água, podendo não só pôr em causa a sobrevivência da vegetação como a integridade estrutural do edifício (FLL, 2008).

É perceptível com a análise das tabelas expostas no anexo B que uma correta conceção da cobertura aliada a um plano de manutenção eficaz permitirá um controlo das possíveis anomalias, prevenindo-as e/ou eliminando-as.

2.3.6.4 Ações de manutenção

Relativamente à fase de manutenção de uma cobertura verde, existe um conjunto de ações que constituem o plano de manutenção e que deverão ser definidas de modo a regular a manutenção e inspeção da mesma (TOLDERLUND, 2010). Garantir a sustentabilidade da cobertura verde começa na sua conceção, na correta execução e escolha de vegetação adequada ao local e corretamente distribuída. Segundo [w₂₀], todos os intervenientes na manutenção de uma cobertura verde deverão ter em vista a minimização de possíveis danos durante a manutenção. Deve assim haver sempre a consciencialização de todas as entidades sobre o tipo de construção, as ferramentas adequadas, de modo a não interferir ou danificar nenhum elemento inferior ao substrato, e a programação dos trabalhos, de modo a minimizar a quantidade de tráfego na cobertura após a instalação [w₂₀].

O planeamento das ações de manutenção deve discriminar as diversas operações essenciais, tais como a inspeção, a limpeza, os tratamentos de proteção, possíveis reparações, substituições ou reposições pontuais, reparações em áreas extensas ou substituição integral no final da vida útil. A par desse planeamento, deverá ser contemplada a possibilidade de ações corretivas e de emergência quando assim for necessário (MORGADO, 2012).

Poder-se-ão realizar intervenções ligeiras ou profundas, consoante o grau de intervenção. As intervenções ligeiras têm como base a aplicação de técnicas de reparação pontuais, com o intuito de corrigir pequenas anomalias, evitando a sua propagação. As intervenções profundas constituem técnicas de reparação a uma escala maior, geralmente próximo do fim da vida útil do elemento (MORGADO, 2012; COELHO, 2014).

As principais ações de manutenção variam consoante o tipo de cobertura verde. Na figura 2.10 encontram-se descritas as principais ações de manutenção a considerar consoante o tipo de cobertura (FLL, 2008).

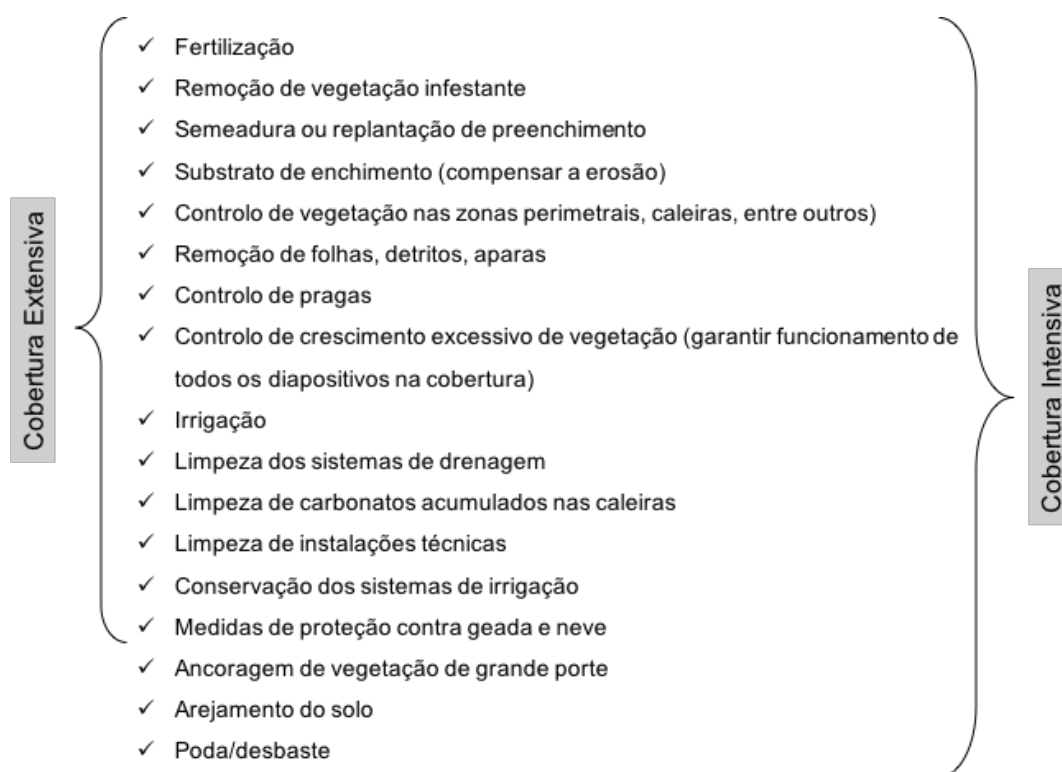


Figura 2.10. Ações de manutenção consoante o tipo de cobertura verde (FLL, 2008), adaptado por COELHO (2014).

Uma das ações de manutenção mais relevantes é a limpeza da cobertura. A acumulação de sujidades e vegetação indesejável leva ao desenvolvimento de anomalias nos sistemas de drenagem e em muitos outros elementos das coberturas, sendo que a limpeza dos mesmos deverá estar descrita no plano de manutenção, com periodicidade e modo de execução definida (COELHO, 2014). A irrigação é outra ação de manutenção indispensável para o correto desempenho das coberturas verdes, sendo que a quantidade e periodicidade da rega varia de acordo com a inclinação, as espécies de vegetação cultivadas a exposição e o clima (NTJ 11C, 2012; BOUATTOUR e ALLAIN, 2009). Segundo TOLDERLUND (2010), deverá ser previsto na fase de enraizamento da vegetação um acesso a um

ponto de água para rega manual. No caso de coberturas em clima Mediterrânico é indicado prever a instalação de um sistema de irrigação permanente (NTJ 11C, 2012). Após da vegetação se encontrar estabelecida a irrigação poderá ser pontual e apenas em períodos de seca prolongada, permitindo minimizar o *stress* hídrico da vegetação ou até mesmo a sua morte (BOUATTOUR e ALLAIN, 2009; NTJ 11C, 2012).

A profundidade da camada de substrato é diretamente proporcional à capacidade de retenção de humidade, a qual garante a sobrevivência das plantas. A sustentabilidade da cobertura a longo prazo vai depender da correta gestão de rega (COELHO, 2014). O excesso de rega impede que a vegetação adquira a resistência necessária para sobreviver, favorecendo o aparecimento de espécies infestantes. Em geral, a forma mais adequada de irrigação em coberturas verdes é por sistema gota a gota enterrado, visto que fornece água de forma controlada e sem perdas (NTJ 11C, 2012). Só em casos pontuais, como as coberturas inclinadas ou vegetação mais exigente, se justifica a uso de sistemas de rega por aspersão ou pulverização. Dever-se-á ainda proceder à inspeção periódica dos elementos do sistema como os pulverizadores (TOLDERLUND, 2010).

A presença de vegetação infestante pode pôr em causa não só o regime de vegetação intencional e a sua biodiversidade como também a integridade estrutural do edifício (FLL, 2008; BOUATTOUR e ALLAIN, 2009; TOLDERLUND, 2010). Esta vegetação deverá assim ser removida, limpando a zona e deixando-a regenerar naturalmente com *sedum* ou outro colonizador natural, tais como gramíneas (BOUATTOUR e ALLAIN, 2009; TOLDERLUND, 2010). Poder-se-á ainda recorrer à replantação do local infestado. Essa replantação deverá ser efetuada preferencialmente durante a Primavera ou no Outono para evitar extremos climáticos que vão inibir o crescimento (COELHO, 2014).

Relativamente à fertilização, esta deverá ser evitada em coberturas verdes extensivas. A fertilização aumenta o nível de nutrientes nos escoamentos de águas pluviais, afetando negativamente a qualidade das águas locais (COELHO, 2014). Sempre que a fertilização seja necessária deverá ser feita o mínimo possível (FLL 2008). Este adubo adicional só deve ser aplicado no período de crescimento da vegetação.

Áreas onde se encontra implementada vegetação com raízes de nível de agressividade elevada (o cultivo das quais deverá ser preferencialmente evitado) exigem inspeções cuidadosas e periódicas para aferir a conservação e eficácia dos sistemas de contenção dessas raízes (FLL, 2008).

De modo a evitar retenções de águas, asfixia radicular e criações de sobrecargas é indispensável que haja um correto escoamento da água em excesso na cobertura. Os sistemas de drenagem devem ser inspecionados regularmente, principalmente após eventos climáticos críticos (COELHO, 2014). Sistemas de drenagem devem ser equipados com caixas de visita para um fácil acesso e controlo (TOLDERLUND, 2010). Todos os tubos de queda, ralos e caixas de visita devem ter ações de limpeza previstas, por forma a permanecerem livres de vegetação e detritos (FLL, 2008).

Deve-se proceder a inspeções regulares da camada de impermeabilização, em todas as juntas, elementos emergentes, apoios de aparelhos AVAC e perímetro da cobertura (TOLDERLUND, 2010).

Quando a manutenção é realizada a menos de 2 metros dos limites perimetrais de uma cobertura verde elevada, deve ser fornecida proteção contra quedas. É importante que os sistemas de proteção

contra quedas sejam mantidos e verificados uma vez por ano e que os regulamentos que regem a prevenção de acidentes sejam respeitados (COELHO, 2014).

Todos os trabalhos de manutenção deverão ser programados de modo a minimizar a quantidade de tráfego no telhado verde após a instalação (COELHO, 2014). O excessivo pisoteio numa área limitada da cobertura verde irá resultar na compressão do substrato e danos para a vegetação (FLL, 2008).

2.3.6.5 Frequência das ações de manutenção

Na definição das frequências de cada ação de manutenção prevista no plano de manutenção é importante ter em consideração a idade da cobertura verde. Poder-se-ão considerar três fases distintas no ciclo de vida de uma cobertura verde, as quais requerem diferentes frequências de manutenção (FLL, 2008; NTJ 11C, 2012 e TOLDERLUND, 2010).

A **primeira fase** consiste na fase pós-implantação e apresenta uma duração de 1 a 2 anos. Esta fase termina quando o revestimento vegetal se encontra presente em aproximadamente 60% da cobertura. Nesta fase deverá ser garantido o correto recobrimento da cobertura. A irrigação poderá também apresentar uma frequência mais elevada nesta fase. A **segunda fase** corresponde à de desenvolvimento, tem uma duração de 2 a 3 anos, sendo que termina quando a vegetação se encontra presente em 90% da área da cobertura. A **terceira e última fase** é a fase de manutenção, a qual se inicia a partir do 3º ou 4º ano. Esta fase prolonga-se ao longo da vida útil da cobertura verde e corresponde à execução de todas as operações de manutenção necessárias para que esta desempenhe as funções para as quais foi concebida.

A frequência das diversas ações de manutenção varia consoante a fase em que se encontra a cobertura devido principalmente às exigências que a camada de vegetação apresenta, as quais variam com o seu grau de desenvolvimento. Como referido por SILVA et al. (2015), a fertilização representa um exemplo de uma ação de manutenção que apresenta diferentes frequências consoante a idade da cobertura.

A frequência das ações de manutenção poderá ainda variar consoante o tipo de cobertura verde. As coberturas verdes intensivas poderão requerer ações de manutenção mais frequentes que as coberturas verdes extensivas. A utilização que é dada às coberturas pode também influenciar as frequências de manutenção mínimas exigidas. Em SILVA et al. (2015) verificou-se que a maioria dos casos de estudo inspecionados apresentavam frequências de manutenção muito superiores às recomendadas por autores como FLL (2008). As frequências implementadas poderão ser justificadas não só pelo tipo de cobertura, mas pelo facto de as coberturas ser utilizadas diariamente pelo público.

De acordo com PAÇO et al. (2014), na determinação das periodicidades de manutenção dever-se-á ainda ter em conta que coberturas verdes em climas Mediterrânicos requerem diferentes frequências, quando comparadas com coberturas verdes na Europa central. No anexo C encontram-se as frequências propostas pelos autores NTJ 11C (2012) e MORGADO (2012), relativamente a algumas das ações de manutenção que deverão ser realizadas em coberturas verdes.

De referir que algumas ações de manutenção e inspeção deverão ser agendadas após ocorrências climáticas especiais como picos de precipitação e ventos fortes. Poderão haver ainda ações de

manutenção agendadas de acordo com eventos sazonais, como o período de germinação, épocas certas de aparecimento de espécies invasivas e indesejadas e, no Outono, após a queda de folhas (MORGADO, 2012).

2.3.6.6 Intervenientes

Em qualquer planeamento da manutenção de uma cobertura verde é importante perceber quais as entidades a participar na manutenção da cobertura e se estas têm capacidade técnica e conhecimentos suficientes para o executarem. Como intervenientes na conceção da cobertura consideram-se as equipas de instalação e os projetistas. Muitas vezes é da sua responsabilidade transmitir aos clientes todas as informações necessárias para garantir o correto funcionamento da cobertura em serviço.

Na fase de manutenção da cobertura existem diversos intervenientes, consoante as ações de manutenção a considerar. A maioria das ações de manutenção, principalmente as que incidem sobre a camada de vegetação e sistemas de drenagem/irrigação, são da responsabilidade de equipas de jardinagem. Inspeções mais específicas serão da responsabilidade de equipas de técnicos especializados. O proprietário poderá ainda representar um papel fundamental na manutenção da cobertura verde ao longo da sua vida útil, através de monitorizações e controlo visual da mesma. Poderá ser necessária a intervenção das equipas de instalação na fase de manutenção. Quaisquer que sejam os intervenientes na conceção, execução e manutenção da cobertura, a atribuição de responsabilidades garante o correto funcionamento da cobertura em serviço, facilitando a aplicação do plano de manutenção traçado.

É indicado que sejam estabelecidos acordos contratuais com as empresas instaladoras, os quais se devem estender além do período de garantia. Na pós-instalação, os empreiteiros deverão incluir um período acordado de manutenção regular, enquanto a cobertura se estabelece. Alguns fornecedores de sistemas de coberturas verdes terão os seus próprios empreiteiros que irão monitorizar o progresso imediatamente após a instalação e após a primeira estação de crescimento completo, geralmente entre 12-18 meses, antes de passar as tarefas de manutenção ao dono ou administrador do edifício (FLL, 2008).

2.3.7 Conclusões do capítulo

Para que a manutenção seja o mais completa possível e de modo a tirar partido de todos os seus benefícios, uma correta gestão e planeamento são indispensáveis, não só na fase posterior à instalação como na fase de projeto e instalação. Devido às suas características singulares e distintas dos sistemas de coberturas convencionais, os sistemas de coberturas verdes requerem uma execução com um nível de qualidade superior. Coberturas verdes representam maiores cargas impostas na estrutura e são constituídos por elementos vivos, os quais requerem uma constante manutenção.

Uma incorreta ou insuficiente manutenção das coberturas verdes poderá significar posteriores ações de reparação e/ou substituição dos seus componentes, as quais poderão significar custos acrescidos. A curto prazo a preocupação com o planeamento da manutenção poderá representar custos iniciais mais elevados sendo que a longo prazo poderá criar uma solução construtiva mais duradoura e menos

custos associados a ações de intervenção. De referir que o correto desempenho das coberturas verdes em serviço não é apenas condicionado na fase de manutenção. As fases desde o projeto à instalação poderão ser igualmente determinantes. Deve então ser garantida a qualidade da solução construtiva durante as fases de conceção, construção e operação para que esta possa corresponder às exigências de desempenho pretendidas durante a sua vida útil.

Para um planeamento de uma manutenção adequada a coberturas verdes em clima Mediterrânico interessa analisar a aplicação prática destas soluções construtivas, através da recolha de informação relativa aos sistemas construtivos implementados, as ações de manutenção, as suas periodicidades e as entidades responsáveis pela sua execução, de modo a relacionar o tipo de manutenção com o estado de degradação e comportamento em serviço das coberturas verdes.

3 Metodologia adotada e casos de estudo

3.1 Considerações iniciais

Para o desenvolvimento de um plano de manutenção adequado a coberturas verdes em clima Mediterrânico considerou-se importante considerar uma vertente prática. Foram assim analisados vários casos de estudo, de modo a perceber quais os fatores que condicionam o desempenho das coberturas verdes em serviço, no que se refere à manutenção das mesmas. Foi recolhida informação referente não só aos sistemas construtivos utilizados como também às anomalias mais correntes e às técnicas de manutenção aplicadas.

3.2 Metodologia de inspeção aplicada

A inspeção dos diversos casos de estudo que constituem a amostra seguiu a metodologia ilustrada no fluxograma da figura 3.1.

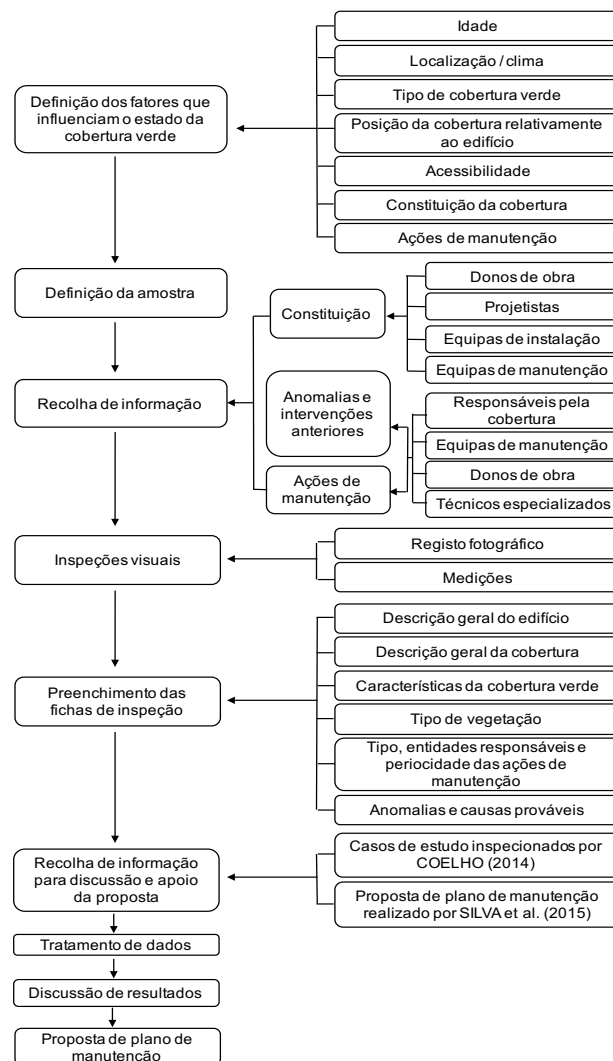


Figura 3.1. Fluxograma da metodologia adotada na análise dos casos de estudo considerados.

A informação foi obtida através de inspeções visuais, as quais foram complementadas, quando possível, com documentação técnica disponibilizada pelos donos de obra, projetistas, responsáveis pela instalação e responsáveis pela manutenção.

Sempre que possível foi recolhida informação referente a anomalias anteriores e as respetivas intervenções. Todas as ações de manutenção implementadas foram conhecidas anteriormente às visitas, com o objetivo de, sempre que possível, marcar a inspeção à cobertura coincidente com presença das equipas de manutenção. Houve igualmente a preocupação de agendar as visitas com condições atmosféricas favoráveis, de modo a garantir uma avaliação visual o mais correta possível e que não induzisse a posteriores conclusões erradas. Muitos dos elementos constituintes das coberturas não eram acessíveis tendo sido avaliados, na maioria dos casos, apenas os elementos superficiais. Para a recolha da informação foi desenvolvida e preenchida uma ficha de inspeção.

Posteriormente, com o objetivo de facilitar a correlação entre os dados recolhidos e retirar conclusões recorreu-se à elaboração de gráficos e tabelas, tornando não só a leitura dos dados mais intuitiva como permitindo avaliar estatisticamente a amostra.

De modo a complementar a informação recolhida dos casos de estudo inspecionados foram ainda considerados os estudos desenvolvidos por COELHO (2014) e SILVA et al. (2015).

3.3 Inspeção dos casos de estudo

3.3.1 Inspeção visual e medições

Foi utilizada uma máquina fotográfica para recolha de informação. Em muitos casos não foi possível a inspeção visual de alguns elementos da cobertura, os quais eram inacessíveis. Em geral toda a informação sobre as camadas interiores das coberturas foi obtida através de documentação disponibilizada. As anomalias ocorridas nestes elementos e intervenções nos mesmos foram identificadas através de informação recolhida junto de equipas de manutenção, técnicos especializados e responsáveis pela cobertura. Em alguns casos os sistemas de drenagem eram também inacessíveis. Sempre que possível foram inspecionados visualmente. Foram ainda recolhidas fotografias aéreas com recurso ao *Google Maps*, garantindo uma visualização espacial das coberturas.

As medições complementares foram feitas durante as inspeções com recurso a fita métrica. Muitas das medidas interessantes para o posterior tratamento de resultados foram obtidas em documentação técnica disponibilizada pelos proprietários ou responsáveis da cobertura. Foram apenas feitas medições de elementos emergentes, nomeadamente os muros perimetrais.

3.3.2 Ficha de inspeção

De modo a recolher o máximo de informação possível nas visitas às diferentes coberturas foi desenvolvida uma ficha de inspeção. Esta ficha tem como base os conhecimentos teóricos desenvolvidos no capítulo 2, tendo sido modificada e otimizada ao longo do estudo. Estas alterações advieram do facto de que só na concretização das visitas é que se foi percebendo quais os dados essenciais a recolher.

A ficha de inspeção em questão apresenta-se no anexo D, tendo sido elaborada em forma de “*checklist*” permitindo uma recolha de informação rápida e eficaz e estando dividida em seis partes distintas: informações gerais do edifício, informações gerais sobre a cobertura verde, características da cobertura verde, tipo de vegetação, ações de manutenção implementadas com as respetivas periodicidades e responsáveis e anomalias detetadas com as causas prováveis.

A informação referente às características gerais do edifício é referida na tabela D.1. É nesta parte da ficha de inspeção que se encontra descrito o edifício visitado, a sua localização, função e fatores condicionantes no funcionamento da cobertura. É ainda referido o ano de construção e número de pisos para posteriores conclusões. É indicada a data de inspeção e as condições climáticas relativas ao dia da visita e aos dias anteriores, sendo que estas poderão influenciar o estado da cobertura durante a inspeção. Referencia ainda os responsáveis pela gestão da cobertura e manutenção.

A segunda parte da ficha, representada na tabela D.1, permite a recolha da informação geral da cobertura, nomeadamente a área, pendente, existência de camada de isolamento térmico e o tipo da cobertura inspecionada. Foi também considerado o tipo de acessibilidade à cobertura. Todos estes parâmetros, condicionantes no desempenho das coberturas, foram selecionados com base na informação descrita no segundo capítulo.

A ficha de inspeção proposta ilustrada na tabela D.1 consiste numa listagem sistematizada de características específicas não só da cobertura como do ambiente envolvente, as quais condicionam o desempenho da cobertura. Considerou-se assim relevante definir o tipo de vegetação presente nas coberturas inspecionadas. Esta listagem é constituída apenas pelos tipos de vegetação mais comuns.

A quinta parte da ficha de inspeção é referente à manutenção da cobertura verde (tabela D.1). Esta tem como objetivo não só identificar as operações de manutenção aplicadas com base numa lista de ações já identificadas no capítulo anterior, como registar a periodicidade das visitas e os intervenientes em cada ação. Foram ainda registadas eventuais intervenções anteriores de reparação, restauro ou reabilitação.

Finalmente, como última parte da ficha de inspeção proposta, foi criada uma listagem onde se encontram distinguidas as diferentes camadas da cobertura com as respetivas anomalias e causas prováveis (tabelas D.2 e D.3).

3.4 Casos de estudo

3.4.1 Determinação da amostra

De modo a obter resultados úteis estabeleceu-se uma amostra de dimensão considerável que abordasse diferentes tipos de casos de estudo. Houve a preocupação de considerar diferentes tipos de coberturas, usos, processos construtivos e abordagens no que se refere à manutenção. Recolheu-se informação referente a coberturas localizadas em Lisboa, Portugal.

Foram caracterizados diferentes tipos de coberturas: verdes intensivas e semi-intensivas, não tendo sido possível inspecionar nenhuma cobertura do tipo extensiva. Diferentes tipos de coberturas implicam diferentes cuidados e planos de manutenção, tornando-se assim interessante a análise dos três tipos

de cobertura distintos. Visto não se ter inspecionado nenhum caso do tipo extensivo, não foi proposto nenhum plano de manutenção para o mesmo. A informação relativa à composição das dez coberturas inspecionadas foi disponibilizada por quem conduziu as inspeções. Foi também tida em consideração a posição das coberturas relativamente ao edifício. Foram consideradas coberturas elevadas e térreas, visto que a posição destas poderá condicionar a exposição ao sol e/ou chuva, facilidade de acesso e manutenção e seleção do tipo de solução construtiva a adotar.

A pendente é também uma característica intrínseca das coberturas verdes e que em muito influencia o seu funcionamento. Assim sendo, a amostra inclui coberturas planas e coberturas inclinadas, considerando a sua pendente e a existência ou não de sistemas de drenagem em funcionamento.

Outro aspeto considerado na seleção de casos para a amostra foi a acessibilidade das mesmas. Muitas das possíveis anomalias em coberturas verdes poderão estar associadas não só a um incorreto plano de manutenção implementado com ainda ao uso incorreto das mesmas. Torna-se assim interessante perceber qual o uso dado às coberturas inspecionadas. Na amostra estão incluídas coberturas não acessíveis (apenas em caso de manutenção), coberturas acessíveis a pessoas e coberturas acessíveis a pessoas e veículos.

A idade de construção da cobertura é também um condicionante no estado de degradação. Foram assim avaliadas coberturas com diferentes idades, desde coberturas relativamente recentes (com aproximadamente cinco anos) até coberturas com 50 anos de idade. A amostra é constituída por coberturas com diferentes dimensões, com áreas desde 50 m² até 40 000 m². A área poderá influenciar o plano de manutenção mais indicado a implementar.

Finalmente, a recolha de casos de estudo teve em conta a necessidade de avaliar diferentes tipos de manutenção implementados. A amostra recolhida tenta abordar os mais variados tipos de manutenção, sendo assim constituída por casos onde a manutenção aplicada é preventiva/planeada, casos em que a manutenção aplicada é preditiva/condicionada e casos em que a manutenção aplicada é reativa.

A análise dos diferentes casos de estudo decorreu ao longo de 5 meses, sendo que se verificou alguma dificuldade na recolha de informação porque, em muitos casos, as documentações e informações sobre as coberturas não foram conservadas. As lacunas de informação serão referenciadas ao longo da dissertação sempre que apropriado.

3.4.2 Características gerais da amostra

Dos 10 casos estudados em Lisboa, 40% dos casos são espaços públicos, 20% são habitacionais e 40% representam serviços (figura 3.2). Relativamente à acessibilidade, referida na figura 3.3, a maioria das coberturas consideradas não são acessíveis a pessoas. De modo a garantir a maior variabilidade possível da amostra, analisaram-se coberturas com diferentes posições relativamente ao edifício.

Como mostra a figura 3.4, 60% das coberturas verdes visitadas apresentam uma posição elevada plana relativamente ao edifício. Não foi inspecionado nenhum caso em que a cobertura verde é térrea plana. Relativamente ao tipo de cobertura (figura 3.5), 70% dos casos analisados consistem em coberturas intensivas sendo que nenhuma das coberturas inspecionadas é extensiva.

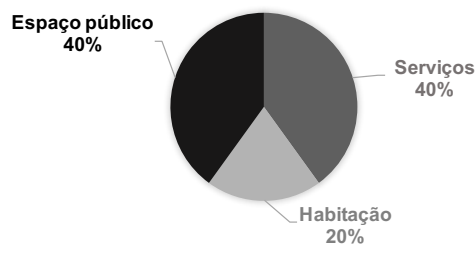


Figura 3.2. Tipo de utilização das coberturas verdes que constituem a amostra.

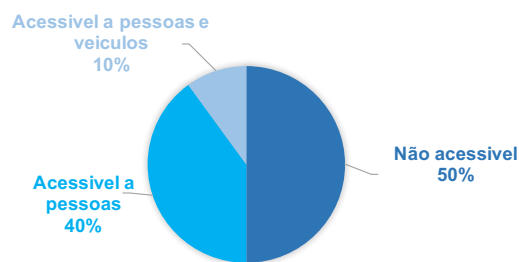


Figura 3.3. Acessibilidade das coberturas verdes relativamente ao edifício.

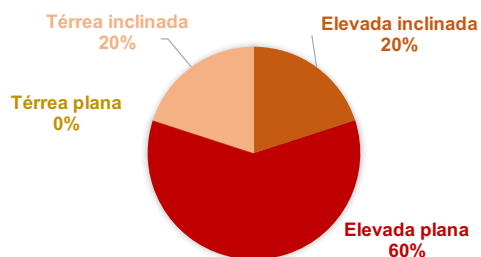


Figura 3.4. Posição das coberturas verdes relativamente ao edifício.

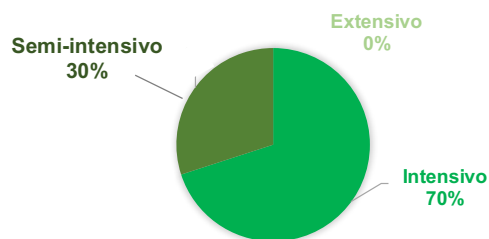


Figura 3.5. Tipo de coberturas verdes que compõem a amostra considerada.

Na tabela 3.1 encontram-se descritas as características gerais de todos os casos de estudo considerados.

Tabela 3.1. Características gerais dos casos de estudo que compõem a amostra.

Casos de estudo	Nome	Localização	Ano de construção	Área (m ²)	Tipo de cobertura	Posição relativa ao edifício	Acessibilidade
I	ETAR de Alcântara	Lisboa	2011	37 184			
II	Fundação Calouste Gulbenkian (Cobertura A)	Lisboa	1967	11 000			
III	Fundação Calouste Gulbenkian (Cobertura B)	Lisboa	1967	5 000			
IV	Fundação Calouste Gulbenkian (Cobertura C)	Lisboa	1983	1 000			
V	Edifício Portugal Telecom	Lisboa	1978	3 184			
VI	Sede da MSF	Lisboa	2009	50			
VII	Edifício Soeiro Pereira Gomes	Lisboa	1969	1 550			
VIII	Empreendimento Alto dos Moinhos	Lisboa	2011	3 130			
IX	Empreendimento Azinhaga Galhardas	Lisboa	2008	600			
X	Centro Cultural de Belém	Lisboa	1990	5 700			
Legenda							
Cobertura Intensiva		Elevada plana		Térrea plana		Acessível a pessoas	
Cobertura Semi-intensiva		Elevada inclinada		Térrea inclinada		Acessível a pessoas e veículos	
Cobertura Extensiva						Não acessível	

No que respeita à caracterização das coberturas verdes, 100% são sistemas construtivos de multicamada, com aplicação das camadas individualmente, não existindo sistemas modulares.

Relativamente ao ano de construção, 60% das coberturas verdes consideradas têm mais de 10 anos de utilização, sendo que a cobertura mais antiga tem 49 anos. Quanto à área de ocupação, 80% das coberturas analisadas têm dimensões superiores a 1000 m², sendo que a cobertura de menor dimensão ocupa 50 m² e a de maior dimensão ocupa aproximadamente 37000 m².

3.4.3 Apresentação dos casos de estudo

O **caso de estudo I** refere-se à ETAR de Alcântara, localizada na Avenida de Ceuta, em Lisboa (figura 3.6 a)), construída no final dos anos 80 do século XX. Em 2006 deu-se início a obras de remodelação na ETAR de Alcântara com objetivo de melhorar a qualidade no nível de tratamento das águas residuais e do cheiro produzido, mantendo sempre o seu funcionamento. A cobertura verde da ETAR só foi construída em 2011, a cargo do atelier de arquitetura paisagística PROAP e sendo projetada pelos arquitetos Aires Mateus e Frederico Valsassina [w22].

A inspeção a esta cobertura foi realizada com o responsável da gestão e marketing da mesma. Composta por diversos canteiros constituídos por 30 espécies de vegetação diferentes, esta cobertura foi considerada a maior da Europa em extensão, é elevada, inclinada e semi-intensiva. A escolha deste tipo de cobertura recaiu não só em fatores estéticos, tentando-se prolongar as encostas verdes da região através de um efeito cromático descontínuo, mas também por fatores ambientais. Entre os fatores ambientais estão o facto de, através da vegetação da cobertura, haver uma redução da emissão de gases da estação de tratamento e a garantia do escoamento e da drenagem das águas da chuva.



a)



b)



c)



d)

Figura 3.6. Registo fotográfico: a) caso de estudo I, b) caso de estudo II, c) caso de estudo III, d) caso de estudo IV.

Os casos de estudo II, III e IV (figura 3.6 b), c) e d)) referem-se à Fundação Calouste Gulbenkian, construída no final dos anos 60 do século XX e localizada na Avenida de Berna, próximo da Praça de Espanha, em Lisboa. Numa área total de 7 hectares de parque, 17 000 m² são coberturas verdes, as quais se distribuem ao longo dos diferentes sectores (figura 3.7). Existem várias coberturas distintas,

com características e técnicas de manutenções diferentes. De modo a sintetizar a informação recolhida foram consideradas 3 coberturas principais, sobre as quais incidirá este estudo.

A primeira cobertura (**caso de estudo II**), ilustrada na figura 3.6 b), corresponde à zona de entrada, sobre o estacionamento. Encontram-se presentes várias espécies de vegetação de pequeno e grande porte, incluindo arbustos e árvores. A segunda cobertura (**caso de estudo III**), ilustrada na figura 3.6 c), encontra-se sobre o auditório principal. Não sendo acessível a pessoas, o acesso por parte das equipas de manutenção é garantido através de caminhos constituídos por pequenas lajetas de betão. De referir ainda que esta segunda cobertura, embora plana e elevada em toda a sua extensão, encontra-se dividida em 3 níveis, em sintonia com os diferentes blocos do edifício. A terceira cobertura (**caso de estudo IV**), ilustrada na figura 3.6 d), pertence ao centro de arte moderna e encontra-se ao abandono. A inspeção a todas estas coberturas foi realizada com o acompanhamento do responsável pela gestão das zonas verdes da fundação.

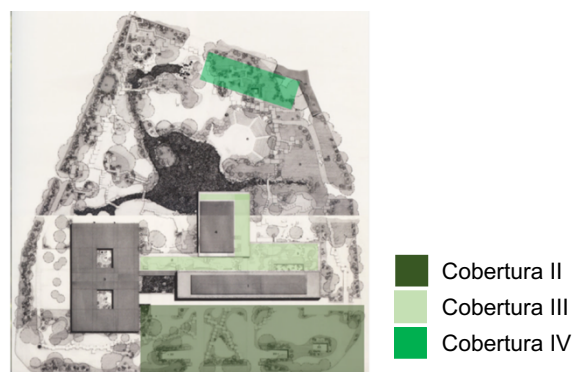


Figura 3.7. Distribuição das coberturas verdes da fundação Calouste Gulbenkian (casos de estudo II, III e IV).

A cobertura verde do edifício da Portugal Telecom (**caso de estudo V**), ilustrada na figura 3.8 a) e localizado na Avenida Fontes Pereira de Melo em Picoas, foi construída no final dos anos 70, tendo sido projetada pelo Arquiteto Paisagista Manuel Sousa da Câmara. Foi um dos primeiros jardins em cobertura no topo de um edifício em Portugal, projetada em conjunto com as zonas verdes envolventes ao edifício ao nível do solo. Apresenta-se disperso em cinco plataformas com diferentes níveis e contém mais de 20 espécies de vegetação. A inspeção da cobertura foi conduzida pelo responsável da gestão do bloco B do edifício, possibilitando o acesso aos diferentes níveis da cobertura.

O **caso de estudo VI** (figura 3.8 b)) pertence à sede da empresa MSF, localizado na rua Frederico George, Alto da Faia, em Lisboa. Este edifício, construído em 2009, é designado por *Nature Towers* tendo ganho entre muitos outros, o prémio de melhor novo edifício europeu, concedido pela Comissão Europeia. A inspeção à cobertura foi conduzida pela responsável do projeto e construção. Ambos os edifícios recolhem a água da chuva e armazenam-na para posterior utilização, aproveitam a luz solar transformando-a em energia e produzem oxigénio através de grandes superfícies verdes.

O empreendimento Soeiro Pereira Gomes (**caso de estudo VII**) encontra-se ilustrado na figura 3.8 c) e consiste num edifício de escritórios, tendo sido utilizado até recentemente como a bolsa de Lisboa. Localizado na Rua Soeiro Pereira Gomes e tendo sido construído em 1969, é conhecido por edifício Espanha. Possui uma cobertura verde nas traseiras, ao nível do segundo piso, a qual é elevada plana, intensiva, com 1550 m² de área e apenas acessível a equipas de manutenção e técnicos

especializados. A inspeção da cobertura foi possibilitada pela empresa responsável pela gestão do edifício.

O **caso de estudo VIII** (figura 3.8 d)) é o empreendimento Alto dos Moinhos, construído em 2011, o qual consiste num condomínio privado constituído por dois quarteirões de blocos habitacionais, com comércio ao nível térreo e garagens subterrâneas. Toda a área contida por ambos os blocos do empreendimento encontra-se ocupada com uma zona verde. Esta, compreendida sobre as garagens subterrâneas, consiste numa cobertura verde térrea inclinada, acessível ao público, apresentando ao longo de toda a sua extensão diversos caminhos de acesso.

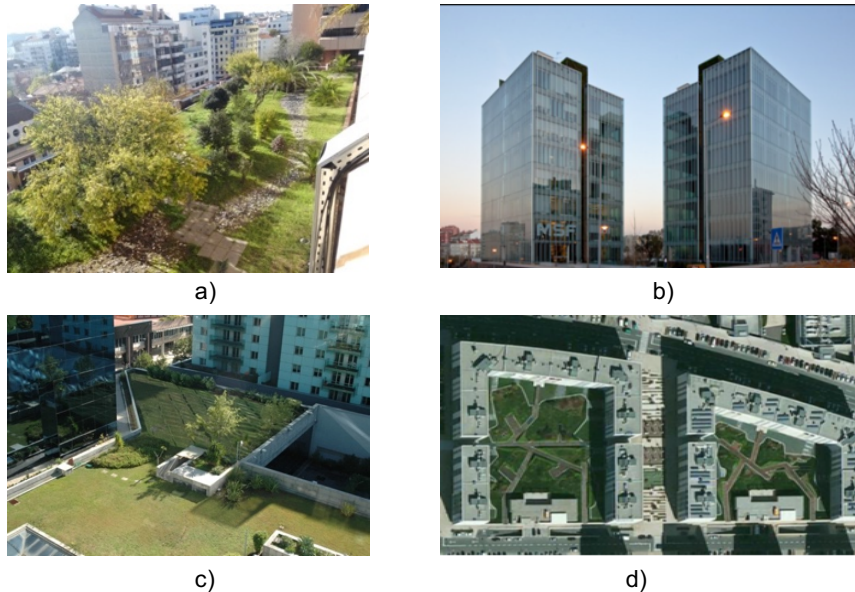


Figura 3.8. a) registo fotográfico do caso de estudo V, b) registo fotográfico do caso de VI, c) registo fotográfico do caso de VII, d) caso de estudo VIII [w₆].

Em 2008 foi construído um empreendimento localizado na Rua Frei Joaquim Santa Rosa Viterbo designado por Mais Campo Grande (figura 3.9 a)), destinado a habitação (**caso de estudo IX**). O edifício encontra-se num patamar elevado relativamente ao Pingo Doce Galhardas. A cobertura verde é acessível apenas aos utilizadores do condomínio, é elevada e plana, do tipo intensiva, apresentando diversas espécies de vegetação de pequeno, médio e grande porte. O objetivo do projeto arquitetónico desta cobertura, o qual foi da responsabilidade das Arquitetas Cristina Vasconcelos e Elsa Calhau, foi aproveitar a zona sobre o Pingo Doce como uma mais valia para o condomínio, garantindo a continuidade com a vegetação presente na cidade universitária. A inspeção da cobertura foi possibilitada pelo responsável de vendas do empreendimento.

O **caso de estudo X** (figura 3.9 b)) refere-se ao Centro Cultural de Belém (CCB), construído em 1988, tendo o projeto de arquitetura sido da responsabilidade dos Arquitetos Vittorio Gregotti e Manuel Salgado. As coberturas verdes intensivas elevadas inclinadas do Centro Cultural de Belém foram construídas em 1990, com uma área de aproximadamente 5700 m². O jardim funciona como cobertura dos estacionamento do CCB, sendo acessível a qualquer pessoa, com ligação aos arruamentos envolventes.

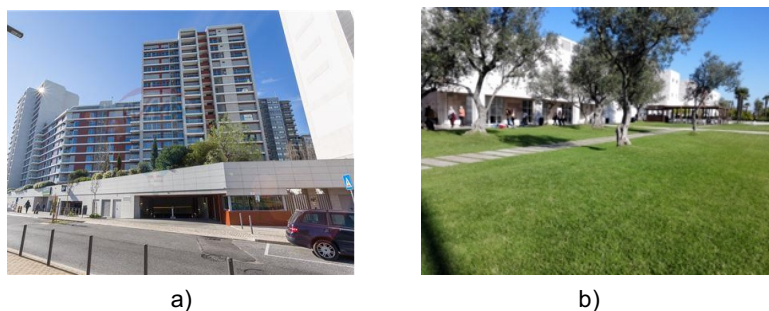


Figura 3.9. Registos fotográficos: a) caso de estudo IX, b) caso de estudo X.

3.4.4 Sistemas construtivos

Verificou-se que em muitos casos a informação relativa aos elementos construtivos e a constituição da cobertura se encontra em falta. Não foi possível, por exemplo, encontrar qualquer descrição dos sistemas construtivos dos casos de estudo II e IV. Não existe uma grande preocupação por parte dos proprietários em manter este tipo de informação, a qual poderá ser importante para garantir o correto funcionamento da cobertura em serviço.

Na figura 3.10 encontram-se ilustrados resumidamente os sistemas construtivos das várias coberturas que compõem a amostra. De modo a facilitar a leitura e perceção de como estão dispostos os vários elementos constituintes, optou-se pela representação esquemática do corte das coberturas, com todas as camadas e elementos respetivamente legendados.

Os sistemas aplicados nas coberturas consideradas são, em geral, atuais e correntes. A ordem em que os vários elementos estão dispostos varia consoante a solução construtiva implementada. 20% dos casos de estudo apresentam uma camada de isolamento térmico instalada. Relativamente à membrana de impermeabilização, em apenas 10% dos casos apresenta características anti-raízes. Nos casos em que a membrana não tem estas características verifica-se a presença de camadas anti-raízes, proteções da impermeabilização e/ou filtros. Apenas os **casos III e V** contêm membranas de impermeabilização sem características anti-raízes e sem qualquer outra proteção. O caso de estudo VIII apresenta uma camada de enchimento constituída por blocos de alvenaria, ao longo da camada drenante. Os **casos I, VII e IX** apresentam igualmente uma camada de enchimento, mas em EPS. Relativamente ao substrato, em 90% dos casos verifica-se a presença de substrato técnico.

A **cobertura I** (figura 3.11) apresenta uma espessura entre 30 a 50 cm. Na figura 3.11 a) encontra-se ilustrada a fase de construção, em 2011. O suporte da cobertura consiste numa laje inclinada de betão armado. Sobre o suporte encontra-se uma membrana de impermeabilização, uma tela anti-raízes, uma camada de drenagem, uma camada de enchimento em EPS, uma camada de solo e, por fim, a camada vegetal. Quanto à camada drenante, recorreu-se à utilização de argila expandida (espessura de aproximadamente 25 cm) permitindo não só reduzir tensões no terreno e tensões de impulsos, como garantir ainda isolamento em instalações técnicas enterradas, apresentando elevada capacidade drenante.

Entre as áreas delimitadas com vegetação encontram-se caminhos de acesso constituídos por gravilha de pedra preta sob uma manta drenante que facilita a absorção de águas e drenagem. De referir ainda

que foi escolhido um solo pouco argiloso de modo a dificultar possíveis deslizamentos e apresentando menos peso sobre a cobertura. Quanto à vegetação utilizada, esta apresenta grande diversidade, sendo dividida por áreas delimitadas consoante a cor e densidade.

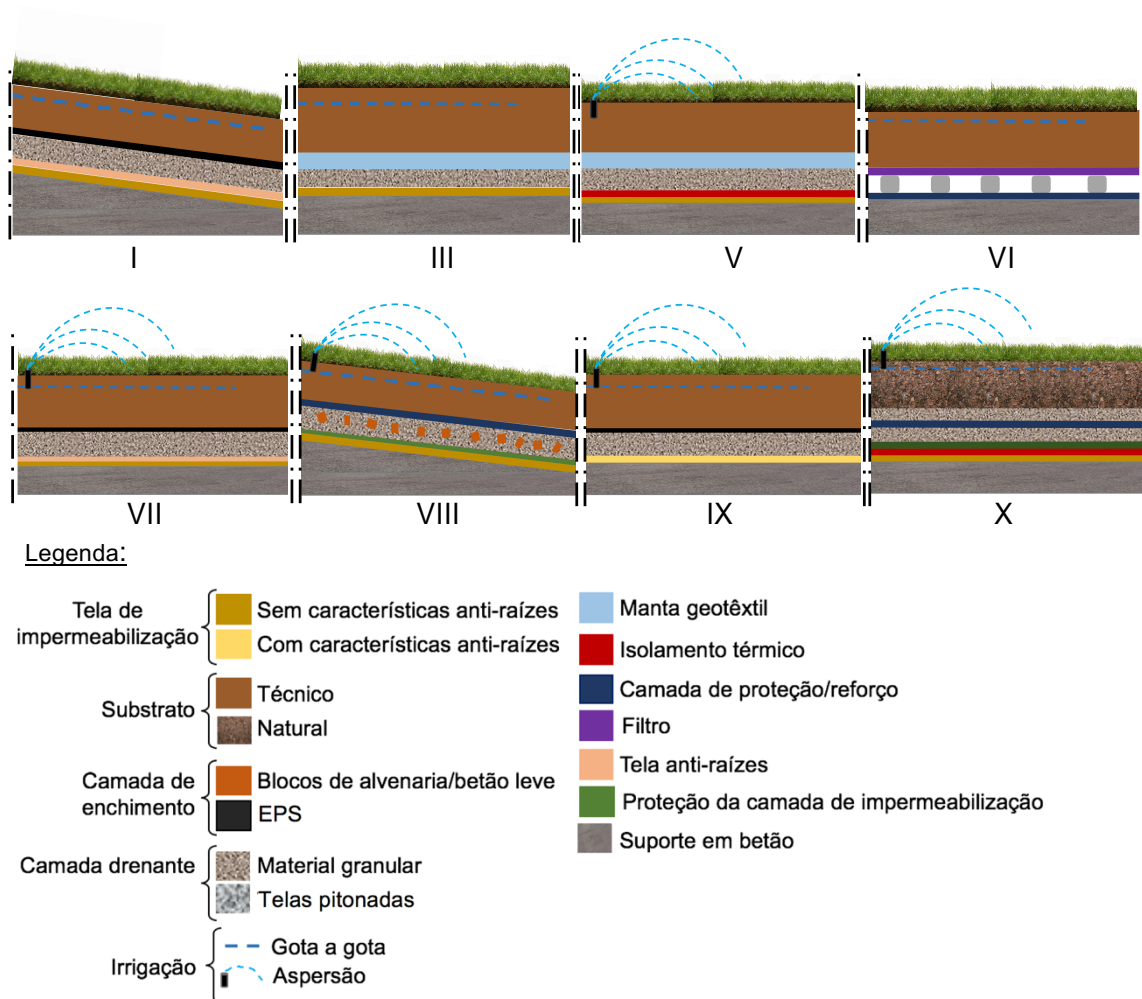


Figura 3.10. Cortes esquemáticos das coberturas que compõem a amostra.

Ao longo da cobertura não são visíveis caleiras nem ralos. Estes encontram-se ao nível da camada drenante e são acessíveis através de pequenos buracos tapados com uma grelha, como ilustra a figura 3.11 b) e c). Relativamente à irrigação da cobertura, esta é feita através de sistemas de aspersão e gota a gota. Não se verifica reutilização da água drenada na cobertura. No entanto, toda a rega é executada com recurso a águas tratadas de estação.

Devido à dimensão da cobertura torna-se impossível a colocação de vegetação de grande porte. Existem mais de 30 espécies distribuídas pela cobertura criando o efeito visual pretendido pelo projeto de arquitetura paisagística. De referir ainda que houve a intenção de criar zonas na cobertura destinadas a cultura de alimentos. O facto de a cobertura ser regada com água reutilizada da ETAR impediu a criação de hortas, visto estas não cumprirem a legislação existente sobre produção de alimentos regados com águas reutilizáveis. Na figura 3.11 e) encontra-se a zona que era destinada a cultura de alimentos.

Não foram considerados quaisquer afastamentos da vegetação e substrato aos limites perimetrais ou elementos emergentes. Por opção arquitetónica, não foram previstos elementos construtivos como platibandas ou vedações. Para minimizar o perigo de queda, em particular nas áreas de cobertura mais inclinadas, foram aplicadas linhas de vida nas laterais mais elevadas, para utilização de cabos e arnês.

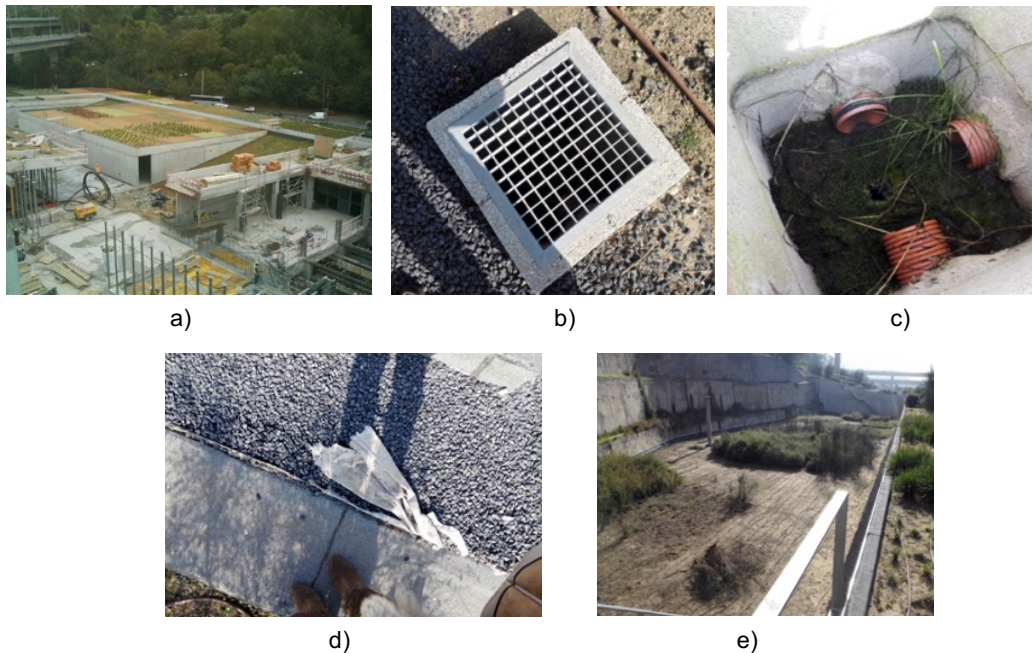


Figura 3.11. Registo fotográfico da cobertura I: a) fase de construção, b) e c) acesso aos ralos e tubos de drenagem, d) caminhos de acesso, e) zona destinada à criação de hortas.

As **coberturas II, III e IV** possuem como suporte uma laje de betão armado com espessura de 30 cm. Não foi possível encontrar mais informação sobre os **casos II e IV**. Relativamente à **cobertura III**, sobre o suporte assenta uma camada de serapilheira com uma espessura de aproximadamente 5 cm (não se encontra representada na figura 3.10). A camada drenante tem 10 cm de espessura e é constituída por brita. Esta camada garante a drenagem das águas das chuvas. Segue-se uma camada de geotêxtil com espessura de 5 cm, a qual permite filtrar e reter as impurezas arrastadas pela água, garantindo assim que a água chega limpa aos drenos. De referir que nenhuma das coberturas II, III e IV contém na sua constituição proteções anti-raízes ou camadas de isolante térmico.

O substrato apresenta uma espessura de aproximadamente 25 cm, o que faz com que as coberturas verdes perfaçam na sua totalidade uma espessura de aproximadamente 75 cm, incluindo o suporte. A vegetação existente nas **coberturas II e III** é, na sua maioria, relva com sensivelmente 8 cm de altura. Estão presentes ainda diversas espécies como sendo herbáceas, cespitosas, suculentas e subarbustos. A cobertura II detém um substrato de maior grossura (aproximadamente 35 cm). Este substrato permite suportar vegetação de maior porte como árvores e arbustos. A laje de suporte é mais espessa, visto que esta cobertura é acessível não só a pessoas como também a veículos.

Finalmente, em todas as coberturas estão presentes sistemas de drenagem à vista (caleiras e ralos) e não à vista. Estes últimos encontram-se na sua maioria nas juntas do suporte, sob lajetas de betão (figura 3.12 a), b) e d)). As lajetas de betão não só protegem os sistemas de drenagem, impedindo a penetração de detritos, como ainda funcionam como caminhos de acesso aos diferentes pontos da

cobertura. Junto aos elementos verticais verifica-se a existência de brita (figura 3.12 c)), de modo a facilitar a absorção e drenagem das águas.

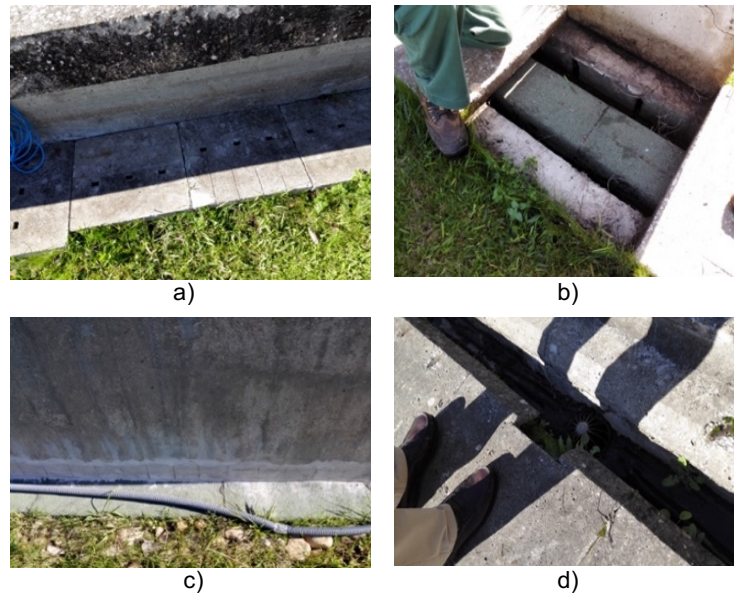


Figura 3.12. Registo fotográfico das coberturas II, III e IV: a) lajetas de betão sobre os sistemas de drenagem, b) sistema de drenagem nas juntas de suporte, c) brita ao longo dos elementos emergentes, d) caldeira e ralos.

Sendo o **caso V** destinado à inclusão de diferentes equipamentos de telecomunicação, houve uma preocupação acrescida no que se refere à impermeabilização da cobertura. Nesse sentido, verificou-se um esforço conjunto entre a arquitetura e engenharia de forma a apresentar as melhores soluções técnicas ao nível da impermeabilização.

O suporte de betão armado tem uma espessura de 10 cm, sobre a qual assenta uma camada de forma com 12 cm, a qual funciona igualmente como camada de impermeabilização. Para que esta impermeabilização fosse o mais segura possível foram colocadas várias camadas, em telas de PVC, em cima da laje. O isolamento térmico encontra-se sob a camada drenante de argila expandida com 20 cm de espessura e uma manta geotêxtil não tecida. Finalmente, o substrato constituído por terra vegetal tem uma espessura entre 30 a 40 cm.

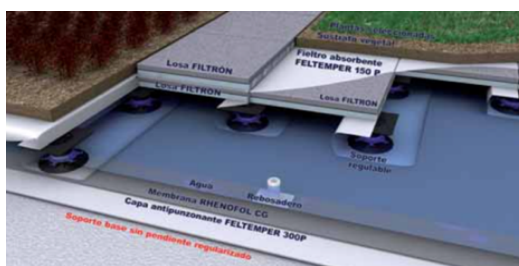
Existem diversas bacias de retenção ao longo da cobertura, as quais fazem parte do sistema de drenagem, permitindo não só o armazenamento de volumes consideráveis de água, contribuindo para um melhor funcionamento global do sistema, como ainda garantem a condução das águas para as caldeiras (muretes) que fazem a delimitação destes terraços e permitem que se circule a toda a sua volta. Estas bacias de retenção são compostas por linhas de calhaus rolados os quais assentam numa camada de areia. A presença destas bacias juntamente com a própria modelação do terreno faz com que a camada de terra vegetal varie de espessura. Esta diferença topográfica coopera no controlo do escoamento das águas da chuva, retardando-o e diminui também a evapotranspiração ao criar uma zona de cotas mais baixas e protegidas pela vegetação. A água é então conduzida através da camada drenante até às caldeiras presentes nas periferias das coberturas (figura 3.13 b)). Ao longo dos diferentes níveis de cobertura estão presentes caminhos de acesso para as equipas de manutenção, os quais são constituídos por lajetas de betão.

Ao longo das coberturas encontram-se diferentes espécies de plantas utilizadas, algumas pertencentes à flora portuguesa (*Olea europaea var. Sylvestris*, *Viburnum Tinus* e *Tamarix africana*). Atualmente algumas delas já desapareceram, tendo sido cortadas ao atingirem grandes dimensões ou tendo morrido por falta de manutenção adequadas.



a)

b)



c)



d)

Figura 3.13. a) e b) Registo fotográfico da cobertura V, c) e d) Esquema dos elementos constituintes da cobertura VI disponibilizados pela arquiteta responsável (arquivos de obra).

O **caso de estudo VI** consiste num sistema de cobertura invertida transitável, solução designada por “Sistema TF Ecológico Aljibe”. Este tipo de cobertura consiste num conjunto de camadas e elementos, os quais se dispõem sobre a laje de suporte diretamente.

O suporte de betão armado tem uma espessura de 15 cm, sobre o qual assenta uma camada separadora sintética. Sobre esta assenta uma capa anti-punçamento e, seguidamente, uma membrana com funções não apenas de impermeabilização como também anti-raízes.

A cobertura tem a capacidade de recolher e armazenar as águas pluviais através de uma reserva no seu interior. Esta encontra-se representada na figura 3.13 c) e d), consistindo num espaçamento entre camadas onde se instalaram suportes reguláveis em altura, em função da quantidade de água que se pretende armazenar. Uma válvula instalada com um sensor é ativada sempre que o espaçamento se encontrar cheio, encaminhando a água para um reservatório fora da cobertura. Esta água recolhida é utilizada para irrigação das restantes zonas verdes do edifício e, se necessário, irrigação da própria cobertura. A parte superior da zona de recolha de água consiste numa laje de isolamento e drenagem assentando diretamente nos suportes, sobre a qual se encontra um feltro sintético em contacto com a água recolhida pelo sistema de armazenamento, permitindo conduzir a água à vegetação através de capilaridade.

O substrato é constituído por terra vegetal e apresenta uma espessura entre 7 a 10 cm, apresentando excelentes características de isolamento térmico. Esta solução está desenhada de modo a manter a vegetação e cobertura em boas condições sem requerer muita manutenção.

Relativamente à vegetação presente na cobertura, esta consiste praticamente em subarbustos, herbáceas e árvores de pequeno porte. De referir ainda que a cobertura é uma zona relativamente ventosa e protegida por muretes perimetrais com cerca de 150 cm de altura.

No **caso de estudo VII** encontram-se instaladas caleiras ao longo de todo o perímetro da cobertura (figura 3.14 a)). O sistema de rega é composto na sua maioria por aspersores, irrigando-se gota a gota apenas os locais onde se encontram plantados os arbustos e árvores (zonas perimetrais e canteiros).

Localizada entre edifícios, a cobertura está relativamente protegida do vento, não se verificando quaisquer ancoragens na vegetação. A cobertura não apresenta grande incidência solar direta durante o dia, a qual é garantida muitas vezes indiretamente pela reflexão proporcionada pela fachada de vidro. Não se verificam afastamentos entre a vegetação e os elementos verticais. O caminho de acesso composto por lajetas de betão (figura 3.14 b)) não permite a comunicação com as várias zonas da cobertura.

De modo a garantir que a **cobertura verde VIII** fosse adaptada à modelação do terreno recorreu-se à aplicação de uma camada de forma constituída por betão leve, alvenarias e uma camada de reforço de betonilha. Sobre a camada de forma foi colocada uma camada impermeabilizante com características anti-raízes. Posteriormente, foi colocada uma camada drenante, constituída por material granular e uma camada filtrante. Finalmente foi colocada a camada de substrato técnico e a vegetação.

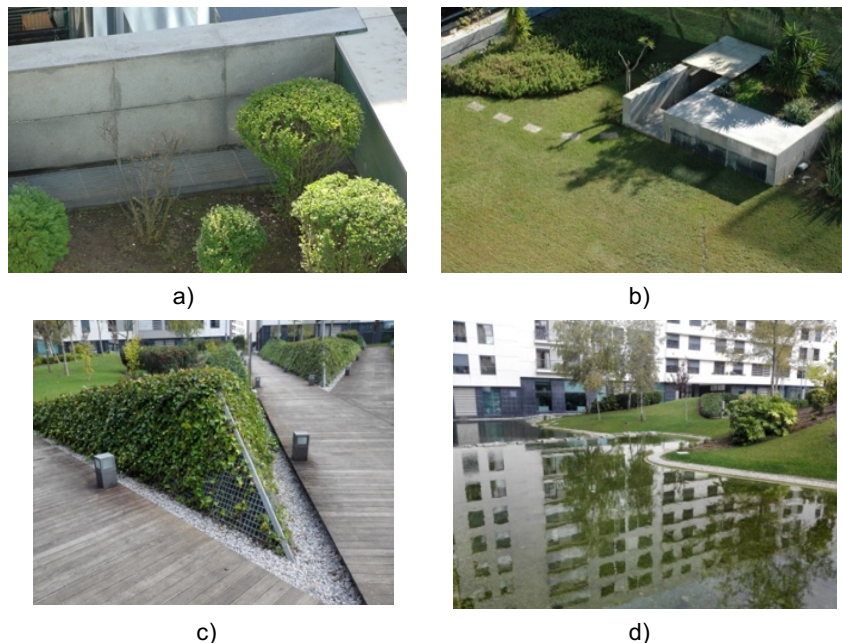


Figura 3.14. Registo fotográfico das coberturas VII e VIII. a) caleiras ao longo da cobertura VII, b) caminhos pedonais na cobertura VII, c) caminhos pedonais da cobertura VIII, d) lagos na cobertura VIII.

Foi construído um lago artificial na cota mais baixa com cascatas incorporadas o qual confere um aspeto natural ao jardim (figura 3.14 d)). O sistema de drenagem tira partido da presença destes lagos. A água é encaminhada através da camada drenante ou por gravidade para os lagos. Não se verificou nenhum

sistema de recolha de águas superficial, como sendo caleiras. De referir que a inclinação da cobertura tem um papel fundamental na drenagem de águas. A irrigação é realizada gota a gota e com recurso a aspersores. Existem ainda caminhos de acesso ao longo da cobertura, os quais são constituídos por deck (figura 3.14 c)). Verifica-se ainda um afastamento de 30 cm entre a vegetação e os caminhos pedonais, os quais são preenchidos com o mesmo granulado de pedra branca presente nos lagos. Este afastamento é respeitado ao longo de todo o jardim.

Sobre o suporte em betão armado do **caso de estudo IX** encontra-se uma membrana de impermeabilização com características anti-raízes, sobre a qual assenta a camada drenante. A camada drenante existente é constituída por material granular e apresenta uma espessura de aproximadamente 20 cm, permitindo a recolha e encaminhamento da água na cobertura para os sistemas de drenagem. Seguidamente, encontra-se instalada uma camada filtrante constituída por uma tela de fibras poliméricas, sobre a qual assenta uma camada de substrato orgânico com uma espessura de 20 cm. Diferentes espécies de vegetação encontram-se distribuídas ao longo da cobertura, podendo-se encontrar *Cespitosas*, *Herbáceas*, *Gramíneas*, *Perenes*, árvores, arbustos, relva, entre outras. Visto tratar-se de uma zona relativamente ventosa, muita da vegetação de grande porte encontra-se ancorada (figura 3.15 a)).

De modo a tornar a camada drenante acessível, para eventuais reparos ou trabalhos de manutenção, encontram-se ao longo da cobertura diversas grelhas, ilustradas na figura 3.15 c)). Não foram observadas quaisquer caleiras ou sistemas de recolha de água à superfície da cobertura. Existem caminhos pedonais revestidos com pedra, algumas zonas revestidas com deck e ainda um local de acesso a um parque infantil revestido com uma laje de betonilha.

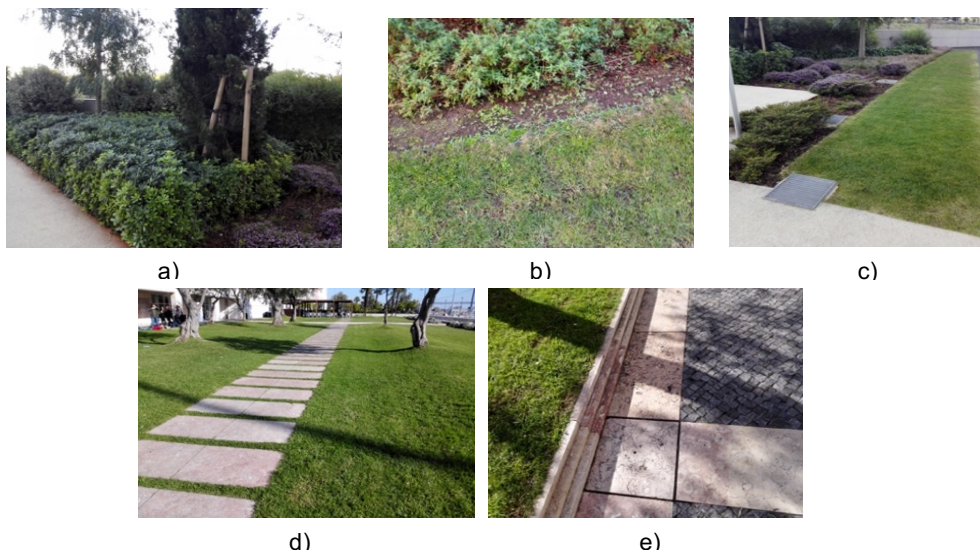


Figura 3.15. Registo fotográfico dos casos de estudo IX e X. a) vegetação ancorada na cobertura IX, b) painel alveolar em Polietileno de alta densidade na cobertura IX, c) acesso à camada drenante da cobertura IX, d) caminhos pedonais na cobertura X, e) caleiras perimetrais da cobertura X com revestimento em pedra.

Ao longo de toda a cobertura não foram respeitados os afastamentos mínimos entre a vegetação e elementos emergentes ou entre a vegetação e caminhos pedonais. Existe apenas um muro perimetral com uma altura superior a 20 cm o qual garante a privacidade da cobertura.

A **cobertura X** ilustrada na figura 3.15 d) e e) apresenta como suporte uma laje de betão armado com uma espessura de aproximadamente 20 cm, no qual assenta uma camada de forma, permitindo que a cobertura acompanhe a modelação do terreno. Sobre esta encontra-se uma camada de impermeabilização constituída por betume modificado, apresentando na face superior um filme de polietileno laminado anti-raízes. O isolamento térmico é constituído por lã de rocha. No centro da camada drenante encontra-se aplicada betonilha armada com uma espessura de 5 cm, com argila expandida solta, a qual desempenhará funções de proteção anti-raízes.

Existem diversas espécies de vegetação ao longo da cobertura, como sendo oliveiras, palmeiras, arbustos e, principalmente, relva. Visto se tratar de uma cobertura pública, acessível a qualquer pessoa, existem diversos caminhos de acesso. Ao longo da relva existem caminhos constituídos por lajetas de pedra (figura 3.15 e)). No perímetro da cobertura estão presentes revestimentos cerâmicos (revestimento de pedra ilustrado na figura 3.15 d)). Estes consistem nas caleiras perimetrais de recolha de água. A camada drenante encaminha a água para as caleiras perimetrais as quais se encontram vedadas com lajetas de pedra.

De referir ainda que em toda a cobertura não são respeitados os afastamentos mínimos entre a vegetação e os pontos singulares, referidos no capítulo dois.

Interessa então perceber se os requisitos e cuidados descritos no capítulo 2 são cumpridos nos casos de estudo que compõem a amostra. Para isso foi criada a tabela 3.2, referindo as principais condições que deverão ser cumpridas e se estas são efetivamente respeitadas (na sua totalidade ou parcialmente) de acordo com NTJ 11C (2012).

Através da análise da tabela 3.2 é possível observar que, em termos de sistema construtivo, a maioria dos requisitos considerados são satisfeitos. No que se refere aos afastamentos mínimos aconselhados em pontos singulares, estes não são respeitados na maioria dos casos de estudo.

De uma forma geral foram previstos caminhos pedonais nas coberturas, permitindo o acesso por parte de equipas de manutenção e técnicos especializados. Os casos em que não se verifica a existência de caminhos de acesso referem-se em geral a coberturas com zonas próprias para circulação de pessoas, sendo ignorada a necessidade de acesso à camada de vegetação por parte de equipas de manutenção.

A relação entre a quantidade de acessos e a área da cobertura é, em geral, suficiente. Esta relação influencia diretamente a facilidade de manutenção e intervenções na cobertura. O caso de estudo I (ETAR de Alcântara) é um exemplo de uma cobertura de grandes dimensões sem caminhos de acesso previstos, dificultando consideravelmente o acesso aos diferentes elementos fonte de manutenção. O mesmo se verifica no caso de estudo V (edifício da PT), a qual mesmo sendo não acessível a pessoas deveria garantir caminhos de acesso suficientes, considerando a sua dimensão.

É possível concluir-se que em termos de constituição das coberturas, os requisitos abordados no capítulo dois são, em geral, satisfeitos. Por outro lado, verifica-se uma preocupação insuficiente em satisfazer os requisitos que garantem uma posterior manutenção fácil e adequada, no que se refere a acessos às diferentes zonas da cobertura.

Tabela 3.2. Verificação do cumprimento de alguns requisitos (descritos no capítulo dois) nos casos de estudo considerados.

Casos de estudo		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Camadas constituintes	Camada de impermeabilização	▶	?	▶	?	▶	✖	▶	▶	▶	▶
	Proteção anti-raízes	▶	?	▼	?	▼	✖	▶	▶	▶	▶
	Proteção da impermeabilização	▼	?	▶	?	▶	✖	▶	▶	▼	▶
	Camada drenante	▶	?	▶	?	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Camada filtrante	▶	?	▶	?	▶	▶	▼	▶	?	✖
	Substrato técnico ou terra vegetal	▶	?	▶	?	▶	▶	▶	▶	▶	▼
Sistema de drenagem	Presença de pelo menos um tubo de queda e um tubo ladrão	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Caixas de visita	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
Sistema de irrigação	Pelo menos um ponto de água	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Sistema de rega previsto	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
Pontos singulares	Afastamento mínimo de 15-30 cm dos perímetros	▼	▼	▼	▼	▶	▶	▼	▼	▼	▼
	Afastamento mínimo de 15 cm dos elementos emergentes	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
	Afastamento mínimo de 15 cm das caixas de visita	▼	▼	▼	▼	▶	▶	▼	▼	▼	▼
	Elevações mínimas das telas nos perímetros e pontos singulares	▼	▼	▼	▼	▶	▶	▼	▼	▼	✖
Acessibilidade	Percursos para manutenção	▶	▼	▶	▶	▲	▶	▲	▶	▼	▲
	Acessos (escadas, elevadores, rampas...)	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Relação número de acessos/área da cobertura	▼	▶	▼	▼	▼	▶	▼	▶	▶	▶
Proteção a acidentes (coberturas acima de 3 m)	Linha de vida para arnês	▲	✖	▼	▼	▼	▼	▼	✖	▼	▼
	Platibandas ou vedações	▼	✖	▲	▲	▲	▶	▶	✖	▶	▼
	Afastamento de 2m ao limite da cobertura	▼	✖	▼	▼	▼	▶	▼	✖	▼	▶

Legenda:			
Cumprimento total	▶	Não cumprimento	▼
Cumprimento parcial	▲	Não se aplica	✖
		Desconhecido	?

3.5 Conclusões do capítulo

Para o desenvolvimento de um plano de manutenção para coberturas verdes em clima mediterrânico considerou-se indispensável a análise de casos práticos. Foram apresentadas neste capítulo as características gerais das diferentes coberturas verdes inspeccionadas e os respetivos sistemas construtivos, verificando-se que a maioria dos requisitos discutidos no capítulo 2 são satisfeitos.

Conhecidas as características das coberturas inspeccionadas interessa analisar as anomalias presentes, as respetivas causas e as técnicas de manutenção executadas, de modo a perceber quais as ações de manutenção que devem ser realizadas e com que frequência, permitindo desenvolver um plano de manutenção que garanta o correto desempenho das coberturas verdes em serviço.

4 Discussão de resultados e proposta de manutenção

4.1 Considerações iniciais

Como referido, a manutenção requerida depende de vários fatores como sendo o tipo de cobertura verde, o ambiente envolvente, a acessibilidade, entre outros. Para a realização de uma proposta de manutenção teve-se em consideração o estudo desenvolvido por COELHO (2014). De referir que os casos de estudo I, VIII e X, inspecionados nesta dissertação, foram também inspecionados por COELHO (2014), sendo, no entanto, o tipo de informação recolhida distinto. Considerou-se ainda a proposta de um plano de manutenção desenvolvido em SILVA et al. (2015), mais uma vez como elemento de comparação. Ambos os estudos serviram como apoio ao desenvolvimento do plano de manutenção proposto neste capítulo, permitindo discutir as suas diferenças e semelhanças.

4.2 Anomalias e causas prováveis

Relativamente a anomalias presentes, foi possível recolher informação referentes a elementos superficiais, como entupimentos das caleiras, vegetação morta/seca, anomalias nos elementos emergentes entre outros. Não foi possível observar anomalias nas camadas interiores da cobertura, por não ter sido possível aceder às mesmas. Assim, apenas se elaboram suposições sobre as eventuais anomalias que poderão existir nestes elementos, com base em informação disponibilizada pelos responsáveis do edifício e tendo em conta problemas verificados no suporte anteriores às visitas (infiltrações, fissuras, descasque da pintura, entre outros). A tabela 4.1 descreve as diversas anomalias detetadas no suporte, na camada de substrato, na camada de vegetação, nos sistemas de drenagem e sistemas de remate.

Não são referidas anomalias nas camadas de impermeabilização, camadas anti-raízes, de proteção da impermeabilização, camadas drenantes, de retenção e filtrantes, tratando-se de elementos não acessíveis, os quais não foram possíveis analisar visualmente.

Durante a inspeção à cobertura I, o responsável pela gestão da cobertura referiu que, quando se verificam grandes períodos de precipitação, dão-se acumulações de água nos níveis mais baixos da cobertura inclinada. Estes encharcamentos poderão justificar a morte da vegetação em alguns locais (figura 4.1 c)) e levar ao entupimento dos sistemas de drenagem.

Foram detetadas manchas de humidade no suporte, como indica a figura 4.1 a), sendo que ocorreu uma infiltração no local com causa aparentemente desconhecida. Os ralos de drenagem encontram-se com vegetação, a qual poderá dificultar ou mesmo impedir a drenagem das águas pluviais.

Como ilustra a figura 4.1 b), a presença de vegetação nas caixas de visita poderá ter sido causada por uma manutenção insuficiente.

A inexistência de elementos perimetrais a delimitar os caminhos de acesso juntamente com o facto de estes serem constituídos por gravilha de pedra preta solta leva a que se verifiquem arrastamentos e erosão dos mesmos, como pode ser observado na figura 4.1 d).

Tabela 4.1. Anomalias detetadas nos casos de estudo considerados.

Casos de estudo		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Suporte	Fendilhação / Fissuração			▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Deformação			▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Esmagamentos localizados			▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Desagregações			▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Corrosão			▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Falta de resistência, contraventamento ou rigidez			▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Manchas de humidade	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Colapso			▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Infiltrações			▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Sistema de drenagem	Equipamento dos ralos obstruído	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
Sujidade e acumulação de detritos		▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
Fissuração das caleiras metálicas					▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
Rotura das juntas entre caleiras							▶	▶	▶	▶	▶
Perfuração					▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
Corrosão			▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
Acumulação de água em tubos de queda e caleiras		▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
Substrato	Encharcamento		▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Deslizamento e erosão	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Contração / retração excessiva				▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Compactação										
Camada de vegetação	Vegetação seca	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Vegetação infestante	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Lesões, congelamento e morte da vegetação	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
	Queda da vegetação				▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶

Legenda:

- ▶ Anomalia detetada
- ▶ Não acessível

A cobertura IV apresentava um estado de degradação considerável, apresentando anomalias em praticamente todos os elementos construtivos inspecionados. Este estado de degradação advém do facto da cobertura se encontrar praticamente abandonada, sem qualquer tipo de manutenção. No suporte, verificou-se a presença de manchas de escorrência e destacamento da pintura nas zonas perto das gárgulas, (figura 4.2 c) e d)), as quais têm como função drenar a água.

Os sistemas de drenagem encontravam-se degradados, com os elementos de betão fissurados e partidos (figura 4.3 a)). As caleiras e ralos apresentavam-se entupidos e com vegetação seca depositada.

O sistema de drenagem da cobertura II contém um conjunto de caleiras as quais se prolongam em comprimento ao longo da inclinação da cobertura e se encontravam relativamente limpas e desentupidas, com alguns encharcamentos nos locais de cota mais baixa.

Nas periferias da cobertura III verificou-se a presença de vegetação infestante ao longo da camada de brita (figura 4.2 a)), o que poderá indicar que a manutenção no local poderá ser insuficiente/incorrecta ou a irrigação poderá ser excessiva nestas zonas. Muitas das lajetas de betão que perfazem os caminhos de acesso apresentavam fissuras (figura 4.2 b)), sendo a causa mais provável a existência de tensões causadas por variações térmicas ou cargas acentuadas.

O responsável pela manutenção da cobertura referiu a ocorrência de infiltrações no interior do auditório (cobertura III), as quais foram associadas à incorreta execução dos remates da cobertura com os

elementos verticais e a proximidade entre estes e o sistema de drenagem. Interveio-se nestes elementos através da colocação de uma membrana de impermeabilização no interior da caleira e execução de remates verticais com proteção dos bordos respetivos.

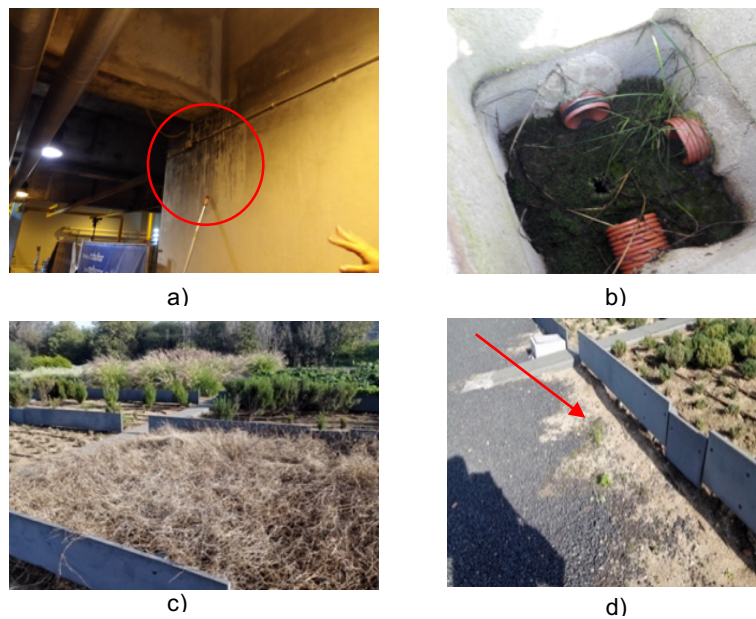


Figura 4.1. Registo fotográfico do caso de estudo I, a) manchas no suporte, b) vegetação no sistema de drenagem, c) vegetação morta, d) arrastamento de gravilha por vegetação insuficiente.

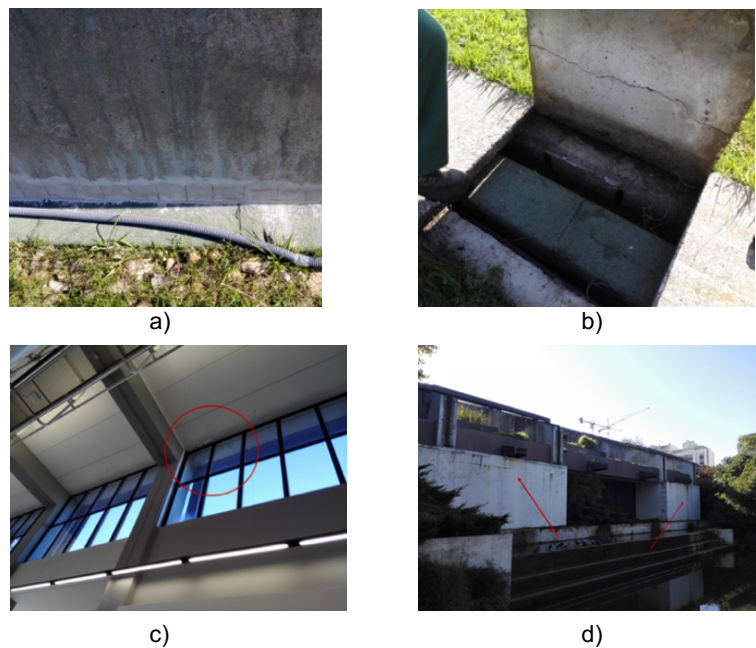


Figura 4.2. Registo fotográfico dos casos de estudo II, III e IV, a) correção dos remates verticais da cobertura III, b) lajetas de betão da cobertura III fissuradas, c) destacamento da pintura na cobertura IV devido à presença de humidade, d) manchas de escorrência próximo das gárgulas de drenagem no caso de estudo IV.

A cobertura IV encontrava-se ao abandono, apresentando um elevado estado de degradação. O suporte apresentava várias fissuras e manchas de humidade, causadas por infiltrações e acumulações de água na cobertura. Os muros perimetrais da cobertura apresentavam igualmente fissuras e manchas de escorrimento. Os sistemas de recolha de água encontravam-se entupidos, com acumulação de

detritos e água, como ilustram as figuras 4.3 a) e b). Através de uma inspeção visual à cobertura é fácil perceber que nesta não se têm executados quaisquer ações de manutenção.

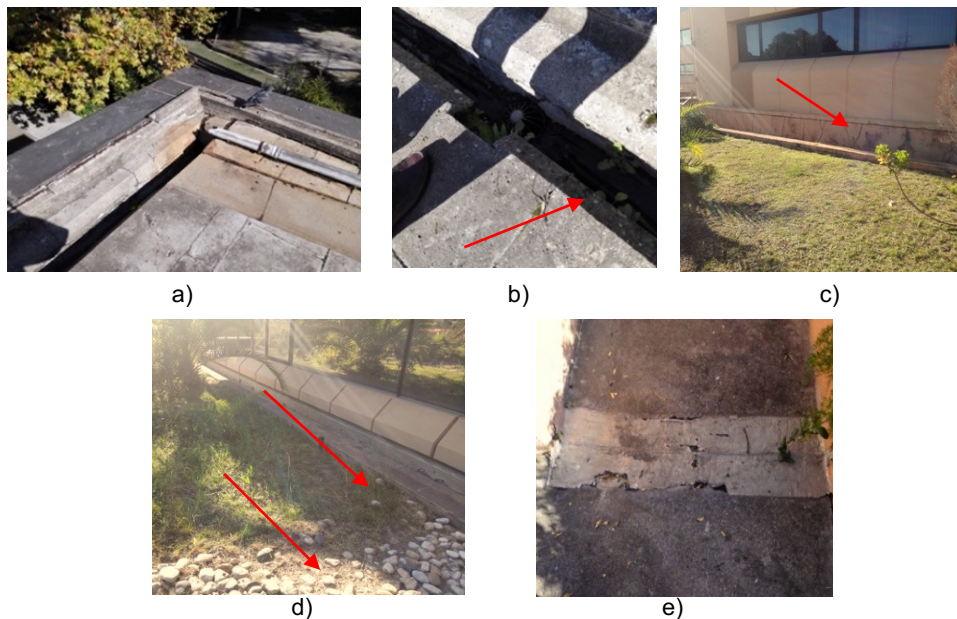


Figura 4.3. Registo fotográfico dos casos de estudo III e V, a) elementos do sistema de drenagem da cobertura III danificados, b) presença de vegetação infestante nas caleiras da cobertura III, c) fissuras dos elementos verticais da cobertura V, d) perfurações da membrana impermeabilizante e erosão das bacias de retenção da cobertura V, e) rasgos e perfurações da membrana de impermeabilização da cobertura V.

Relativamente à cobertura V, esta apresentava um estado de degradação relativamente avançado. Os elementos emergentes encontravam-se na sua maioria fissurados e com descasque de tintas. Muitos dos seus remates apresentavam membranas impermeáveis rasgadas e perfuradas (figuras 4.3 c), d), e e)). Estas anomalias são atribuídas ao facto de que a manutenção implementada ser quase inexistente e do próprio edifício ter uma idade considerável. As bacias de retenção ilustradas na figura 4.3 d) encontravam-se com carência de calhaus rolados sendo que os existentes se encontravam dispersos.

Os sistemas de drenagem apresentavam-se entupidos e com deposição de detritos/lixo. A falta de manutenção é a causa mais provável visto não haver qualquer previsão da limpeza destes sistemas. Praticamente todos os ralos se encontravam obstruídos por vegetação morta ou mesmo lixo, existindo ainda acumulação de águas ao longo de varias zonas nas caleiras (figura 4.4 b)).

Verificaram-se ainda numerosas zonas com vegetação seca e morta (figura 4.4 a)). A relva apresentava zonas em que se encontrava seca, o que sugere não só falta de manutenção como também irrigação insuficiente. A vegetação infestante é um fator comum aos diferentes níveis da cobertura, sendo consequência de manutenção insuficiente. Finalmente, de referir que em muitas zonas de acesso o pavimento de betão se encontrava fissurado e com vegetação infestante (figura 4.4 c)). Estas anomalias poderão estar relacionadas com possíveis tensões instaladas nestes elementos causadas por variações de temperatura.

Semanas antes à inspeção realizada à cobertura VI ocorreu uma avaria da válvula de recolha de água, o que impediu a irrigação da cobertura. Esta situação levou à secagem e morte da vegetação presente

(figura 4.4 d) e e)). As equipas de jardinagem acedem à cobertura uma vez por mês, o que justifica o facto de a válvula só ter sido substituída algum tempo após a ocorrência da anomalia. Muitos dos elementos verticais como sendo canteiros altos e mobiliário encontravam-se derramados devido não só ao vento incidente como à manutenção insuficiente.

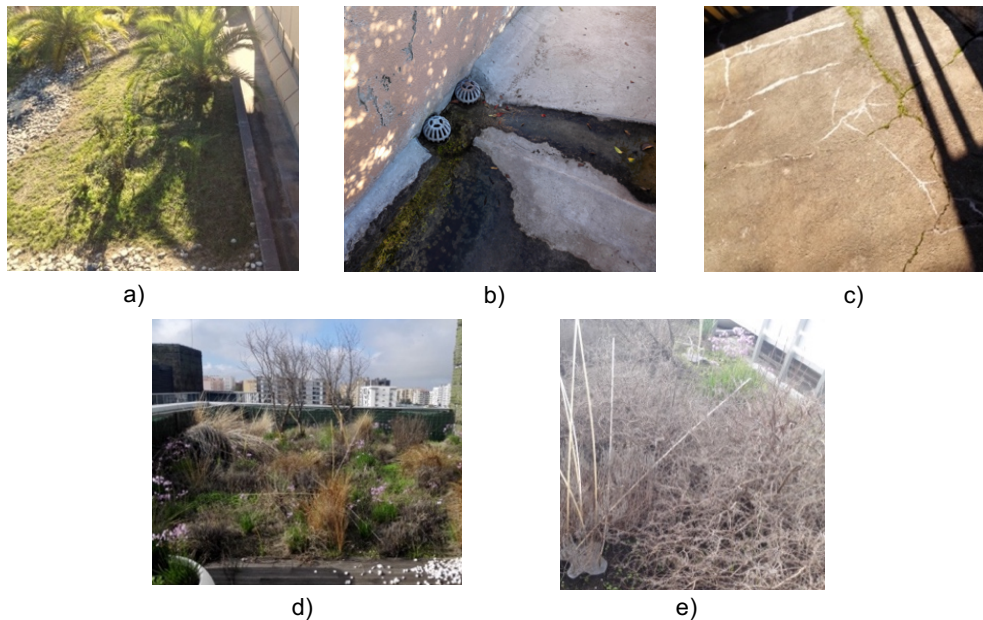


Figura 4.4. Registo fotográfico: a) vegetação seca na cobertura V, b) ralos entupidos e acumulação de água na cobertura V, c) fissuras no pavimento de betão da cobertura V, d) queda de vegetação da cobertura VI, e) vegetação infestante e morta na cobertura VI.

Uma das anomalias mais visíveis na cobertura VII foi a presença de trilhos de relva pisada (figura 4.5 b)). Esta ocorrência deve-se à ausência de caminhos de acesso suficientes, o que obriga as equipas de manutenção a pisar a vegetação de modo a chegar às diferentes zonas da cobertura. A vegetação encontrava-se na sua maioria saudável, com raras exceções causadas provavelmente por uma escolha incorreta das espécies para o local em questão. A relva apresentava-se relativamente seca no centro da cobertura, o que, tendo em conta a sua extensão e o facto de se tratar de uma zona sem grande incidência solar, poderá estar relacionado com uma drenagem excessiva (asfixia radicular) e falta de rega.

Relativamente aos diferentes elementos verticais, muitos deles consistem em chaminés de ventilação provenientes das garagens, sendo constituídos por placas de pedra. Como se pode observar na figura 4.5 a), muitos destes elementos encontravam-se sujos e danificados, com o revestimento desafixado. Estas anomalias não só poderão ser causadas por uma insuficiente manutenção como ainda pela incorreta execução dos seus remates.

No caso de estudo VIII verificou-se a presença inadequada de vegetação perto de elementos verticais e dos caminhos pedonais. Esta anomalia deve-se a uma programação da manutenção incorreta. Foram também detetadas zonas com relva seca (figura 4.5 c)), o que poderá ser justificado por irrigação insuficiente associada a falta de manutenção. Relativamente aos sistemas de drenagem, apenas foi possível inspecionar os lagos existentes, nos quais se verificaram acumulações de detritos e sujidade

(figura 4.5 d)). Visto se tratar de uma zona pública, esta anomalia poderá estar associada não só a manutenção insuficiente como a um uso incorreto contínuo.

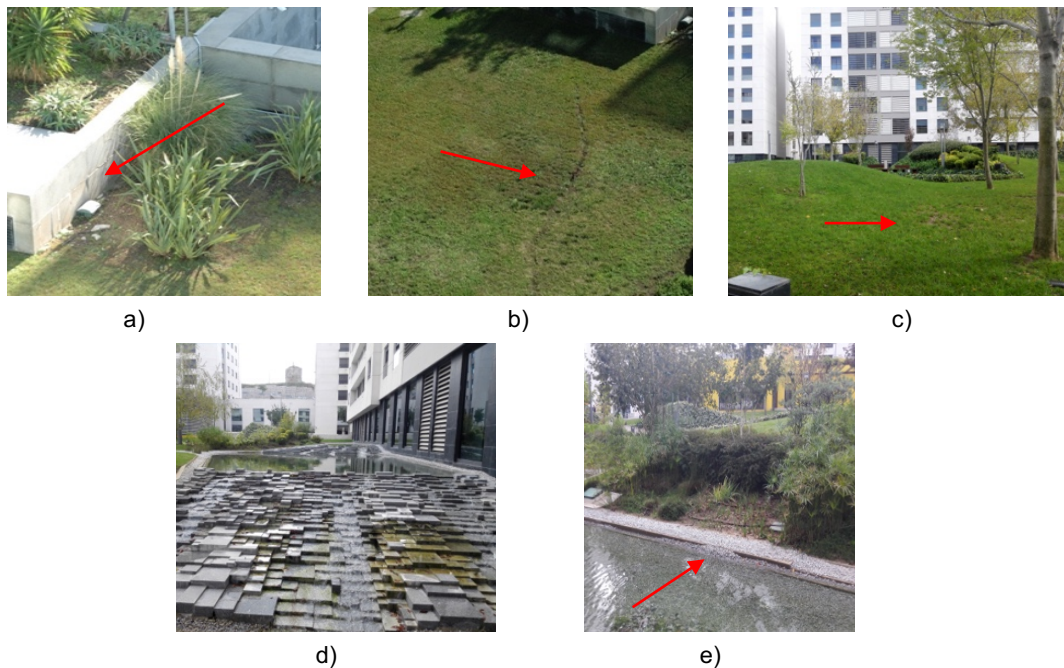


Figura 4.5. Registo fotográfico: a) fissuração e destacamento dos elementos verticais da cobertura VII, b) vegetação pisada na cobertura VII, c) vegetação seca na cobertura VIII, d) acumulação de detritos e sujidade nos lagos da cobertura VIII, e) granulado de pedra em excesso na cobertura VIII.

Finalmente, verificaram-se locais onde o material granulado se encontrava em falta, enquanto que noutros se encontrava em excesso (figura 4.5 e)). Mais uma vez, a manutenção e o uso indevido da cobertura poderão justificar esta anomalia. Note-se que, não se tratando de um local ventoso, não se responsabiliza o vento pela deslocação de granulado.

O caso de estudo IX é uma situação fora do comum, visto que muitos dos apartamentos do edifício ainda se encontravam para venda. Verificou-se uma preocupação acrescida em manter a aparência da cobertura o mais impecável possível, traduzindo-se na inexistência de anomalias visíveis. A vegetação apresentava-se saudável, apenas com a presença pontual de vegetação infestante. Na inspeção foram apenas detetadas execuções incorretas de alguns elementos construtivos, como sendo os remates dos elementos verticais, os quais poderão levar ao aparecimento de eventuais anomalias futuras.

Os caminhos pedonais presentes na cobertura X encontravam-se na sua maioria em bom estado, verificando-se apenas algumas lajetas de pedra danificadas (figura 4.6 a)). Algumas pedras encontravam-se gastas ou fissuradas provavelmente devido ao uso ou a eventuais cargas pontuais. A vegetação encontrava-se saudável com exceção de algumas zonas onde a relva se apresentava seca (figura 4.6 b)). Esta anomalia foi detetada apenas em zonas de cotas inferiores, podendo ser justificada por acumulações de água. Verificou-se ainda a presença de vegetação infestante nos caminhos de acesso (figura 4.6 c)) associada a manutenção inexistente ou insuficiente.

Relativamente aos sistemas de drenagem, foram inspecionadas as caleiras perimetrais através do levantamento de algumas lajetas de pedra. Como se pode observar na figura 4.6 d), estas

encontravam-se com detritos acumulados e terra, o que leva a crer que a manutenção destes elementos é insuficiente ou mesmo inexistente.



Figura 4.6. Registo fotográfico da cobertura X: a) revestimento de pedra dos caminhos danificado, b) vegetação seca, c) vegetação infestante nos caminhos de acesso, d) sujidade e acumulação de detritos nas caleiras.

O suporte da cobertura X não foi inspecionado. No estudo desenvolvido por COELHO (2014) foi analisada a mesma cobertura verde, referindo-se à existência de anomalias ao nível do suporte e teto contíguo e à ocorrência de infiltrações e manchas de humidade perto das juntas de dilatação. Estas anomalias, evidenciadas principalmente nas juntas de dilatação, poderão ser causadas pela presença da água vinda da cobertura, sendo as causas mais prováveis a má execução ou perfuração da impermeabilização, eventualmente sobre as juntas de dilatação (COELHO, 2014).

Considerando toda a informação recolhida sobre os casos de estudo que compõem a amostra, é possível concluir que os elementos construtivos mais superficiais são os que apresentam maior incidência de anomalias. Isto deve-se ao fato de serem os elementos mais expostos aos agentes atmosféricos e agressores.

Como ilustra a figura 4.7 a), 35% das anomalias detetadas são na camada de vegetação. Esta camada não só é constituída por elementos vivos, a sobrevivência dos quais depende diretamente do correto funcionamento da cobertura e da manutenção implementada, como também é uma camada que se encontra mais sujeita a agentes agressores. Na figura 4.7 a₁) estão descritas as principais anomalias detetadas na camada de vegetação. A maioria dos casos de estudo apresentam vegetação infestante, a qual pode não só por em causa a saúde da vegetação como a integridade de elementos constituintes da cobertura, como sendo caminhos de acesso. A presença de vegetação morta é também uma anomalia corrente na amostra considerada. Esta anomalia poderá estar associada a longos períodos sem irrigação, encharcamentos ou exposição solar excessiva, sendo que uma manutenção adequada é, mais uma vez, essencial para evitar o seu aparecimento.

Os sistemas de drenagem são também elementos que requerem uma manutenção acrescida, no que se refere à limpeza e integridade das caleiras, tubos de queda e ralos. Como se percebe na análise da figura 4.7 a₂) na maioria dos casos de estudo considerados os sistemas de drenagem não se encontram suficientemente limpos, apresentando acumulações de detritos e sujidades. A presença destas anomalias poderá levar ao entupimento dos sistemas (como observado na maioria dos casos em que se verificaram este tipo de anomalias) pondo em causa a correta drenagem das águas e, conseqüentemente, o correto funcionamento em serviço da cobertura.

É perceptível que a maioria das anomalias detetadas na amostra estão associadas a ações de manutenção incorretas e/ou frequências de manutenção insuficientes. Uma manutenção planeada,

associada a inspeções periódicas e ações de intervenção adequadas, poderá garantir que muitas das anomalias detetadas sejam evitadas.

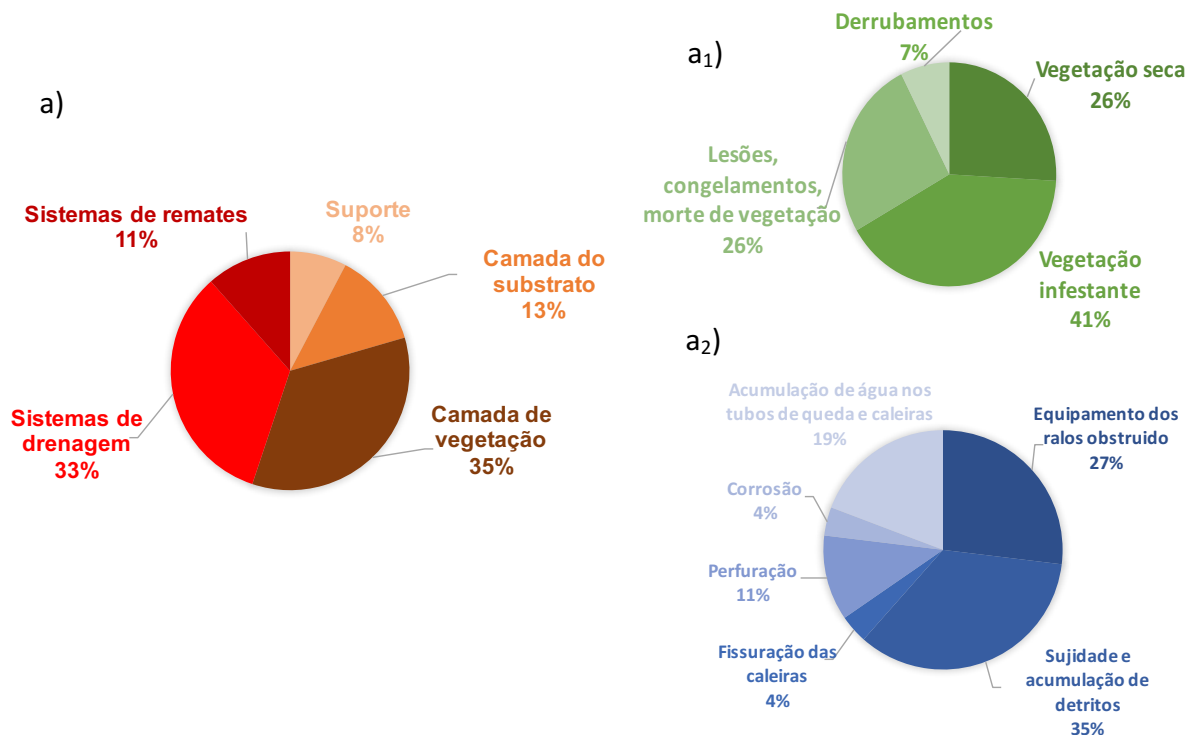


Figura 4.7. Representação gráfica das anomalias detetadas nos casos de estudo que compõem a amostra, a) distribuição de anomalias pelos diferentes elementos construtivos, a1) anomalias detetadas na vegetação, a2) anomalias detetadas nos sistemas de drenagem.

4.3 Técnicas de manutenção implementadas

Em geral, as coberturas verdes consideradas nesta dissertação estão associadas a programas de manutenção preventivos. Verificou-se a existência de diferentes programas de manutenção, variando não só a frequência das intervenções como as prioridades tidas em conta. A tabela 4.2 descreve as diferentes ações de manutenção executadas nos casos de estudo inspecionados. Esta tabela foi elaborada antes de se iniciarem as inspeções aos casos de estudo e foi sendo posteriormente melhorada consoante a informação disponibilizada ao longo das visitas às coberturas.

As ações de manutenção realizadas são em geral ações de jardinagem e limpeza da cobertura. Substituições e reparações são realizadas quando necessário, não se verificando em nenhum caso de estudo uma frequência específica para este tipo de intervenções.

Na maioria dos casos de estudo inspecionados verificou-se a preocupação em manter os sistemas de drenagem limpos e desimpedidos. Apenas nos casos de estudo VI, VIII, e X a limpeza dos sistemas de drenagem é feita quando necessário. Nestes casos não foram especificados quaisquer tipos de inspeções previstas aos sistemas de drenagem, o que leva a concluir que estes são apenas limpos quando já se instalaram anomalias. Tratando-se de uma componente tão relevante para o bom funcionamento da cobertura verde em serviço, deverá ser indispensável considerar no planeamento da manutenção da cobertura todas as ações de manutenção e inspeções aos sistemas de drenagem.

Tabela 4.2. Ações de manutenção realizadas em cada caso de estudo com as respetivas entidades responsáveis e frequências em dias por mês.

Casos de estudo Entidades responsáveis		I			II			III			IV			V			VI			VII			VIII			IX			X		
		P	J	T	P	J	T	P	J	T	P	J	T	P	J	T	P	J	T	P	J	T	P	J	T	P	J	T	P	J	T
Ações de manutenção	Remoção de vegetação infestante / seca		●		16			16						1			1			2				●			●				12
	Poda de pontas		●		16			16						1			1			2				●			●				12
	Poda de raízes		●		16			16						1			1			2				●			●				12
	Ceifa		●		16			16									1			2				●			●				12
	Irrigação		●			●			●			●			●			●			●			●			●			●	
	Fertilização		12			16			16						1			1			2			●			●				12
	Replantação de preenchimento		●			16			16						1			1			2			●			●				12
	Arejamento do solo		●			16			16						1			1			2			●			●				12
	Colocação de substrato de enchimento (erosão)		12			16			16						1			1			2			●			●				12
	Controlo de vegetação em zonas pontuais (perímetros, caleira, acessos...)		●			16			16						1						2			●			●				12
	Limpeza de elementos construtivos (caleiras, muros, claraboias...)	12				8			8						1		8				2			●			●		12		
	Limpeza de sistemas de drenagens		12			8			8									x			2				x		●			x	
	Limpeza dos sistemas de ventilação	12				x			x									x						x						x	
	Controlo de pragas					x			x						x			x			x			x			x			x	
	Ancoragens de arbustos ou árvores		●			x			x															x			●			x	
	Limpeza geral	12			16			16							1		8			1				●			●		12		
	Substituição de filtros de drenagem			x			x			x						x			x			x			x			x			x
	Limpeza de carbonatos acumulados nas caleiras			x			x			x						x			x			2					●				x
	Substituição de remates de mástique			x			x			x						x			x			x			x			x			x
	Substituição de remates de membranas asfálticas			x			x			x						x			x			x			x			x			x
Substituição de remates de metálicos e de membranas betuminosas			x			x			x						x			x			x			x			x			x	
Reparação do sistema de rega			x			x			x						x			x			x			x			x			x	

Legenda:

P = Proprietário J = Jardineiro T = Técnico especializado ● = Todos os dias uteis

X = Sempre que necessário

Relativamente à frequência das ações de manutenção, cada caso de estudo apresenta periodicidades distintas. Na tabela 4.2 estão referidas as frequências das ações em dias por mês. Considerou-se ainda importante referir quais as entidades responsáveis pela execução das diferentes ações de manutenção. Como intervenientes considerou-se o proprietário da cobertura, o jardineiro ou equipa de jardinagem e equipas de técnicos especializados.

As ações descritas na tabela 4.2 são, em geral, mais frequentes do que as expostas em COELHO (2014). Apenas os casos de estudo VI e VIII inspecionados por COELHO (2014) apresentam intervenções diárias, os quais coincidem com os casos de estudo inspecionados nesta dissertação (VIII e X respetivamente). Optou-se ainda por recolher informação referente aos responsáveis pelas intervenções descritas, ao contrário de COELHO (2014). De referir que algumas das ações realizadas

nos casos de estudo inspecionados não são referidas por COELHO (2014), inclusive nos casos de estudo coincidentes.

Foi notório ao longo das inspeções aos casos de estudo uma desorganização entre as várias entidades participantes. Na maioria dos casos não existe um plano de manutenção conhecido por todas as entidades, podendo levar à repetição de ações de manutenção ou, pior, a uma manutenção insuficiente.

Os custos associados à manutenção da cobertura V são elevados e, atualmente, a empresa responsável pela manutenção da cobertura verde não dispõe de recursos suficientes para satisfazer suas necessidades. Assim sendo, a manutenção em curso é insuficiente e limitada aos aspetos incontornáveis da sobrevivência dos jardins (irrigação). A manutenção é maioritariamente executada por equipas de jardinagem, as quais trabalham aproximadamente uma vez por mês. Verificam-se ações de manutenção apenas após a ocorrência de anomalias imprevistas. Este tipo de manutenção justifica a maioria das anomalias detetadas na cobertura, originando posteriores sobrecustos. Tendo em conta a idade do edifício, da cobertura, e ainda o tipo de manutenção aplicada é possível concluir que se trata de uma cobertura relativamente autónoma, tendo sido bem projetada e executada.

O caso de estudo IX encontra-se num período crítico, em que a maioria dos apartamentos do edifício se encontram para venda, o que obriga a uma preocupação acrescida em manter a cobertura verde nas melhores condições possíveis. Foi referido pela equipa de jardinagem a possibilidade de redução da frequência de manutenção após a venda dos apartamentos.

Durante a inspeção à cobertura X verificou-se a presença de uma equipa de jardinagem a qual se disponibilizou para oferecer informação sobre as técnicas de manutenção aplicadas nesta cobertura. São executadas ações periódicas planeadas de manutenção com o objetivo de garantir o correto tratamento da vegetação. Quanto aos sistemas de drenagem, não existe nenhum programa de manutenção planeado, sendo que apenas se acede aos mesmos em casos de entupimentos ou aparecimento de anomalias.

De referir que apenas o caso de estudo IV não apresenta qualquer tipo de manutenção planeada. Foi referido pelo responsável da cobertura a intenção de demolir este empreendimento para reconstrução de um novo centro de artes, sendo essa a razão pela qual a cobertura se encontra praticamente ao abandono.

4.4 Tratamento de resultados

Após recolhida toda a informação disponível sobre os diferentes casos de estudo considerados na amostra correlacionaram-se os dados, com o objetivo de perceber quais os fatores que mais influenciam o estado de degradação das coberturas. É importante referir que todos os elementos constituintes contribuem para o correto desempenho das coberturas. Não são referidas as camadas inferiores por falta de informação disponível.

Uma das características das coberturas verdes que poderá estar relacionada com o seu estado de degradação é a idade. A alteração progressiva do estado das coberturas verdes acontece ao longo do ciclo de vida, podendo conduzir à ocorrência de anomalias. Verifica-se igualmente uma redução do desempenho, o qual ocorre gradualmente no tempo, em condições normais de utilização. Assim sendo,

seria de esperar que quanto mais recentes fossem as coberturas analisadas menor seria a quantidade de anomalias detetadas. A figura 4.8 relaciona a idade das coberturas inspeccionadas com a quantidade de anomalias detetadas. Os vários casos de estudo foram dispostos do mais antigo para o mais recente, de modo a facilitar a interpretação dos dados. É possível perceber que a relação não é linear. O facto de uma cobertura ser mais antiga não significa que apresentará mais anomalias que uma mais recente. Coberturas verdes mais antigas com manutenção frequente e adequada poderão apresentar o mesmo estado de degradação que coberturas verdes mais recentes, como é visível quando se comparam as coberturas III (1967) e VIII (2011). A variação visível na figura 4.8 é justificada pelo facto de existirem outros aspetos que influenciam o estado de degradação das coberturas. Coberturas verdes com a mesma idade poderão apresentar, por exemplo, programas de manutenção ou execuções muito distintas, o que origina o aparecimento de anomalias em quantidades igualmente distintas.

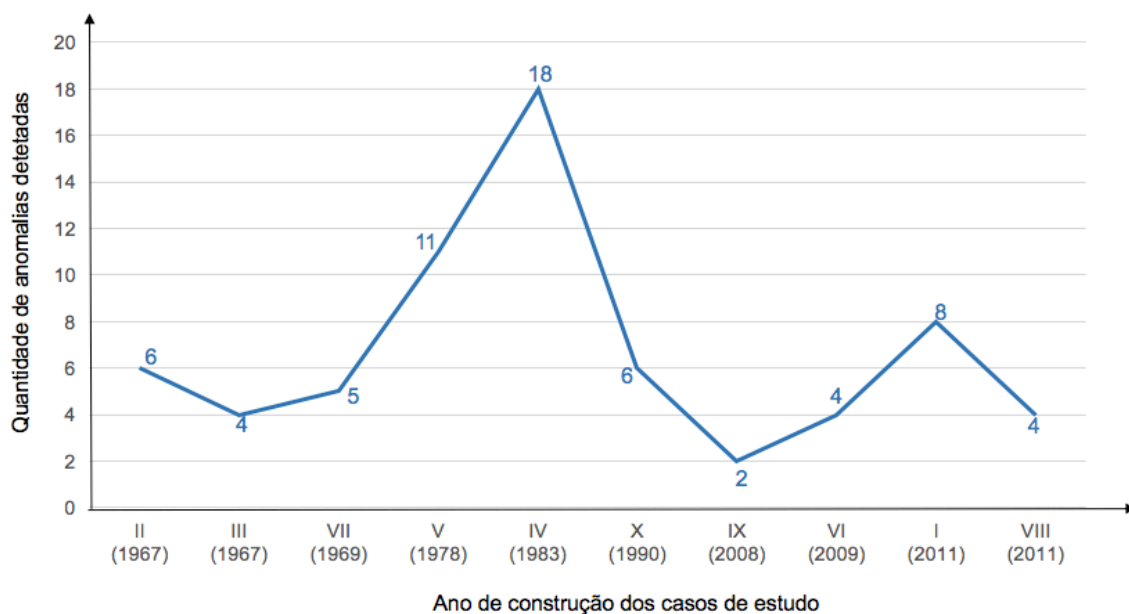


Figura 4.8. Relação entre o ano de construção e as anomalias detetadas nos casos de estudo I a X.

Um outro fator que poderá ser decisivo no bom funcionamento das coberturas verdes é a frequência das ações de manutenção. Estas poderão ser adequadas e corretamente executadas, mas a sua eficiência está sempre aliada a uma periodicidade, igualmente adequada à cobertura. É por isso relevante relacionar a periodicidade da manutenção com a quantidade de anomalias detetadas. Esta relação está exposta na figura 4.9.

Com algumas exceções, é possível observar que existe uma proporcionalidade entre a frequência da manutenção e a quantidade de anomalias existentes. Os casos de estudo I, VI e VII são situações onde não se verifica a linearidade esperada. Nestes casos as intervenções são frequentes, mas não adequadas. Verificam-se intervenções muito frequentes relativas à camada de vegetação, sendo que a manutenção dos sistemas de drenagem é insuficiente, o que justifica o aparecimento de anomalias. Uma manutenção frequente é essencial para o bom desempenho das coberturas e influencia consideravelmente o aparecimento de anomalias (figura 4.9), mas existem muitos outros fatores de influência, como seja o tipo de intervenções.

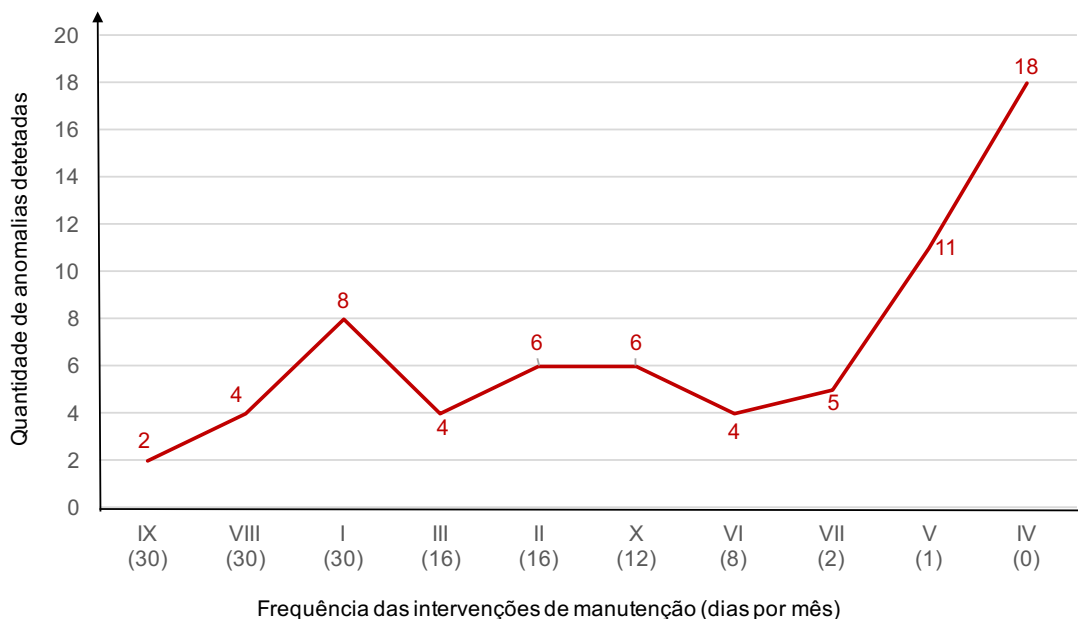


Figura 4.9. Relação entre a frequência das intervenções de manutenção (em dias por mês) e as anomalias detetadas nos casos de estudo I a X.

A acessibilidade e mobilidade de pessoas e/ou veículos poderão levar também anomalias nas coberturas verdes. Uma cobertura que seja incorretamente utilizada apresentará níveis de degradação mais elevados, tornando-se assim interessante perceber se o tipo de acessibilidade está relacionado com a presença de anomalias nas camadas superficiais das coberturas.

Uma das anomalias detetadas em muitos dos casos de estudo inspecionados foi a presença de vegetação pisada. A figura 4.10 apresenta a distribuição do tipo de acessibilidade na amostra considerada. Como se pode observar através da análise da figura 4.10, 30% dos casos em que a cobertura é acessível a pessoas foi detetada vegetação pisada, enquanto que a mesma anomalia foi detetada em 40% dos casos em que a acessibilidade é restrita a equipas de manutenção. Conclui-se assim que o facto de as coberturas serem acessíveis ao público não significa que a vegetação se encontre mais danificada do que no caso de não serem acessíveis. A presença de vegetação pisada é justificada pela quantidade insuficiente de caminhos de acesso ou pelo tipo de vegetação cultivada. Todos os casos que apresentam vegetação pisadas não respeitam a relação número de acessos/área descrita no capítulo 3 e na tabela 3.2, o que obriga as equipas de manutenção a pisarem a vegetação de modo a alcançar as diferentes zonas da cobertura. Esta anomalia poderá ser evitada com uma correta conceção e dimensionamento dos caminhos de acesso.

Como já referido e ilustrado na figura 4.7, onde se detetaram maior quantidade de anomalias foi nas camadas de vegetação e nos sistemas de drenagem. Interessa então analisar em mais detalhe ambas as componentes e as anomalias nelas detetadas.

No que se refere ao sistema de drenagem, em muitos dos casos analisados não existia implementada uma manutenção planeada, sendo que são realizadas intervenções apenas quando se considera necessário. Muitas vezes as intervenções aos sistemas de drenagem ocorrem somente quando já se verificam acumulações de água em zonas da cobertura ou entupimentos. Esta manutenção reativa leva a uma maior probabilidade de ocorrerem anomalias mais graves na cobertura, o que poderá significar

necessidade de substituições precoces e custos que poderiam ser evitados. De referir que no caso de estes encharcamentos serem devido a uma correta execução dever-se-á corrigir a anomalia.

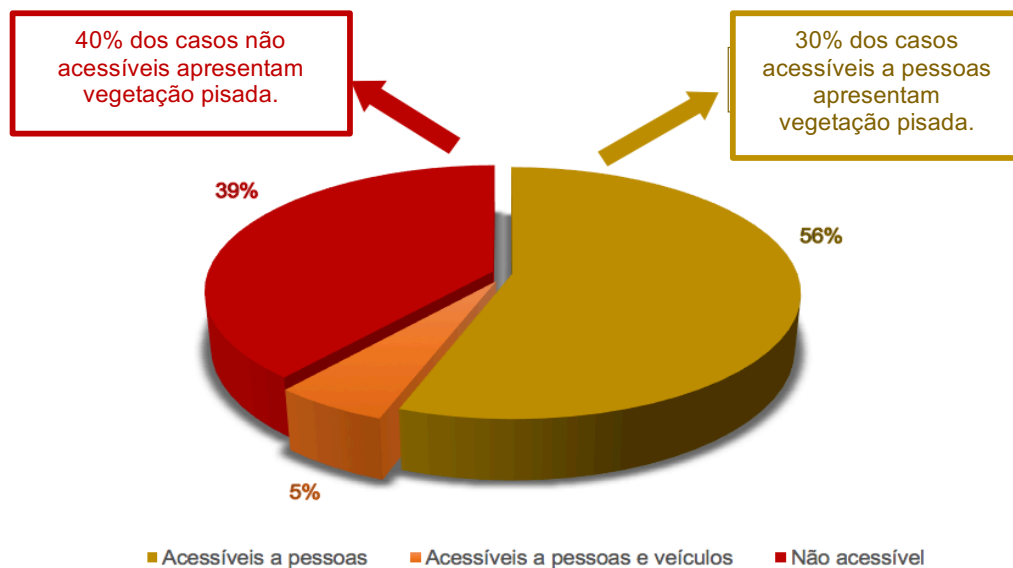


Figura 4.10. Distribuição do tipo de acessibilidade ao longo da amostra, relacionada com a presença de vegetação pisada (% relativa à amostra total).

Na figura 4.11 encontram-se dispostos os vários casos de estudo e a quantidade de anomalias detetadas nos respetivos sistemas de drenagem. Os casos de estudo representados na figura 4.11 com barras verdes têm implementada uma manutenção planeada dos sistemas de drenagem, enquanto que nos casos de estudo representados com barras vermelhas apenas se intervém quando necessário. Através da análise do gráfico é possível observar que os casos que não têm implementado um plano de manutenção dos sistemas de drenagem (tabela 4.2) correspondem aos casos com maior quantidade de anomalias detetadas nos mesmos sistemas. Torna-se assim evidente a importância de uma manutenção preventiva dos sistemas de drenagem com inspeções periódicas e ações de limpeza frequentes. Um sistema de drenagem degradado e com um incorreto funcionamento não só apresenta anomalias nos seus elementos constituintes (entupimentos, corrosão, perfurações, acumulação de sujidade e águas) como põe em causa o desempenho de todos os restantes elementos da cobertura verde, especialmente a camada de vegetação.

Note-se que praticamente todos os casos de estudo que apresentam anomalias nos sistemas de drenagem exibem ou já exibiram problemas de infiltrações e/ou manchas de humidade no suporte. Assim sendo, uma manutenção cuidada dos sistemas de drenagem poderá impedir, logo à partida, o aparecimento de muitas outras anomalias detetadas noutros componentes das coberturas.

A distribuição das anomalias detetadas nos sistemas de drenagem dos casos de estudo que compõem a amostra encontra-se na figura 4.12. Desde já importa referir que a acumulação de águas nos tubos de queda e caleiras está diretamente relacionada com a acumulação de detritos e sujidade nas caleiras e o entupimento dos equipamentos dos ralos. A correta e frequente limpeza dos vários elementos coletores de água previne o aparecimento deste tipo de anomalias.

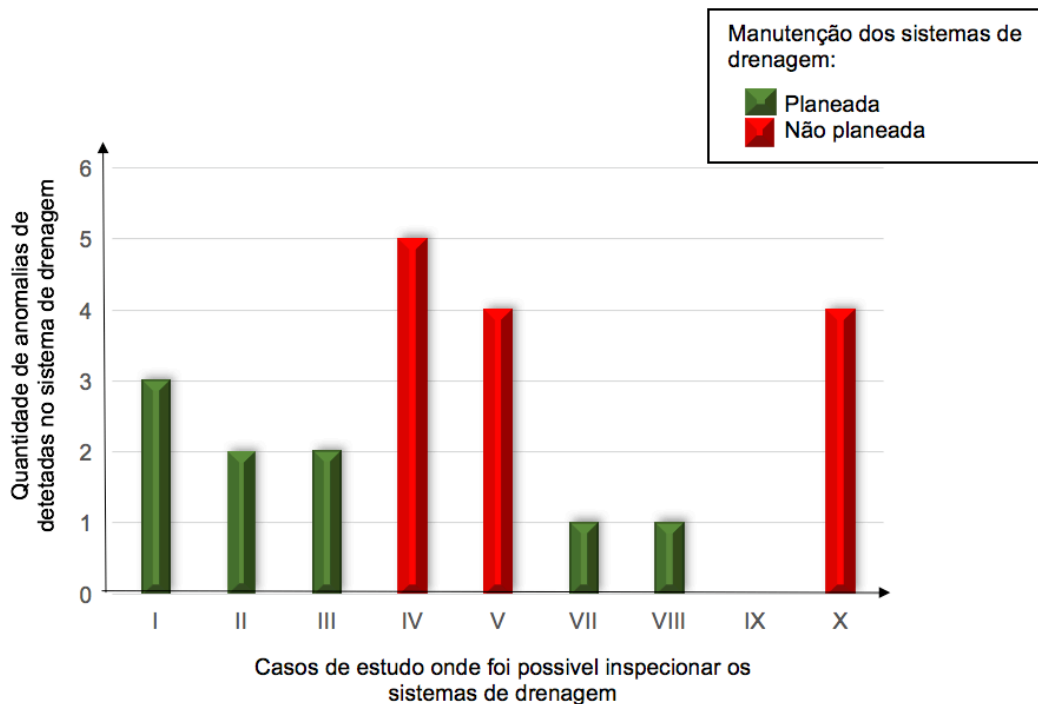


Figura 4.11. Relação entre a quantidade de anomalias detetadas nos sistemas de drenagem e a existência de uma manutenção planeada dos mesmos, para os casos I a X.

O afastamento mínimo entre a vegetação e os elementos de recolha de água é um dos requisitos que deverá ser respeitado na fase de conceção da cobertura. Deverá ainda haver a preocupação em controlar e manter esses afastamentos ao longo da fase de manutenção. O facto deste requisito não ser respeitado poderá levar à deposição e acumulação de vegetação nos elementos de recolha, como sendo caleiras e ralos. Relativamente aos casos de estudo onde se detetou a acumulação de detritos e sujidades nos sistemas de drenagem, em 78% não são respeitados os afastamentos mínimos necessários. Torna-se assim importante incluir no plano de manutenção da cobertura o controlo da vegetação junto a pontos singulares e a elementos do sistema de drenagem, diminuindo a deposição de vegetação nos mesmos e prevenindo posteriores entupimentos e acumulações de águas.

Em muitos dos casos inspeccionados as ações de manutenção dos sistemas de drenagem cingem-se à limpeza superficial das caleiras, não se verificando a preocupação de limpar e desobstruir os ralos. Das coberturas que apresentaram os ralos obstruídos, 75% não têm implementado um plano de manutenção que inclua a limpeza de todos os elementos do sistema de drenagem. Garantir que não só as caleiras, mas todos os elementos que constituem o sistema de drenagem se encontram em bom estado, limpos e desobstruídos deverá ser especificado no plano de manutenção da cobertura, com uma frequência adequada.

A camada de vegetação é o elemento das coberturas verdes onde foram detetadas mais anomalias, como era expectável, visto se tratar de uma camada superficial, mais vulnerável aos agentes de degradação. A distribuição das anomalias nesta camada encontra-se ilustrada na figura 4.13.

Relativamente aos casos de estudo onde se detetou a presença de vegetação infestante, 55% têm planeada a remoção da mesma duas ou mais vezes por semana. Isto significa que a simples remoção

da vegetação infestante não resolve o seu aparecimento. A presença de vegetação infestante poderá ser justificada por fertilização ou irrigação excessiva. De modo a prevenir este tipo de anomalia deverá ser especificada no plano de manutenção uma frequência adequada de fertilização e irrigação. Verificou-se ainda em 20% dos casos de estudo a presença de vegetação seca/morta. Esta anomalia poderá ser justificada por irrigação insuficiente/mal planeada ou uma pendente excessiva que leva à drenagem das águas irregular. Visto que nenhum caso onde esta anomalia foi detetada apresenta uma pendente suficientemente elevada que condicione a irrigação da vegetação, é possível concluir que a causa mais provável é a irrigação insuficiente. Relacionou-se a presença de vegetação seca com as áreas das coberturas, verificando-se que 86% dos casos onde se detetou esta anomalia apresentam dimensões superiores a 1000 m². O método de irrigação mais adequado e o seu correto dimensionamento deverão ser garantidos na fase de conceção. Na fase de manutenção deverá haver o cuidado de garantir que a camada de vegetação é irrigada em toda a sua extensão.

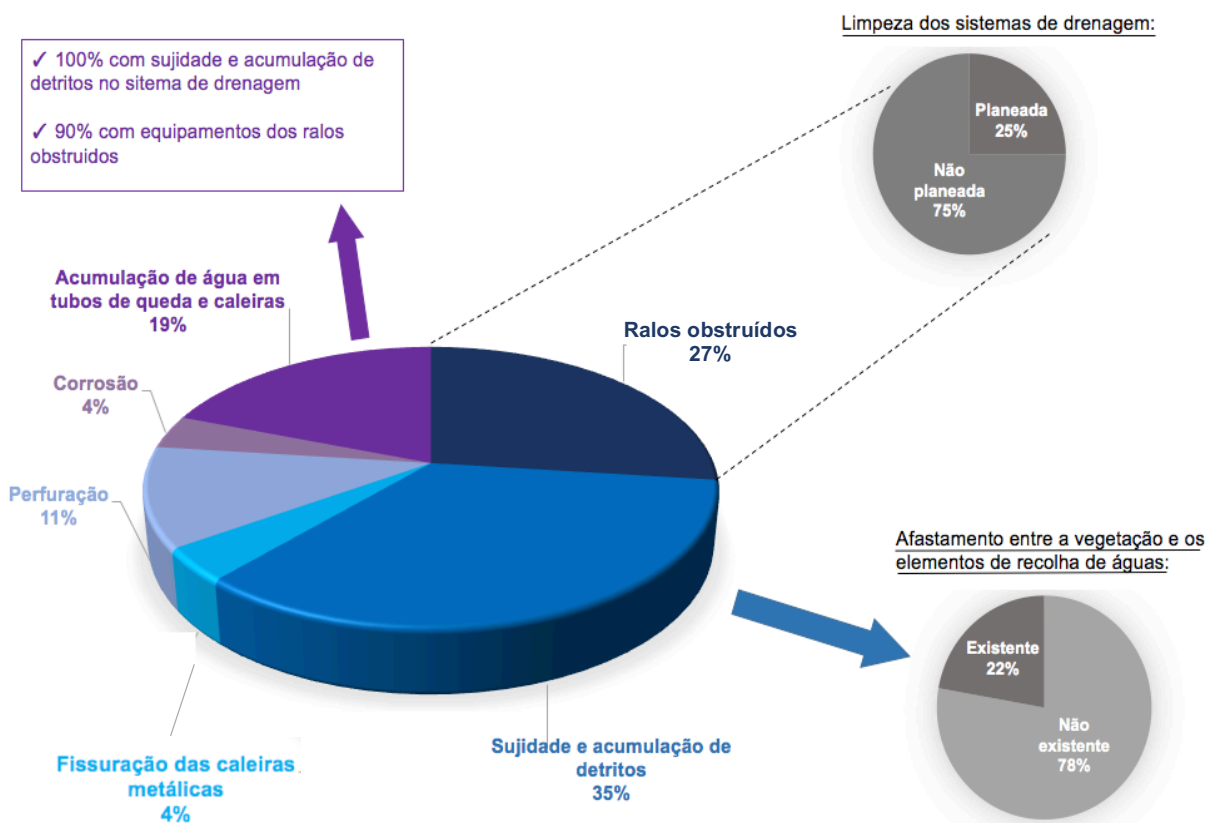


Figura 4.12. Relação entre a distribuição das anomalias detetadas nos sistemas de drenagem, o afastamento entre a vegetação e os elementos de recolha de água e o planeamento da limpeza dos mesmos.

A queda de vegetação foi detetada apenas em coberturas elevadas relativamente ao edifício, sendo que apenas 50% dos casos que apresentavam esta anomalia beneficiavam de ancoragens na vegetação de maior porte. Deverá assim ser previsto no plano de manutenção a correta ancoragem de vegetação de grande porte em zonas sujeitas a ventos fortes.

No estudo realizado por COELHO (2014) os elementos onde se encontraram maiores quantidades de anomalias foram igualmente os sistemas de drenagem e a camada de vegetação. Relativamente à camada de vegetação, são distinguidos apenas dois tipos de anomalias na vegetação: vegetação morta e vegetação infestante. No que se refere aos sistemas de drenagem, aproximadamente 50% dos casos

inspeccionados são sujeitos a ações de manutenção planeadas. No entanto, como detetado nesta dissertação, a maioria dos casos apresentam anomalias nos sistemas de drenagem, como sendo acumulação de águas e entupimentos. Conclui-se assim que, sendo indispensável incluir numa manutenção planeada intervenções nos sistemas de drenagem, é igualmente importante definir corretamente quais os tipos de intervenção. Deve não só ser garantida a integridade dos sistemas como a sua limpeza e desentupimento. O projeto e execução detêm também uma grande importância, influenciando o desempenho da cobertura em serviço.

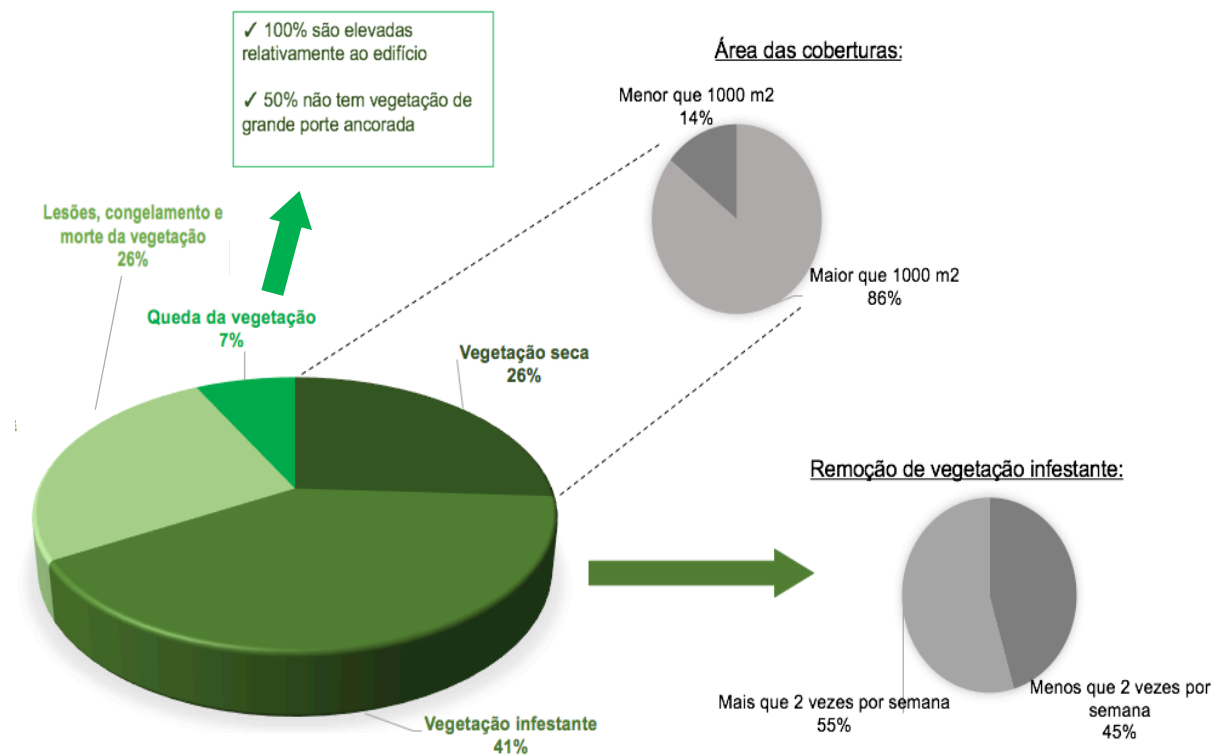


Figura 4.13. Relação entre a distribuição de anomalias na camada de vegetação, a remoção planeada de vegetação infestante e a dimensão dos casos de estudo que compõem a amostra.

4.5 Proposta de manutenção

O plano proposto consiste na descrição de todas as ações de manutenção, monitorização e inspeção, com a frequência a que devem ser realizadas e as entidades responsáveis pela sua execução, com base na literatura técnica e trabalho de campo.

Ao longo da análise dos casos de estudo que compõem a amostra percebeu-se que as entidades que participam na manutenção das coberturas verdes são três: o proprietário, as equipas de jardinagem e equipas de técnicos especializados. Estas são as mesmas entidades consideradas em SILVA et al. (2015).

Foram distinguidos dois tipos de ações de manutenção no plano proposto: as ações preventivas (P) e as ações de inspeção e monitorização (I&M). De modo a tornar mais simples o plano de manutenção é proposta a divisão das ações em apenas ações de inspeção e monitorização, as quais se referem a todas as ações de controlo e verificação do estado de degradação dos elementos da cobertura (não

envolvem intervenções físicas na cobertura), e ações preventivas, as quais se referem a todas as intervenções a executar na cobertura que garantam o seu correto desempenho em serviço e prevenção do aparecimento de anomalias.

As ações de manutenção a executar e as suas frequências estão intrinsecamente relacionadas com o tipo de vegetação implementado, tipo de uso e o tipo de solução construtiva. Assim foram definidos dois planos de manutenção distintos, com diferentes periodicidades, consoante se tratar de uma cobertura intensiva ou semi-intensiva. Não foi desenvolvido um plano de manutenção para coberturas extensivas visto não se ter inspecionado nenhum caso de estudo deste tipo. De referir que se considerou a classificação do tipo de cobertura de acordo com FLL (2008) e NTJ 11C (2012).

Nas tabelas 4.3 a 4.9 encontra-se exposta a proposta para um plano de manutenção, desenvolvida ao longo desta dissertação. As tabelas 4.3, 4.4 e 4.5 referem-se a planos de manutenção adequados a coberturas verdes intensivas (PMI), enquanto que as tabelas 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 referem-se a planos de manutenção adequados a coberturas verdes semi-intensivas (PMSI).

4.5.1 Listagem das ações de manutenção

As intervenções consideradas no plano de manutenção proposto têm como objetivo restaurar os níveis de desempenho dos elementos fonte de manutenção, prevenindo e/ou corrigindo possíveis anomalias nos mesmos.

As ações de manutenção consideradas no plano de manutenção proposto foram definidas primeiramente com base nas exigências das coberturas verdes de acordo com FLL (2008) e NTJ 11C (2012) (referidas no sub-capítulo 2.3.6.4). Foram ainda consideradas as ações de manutenção enunciadas em COELHO (2014) e SILVA et al. (2015). Posteriormente, com a análise dos casos de estudo e a relação entres os planos de manutenção neles implementados e o seu estado de degradação, a listagem de ações de manutenção foi alterada e complementada.

As ações de inspeção e monitorização foram definidas no plano de manutenção com o objetivo de permitir a identificação das causas determinantes de cada anomalia e os sinais de pré-patologia. Garante-se assim um aumento da capacidade de detetar a necessidade de intervenção e a redução do número de anomalias imprevistas. Na execução de inspeções e monitorizações deve ser averiguado o nível de degradação dos elementos a analisar, bem como definir as intervenções a realizar consoante as anomalias detetadas. As limpezas, reparações, substituições e todas as restantes intervenções realizadas com o intuito de prevenir o aparecimento de anomalias ou corrigir anomalias existentes foram consideradas como ações preventivas, visto consistirem em intervenções físicas, e não apenas de controlo visual.

Comparativamente à proposta desenvolvida em SILVA et al. (2015), foram acrescentadas algumas ações de manutenção, as quais foram definidas com o objetivo de evitar o aparecimento de algumas das anomalias detetadas nos casos de estudo inspecionados.

Em muitos dos casos inspecionados os caminhos de acesso encontravam-se danificados ao ponto de obrigar as equipas de manutenção a pisar a camada de vegetação, danificando-a. Ao longo do estudo dos casos inspecionados apercebeu-se a importância que a limpeza detém no desempenho da

cobertura verde. O facto de os caminhos de acesso não se encontrarem corretamente limpos leva a uma degradação mais acentuada dos mesmos, podendo levar ao aparecimento de anomalias noutros elementos da cobertura. Consideraram-se assim ações de limpeza de todos os elementos presentes na cobertura (P01P, P02P, P04P, P05P, P01J, P13J, P02E e P11E), incluindo os caminhos de acesso (P03P e P06P), a limpeza dos quais não é referida em SILVA et al (2015). Garantir que todos os elementos se encontram limpos poderá prevenir o aparecimento de vegetação infestante, acumulação de detritos e posteriores aparecimentos de fissuras, garantindo a integridade de todos os constituintes da cobertura.

Tabela 4.3. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes intensivas em clima Mediterrânico PMI. Entidade responsável – proprietário.

Tipo de ações	Código	Ações de Manutenção	Especificações	Frequência			Resp.
				1º Fase	2º Fase	3º Fase	
I&M	I&M01P	Inspeção dos sistemas de drenagem	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar se os elementos se encontram limpos. ✓ Verificar se os elementos se encontram desentupidos. ✓ Verificar se existem acumulações de águas. ✓ Verificar a integridade física dos elementos. 	2 em 2 meses ✘	2 em 2 meses ✘	1/mês ✘	Proprietário
	I&M02P	Inspeção dos remates	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar se existem destacamentos, descolamentos ou fissurações. 	1/ano	1/ano	2/ano	
	I&M03P	Inspeção dos elementos de alvenaria	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar a integridade física dos elementos. 	1/ano	1/ano	2/ano	
	I&M04P	Inspeção dos caminhos pedonais	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar se existem fissurações ou elementos partidos. ✓ Verificar o estado de limpeza. 	2 em 2 meses	2 em 2 meses	1/mês	
	I&M05P	Inspeção visual do estado geral da vegetação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar presença de vegetação morta. ✓ Verificar se a vegetação se encontra afastada dos pontos singulares. 	2 em 2 meses	2 em 2 meses	1/mês	
	I&M06P	Inspeção dos sistemas de irrigação automática	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar se estão em funcionamento. 	1/mês	2/mês	2/mês	
P	P01P	Limpeza geral	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Manter a cobertura limpa e sem lixo. 	1/mês	1/mês	2/mês	
	P02P	Limpeza dos elementos verticais	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Manter os elementos verticais como muros perimetrais, claraboias, sistemas de ventilação e acessos limpos. 	1/mês	1/mês	2/mês	
	P03P	Limpeza dos caminhos pedonais	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Manter os caminhos de acesso limpos e desimpedidos. 	1/mês	1/mês	2/mês	

LEGENDA:

<ul style="list-style-type: none"> I&M Inspeções e Monitorização AP Ações preventivas 	<ul style="list-style-type: none"> ✘ Após períodos de mau tempo e chuvas intensivas ✦ Sempre que necessário (☼) Se zona ventosa
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ao longo das inspeções tornou-se perceptível que muitas das anomalias detetadas nos sistemas de drenagem poderiam ser evitadas se se tivesse verificado uma maior preocupação em garantir que a vegetação se encontra afastada dos elementos de recolha de águas. SILVA et al. (2015) prevê a necessidade em manter os sistemas de drenagem limpos e desobstruídos, não se referindo à necessidade em garantir os afastamentos referidos. Considerou-se necessária a inspeção visual do estado geral da vegetação (I&M05P e I&M11P), a qual inclui a verificação dos afastamentos entre a vegetação e os pontos singulares, o controlo e eliminação de vegetação (da responsabilidade das equipas de jardinagem), a qual garante que esses afastamentos são respeitados.

De referir que SILVA et al. (2015) refere-se no plano de manutenção à necessidade em agendar novas intervenções sempre que se realiza uma. O plano de manutenção proposto nesta dissertação não considera como ação de manutenção o agendamento de novas intervenções. Optou-se por garantir ações de inspeção e monitorização com maior frequência do que as definidas em SILVA et al. (2015), tornando-se indispensável a marcação de intervenções futuras.

Tabela 4.4. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes intensivas em clima Mediterrânico PMI. Entidade responsável – equipas de jardinagem.

Tipo de ações	Código	Ações de Manutenção	Especificações	Frequência			Resp.
				1º Fase	2º Fase	3º Fase	
I&M	I&M01J	Inspeção e regulação dos sistemas de drenagem	✓ Verificar se todos os elementos estão a funcionar corretamente. ✓ Verificar se o sistema se encontra corretamente regulado.	2/mês ✘	1/semana ✘	1/semana ✘	Equipas de jardinagem
	I&M02J	Controlo da vegetação	✓ Verificar se a vegetação se encontra fora dos respetivos perímetros. ✓ Verificar se os afastamentos entre a vegetação e os pontos singulares são respeitados.	2/mês	1/semana	1/semana	
	I&M03J	Controlo de vegetação infestante e pragas	✓ Verificar se existe vegetação infestante.	2/mês	1/semana	1/semana	
	I&M04J	Inspeção da vegetação	✓ Monitorizar o estado da vegetação. ✓ Verificar o estado do substrato.	2/mês ✘	1/semana ✘	1/semana ✘	
	I&M05J	Controlo da vegetação de grande porte	✓ Verificar se a vegetação se encontra ancorada. ✓ Verificar a integridade das ancoragens.	-	1/mês (☹)	1/mês (☹)	
	I&M06J	Controlo das plantas e dos sistemas anti-deslizamento	✓ Verificar a integridade física dos elementos.	2/ano	4/ano	4/ano	
P	P01J	Limpeza dos sistemas de drenagem	✓ Limpeza de todos os elementos de recolha de água. ✓ Desobstrução dos equipamentos de ralos	1/mês ✘	2/mês ✘	2/mês ✘	Equipas de jardinagem
	P02J	Irrigação	✓ No caso de rega manual, garantir que toda a cobertura é suficientemente irrigada. ✓ Garantir que os sistemas de rega automáticos cobrem toda a área da cobertura.	Todos os dias	Todos os dias	Todos os dias	
	P03J	Fertilização	✓ Garantir fertilização da cobertura em quantidade adequada.	♦	♦	♦	
	P04J	Replantação		♦	♦	♦	
	P05J	Poda	✓ Poda da vegetação.	-	3/semana	3/semana	
	P06J	Remoção de vegetação infestante		♦	♦	♦	
	P07J	Arejamento do solo		-	2/mês	2/mês	
	P08J	Eliminação e controlo da vegetação	✓ Manter a vegetação dentro do perímetros pretendidos. ✓ Remoção de vegetação nos caminhos pedonais. ✓ Remoção de vegetação junto a elementos verticais e pontos singulares. ✓ Garantir afastamento entre a vegetação e os elementos de recolha de águas.	1/mês	1/mês	1/semana	
	P09J	Tratamento da vegetação	✓ Tratar vegetação que apresente lesões.	♦	♦	♦	
	P10J	Remoção de vegetação seca e morta		♦	♦	♦	
	P11J	Adição de substrato		-	♦	♦	
	P12J	Ancoragem de vegetação de grande porte	✓ Ancorar vegetação com risco de queda. ✓ Corrigir ancoragens existentes danificadas.	-	♦ (☹)	♦ (☹)	

LEGENDA: I&M Inspeções e Monitorização

AP Ações preventivas

✘ Após períodos de mau tempo e chuvas intensivas

♦ Sempre que necessário

(☹) Se zona ventosa

Finalmente, foram consideradas intervenções não planeadas (P10E e P20E), da responsabilidade das equipas de técnicos especializados, no caso de aparecerem anomalias que não foram possíveis prever. Estas deverão ser mínimas, assumindo que todas as inspeções e monitorizações propostas (com as frequências definidas) são respeitadas.

A proposta desenvolvida nesta dissertação encontra-se dividida consoante a entidade responsável, enquanto que a proposta em SILVA et al. (2015) apresenta uma divisão consoante o elemento fonte de manutenção a intervir. Optou-se por organizar o plano de modo a facilitar a divisão de tarefas. Cada participante terá uma listagem completa de todas as suas responsabilidades. Foi também considerado o nível de conhecimento que cada ação de manutenção envolve. Todas as ações que poderão prevenir o aparecimento de futuras anomalias e não requerem conhecimento técnico na sua execução foram

atribuídas ao proprietário, de modo a não sobrecarregar as equipas de jardinagem e de técnicos especializados (P01P, P02P, P03P, P04P, P05P e P06P).

Tabela 4.5. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes intensivas em clima Mediterrânico PMI. Entidade responsável – equipas de técnicos especializados.

Tipo de ações	Código	Ações de Manutenção	Especificações	Frequência			Resp.
				1º Fase	2º Fase	3º Fase	
I&M	I&M01E	Inspeção dos elementos de impermeabilização	✓ Verificar o estado dos elementos de impermeabilização expostos.	2/ano	2/ano	2/ano	Equipas de técnicos especializados
	I&M02E	Inpeção dos sistemas de drenagem	✓ Verificar a integridade física de todos os elementos constituintes. ✓ Verificar se existe a necessidade de substituição de elementos.	1/ano	2/ano	2/ano	
	I&M03E	Controlo das caleiras	✓ Verificar acumulações de carbonatos. ✓ Verificar se existem elementos com corrosões. ✓ Verificar se existe necessidade de substituição de elementos.	-	2/ano	2/ano	
	I&M04E	Controlo das claraboias e sistemas de ventilação		1/ano	2/ano	2/ano	
	I&M05E	Controlo e regulação das medidas de segurança anti-queda		1/ano	2/ano	2/ano	
	I&M06E	Inspeção profunda da impermeabilização		5 em 5 anos			
	I&M07E	Inspeções profundas ao isolamento térmico		5 em 5 anos			
	I&M08E	Inspeção da estrutura do suporte		2 em 2 anos			
P	P01E	Conservação dos elementos de alvenaria	✓ Quaisquer intervenções necessárias para garantir a integridade física dos elementos de alvenaria.	1/ano	1/ano	1/ano	Equipas de técnicos especializados
	P02E	Limpezas técnicas dos sistemas de drenagem	✓ Ações de limpeza mais especializadas como sendo a remoção de carbonatos.	-	1/ano	1/ano	
	P03E	Substituição dos filtros de drenagem	✓ Apenas se necessário	-	-	✦	
	P04E	Substituição dos remates de mástique	✓ Apenas se necessário	6 em 6 anos			
	P05E	Substituição de remates das membranas asfálticas	✓ Apenas se necessário	12 em 12 anos			
	P06E	Substituição de remates metálicos	✓ Apenas se necessário	15 em 15 anos			
	P07E	Substituição e reparações do isolamento térmico	✓ Apenas se necessário	✦	✦	✦	
	P08E	Substituição de membranas betuminosas	✓ Apenas se necessário	15 em 15 anos			
	P09E	Substituição de elementos dos sistemas de drenagem	✓ Apenas se necessário	-	-	✦	
	P10E	Intervenções não planeadas	✓ Quaisquer intervenções necessárias sempre que se detetar alguma anomalia como manchas, infiltrações, fissurações ou destacamentos no suporte ou em qualquer outro elemento constituinte.	✦	✦	✦	

LEGENDA: I&M Inspeções e Monitorização ✦ Após períodos de mau tempo e chuvas intensivas
 AP Ações preventivas ✦ Sempre que necessário
 (⚡) Se zona ventosa

Assim como em SILVA et al. (2015), tanto no plano de manutenção para coberturas verdes do tipo intensiva como para o plano de manutenção para coberturas verdes do tipo semi-intensivas foi considerada a necessidade de controlar a vegetação de grande porte, recorrendo à ancoragem da mesma se necessário. No entanto, foi designada esta necessidade apenas no caso da cobertura se encontrar numa zona ventosa (I&M05J, I&M11J, P12J e P24J). Nos casos de estudo inspecionados verificou-se não existir ancoragem de vegetação de grande porte em coberturas verdes relativamente protegidas do vento. Conclui-se então que esta preocupação dependerá do nível de exposição ao vento que a cobertura apresenta.

Tabela 4.6. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes semi-intensivas em clima Mediterrânico PMSI. Entidade responsável – proprietário.

Tipo de ações	Código	Ações de Manutenção	Especificações	Frequência			Rep.
				1º Fase	2º Fase	3º Fase	
I&M	I&M07P	Inspeção dos sistemas de drenagem	✓ Verificar se os elementos se encontram limpos. ✓ Verificar se os elementos se encontram desentupidos. ✓ Verificar se existem acumulações de águas. ✓ Verificar a integridade física dos elementos.	3 em 3 meses ✘	3 em 3 meses ✘	1/mês ✘	Proprietário
	I&M08P	Inspeção dos remates	✓ Verificar se existem destacamentos, descolamentos ou fissurações.	1/ano	1/ano	2/ano	
	I&M09P	Inspeção dos elementos de alvenaria	✓ Verificar a integridade física dos elementos.	1/ano	1/ano	2/ano	
	I&M10P	Inspeção dos caminhos pedonais	✓ Verificar se existem fissurações ou elementos partidos. ✓ Verificar o estado de limpeza.	4 em 4 meses	4 em 4 meses	1/mês	
	I&M11P	Inspeção visual do estado geral da vegetação	✓ Verificar presença de vegetação morta. ✓ Verificar se a vegetação se encontra afastada dos pontos singulares.	4 em 4 meses	2 em 2 meses	1/mês	
	I&M12P	Inspeção dos sistemas de irrigação automática	✓ Verificar se estão em funcionamento.	2 em 2 meses	2 em 2 meses	1/mês	
AP	P04P	Limpeza geral	✓ Manter a cobertura limpa e sem lixo.	1/mês	1/mês	2/mês	Proprietário
	P05P	Limpeza dos elementos verticais	✓ Manter os elementos verticais como muros perimetrais, claraboias, sistemas de ventilação e acessos limpos.	1/mês	1/mês	2/mês	
	P06P	Limpeza dos caminhos pedonais	✓ Manter os caminhos de acesso limpos e desimpedidos.	1/mês	1/mês	2/mês	

LEGENDA: I&M Inspeções e Monitorização ✘ Após períodos de mau tempo e chuvas intensivas
 AP Ações preventivas ⬆ Sempre que necessário
 (⚡) Se zona ventosa

4.5.2 Determinação das frequências

A frequência das diversas ações de manutenção consideradas irá variar consoante a idade e o nível de desenvolvimento da cobertura. Deste modo foram consideradas as três fases de desenvolvimento de uma cobertura verde, de acordo com FLL (2008) e NTJ 11C (2012). As periodicidades foram adaptadas consoante a fase em que a cobertura verde se encontra.

Tabela 4.7. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes semi-intensivas em clima Mediterrânico PMSI. Entidade responsável – equipas de jardinagem.

Tipo de ações	Código	Ações de Manutenção	Especificações	Frequência			Rep.
				1º Fase	2º Fase	3º Fase	
I&M	I&M07J	Inspeção e regulação dos sistemas de drenagem	✓ Verificar se todos os elementos estão a funcionar corretamente. ✓ Verificar se o sistema se encontra corretamente regulado.	2/mês ✘	1/semana ✘	1/semana ✘	Equipas de jardinagem
	I&M08J	Controlo da vegetação	✓ Verificar se a vegetação se encontra fora dos respetivos perímetros. ✓ Verificar se os afastamentos entre a vegetação e os pontos singulares são respeitados.	1/mês	1/mês	1/semana	
	I&M09J	Controlo de pragas e vegetação infestante	✓ Verificar se existe vegetação infestante.	2/mês	1/semana	1/semana	
	I&M10J	Inspeção da vegetação	✓ Monitorizar o estado da vegetação. ✓ Verificar o estado do substrato.	1/mês ✘	1/semana ✘	1/semana ✘	
	I&M11J	Controlo da vegetação de grande porte	✓ Verificar se a vegetação se encontra ancorada. ✓ Verificar a integridade das ancoragens.	-	1/mês (⚡)	1/mês (⚡)	
	I&M12J	Controlo das plantas e dos sistemas anti-deslizamento	✓ Verificar a integridade física dos elementos.	2/ano	4/ano	4/ano	

LEGENDA: I&M Inspeções e Monitorização ✘ Após períodos de mau tempo e chuvas intensivas
 AP Ações preventivas ⬆ Sempre que necessário
 (⚡) Se zona ventosa

Relativamente às ações de manutenção definidas no plano de manutenção proposto, foram consideradas as frequências definidas pelos autores NTJ 11C (2012) e MORGADO (2012) como sendo as frequências mínimas necessárias.

Tabela 4.8. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes semi-intensivas em clima Mediterrânico PMSI. Entidade responsável – equipas de jardinagem.

Tipo de ações	Código	Ações de Manutenção	Especificações	Frequência			Rep.
				1º Fase	2º Fase	3º Fase	
AP	P13J	Limpeza dos sistemas de drenagem	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limpeza de todos os elementos de recolha de água. ✓ Desobstrução dos equipamentos de ralos 	1/mês ✘	2/mês ✘	2/mês ✘	Equipas de jardinagem
	P14J	Irrigação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No caso de rega manual, garantir que toda a cobertura é suficientemente irrigada. ✓ Garantir que os sistemas de rega automáticos cobrem toda a área da cobertura. 	Todos os dias	Todos os dias	Todos os dias	
	P15J	Fertilização	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Garantir fertilização da cobertura em quantidade adequada. 	♦	♦	♦	
	P16J	Replantação		♦	♦	♦	
	P17J	Poda	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Poda da vegetação. 	-	1/semana	3/semana	
	P18J	Remoção de vegetação infestante		♦	♦	♦	
	P19J	Arejamento do solo		-	2/mês	2/mês	
	P20J	Eliminação e controlo da vegetação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Manter a vegetação dentro do perímetros pretendidos. ✓ Remoção de vegetação nos caminhos pedonais. ✓ Remoção de vegetação junto a elementos verticais e pontos singulares. ✓ Garantir afastamento entre a vegetação e os elementos de recolha de águas. 	1/mês	1/mês	1/semana	
	P21J	Tratamento da vegetação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tratar vegetação que apresente lesões. 	♦	♦	♦	
	P122J	Remoção de vegetação seca e morta		♦	♦	♦	
P23J	Adição de substrato		-	♦	♦		
P24J	Ancoragem de vegetação de grande porte	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ancorar vegetação com risco de queda. ✓ Corrigir ancoragens existentes danificadas. 	-	♦ (⚡)	♦ (⚡)		

LEGENDA: I&M Inspeções e Monitorização ✘ Após períodos de mau tempo e chuvas intensivas
 AP Ações preventivas ♦ Sempre que necessário
 (⚡) Se zona ventosa

Consideraram-se igualmente as frequências dispostas em SILVA et al. (2015). Posteriormente, consideraram-se as periodicidades das ações de manutenção implementadas nos casos de estudo inspecionados e os respetivos estados de degradação. Contrariamente às frequências propostas em SILVA et al. (2015), as quais são na sua maioria anuais, a maioria das ações de manutenção executadas nos casos de estudo inspecionados apresentam frequências semanais e por vezes até diárias, principalmente no que se refere a ações de jardinagem.

Independentemente do facto de, nas coberturas inspecionadas, se realizarem ações de manutenção mensalmente e diariamente, foram detetadas várias anomalias. É possível concluir que, mesmo sendo frequentes, se as ações de manutenção não forem adequadas à cobertura ou não forem corretamente implementadas torna-se mais difícil garantir o correto desempenho das coberturas verdes em serviço. De referir que as anomalias poderão estar associadas a uma incorreta execução da solução construtiva. Visto terem sido detetadas anomalias nas coberturas inspecionadas, nas quais se intervém com relativa frequência, e tendo em conta as necessidades expostas pelos seus intervenientes, propuseram-se frequências mensais e diárias. A ações de manutenção propostas mais frequentes são as relativas a elementos com grande exposição a agentes agressivos ou em elementos com menores vidas úteis.

SILVA et al. (2015) propõem a inspeção dos sistemas de drenagem 2 vezes por ano e sempre que se verifiquem períodos grandes de chuvas. Visto que, ao longo das inspeções realizadas, se verificou um elevado número de anomalias detetadas nos sistemas de drenagem considerou-se necessária a inspeção a estes sistemas, realizadas pelo proprietário, de 2 em 2 meses e sempre que se verifiquem períodos de mau tempo e chuvas intensas (I&M01P e I&M07P), e realizadas pelas equipas de jardinagem uma vez por semana (I&M01J e I&M07J). Pretendeu-se deste modo garantir um maior controlo do estado dos sistemas de drenagem, prevenindo o aparecimento de anomalias. São propostas inspeções aos remates e aos elementos de alvenaria 2 vezes por ano (I&M02P, I&M03P, I&M08P e I&M09P), enquanto que em SILVA et al. (2015) estas inspeções são propostas sem uma frequência definida. Visto que a inspeção destes elementos é realizada pelo proprietário, o qual também inspeciona os sistemas de drenagem de 2 em 2 meses, concluiu-se que o aumento da sua frequência não cria custos acrescidos e aumenta a capacidade de prevenção de anomalias. São propostas inspeções aos caminhos pedonais uma vez por mês (I&M04P e I&M10P), consideravelmente mais frequentes que as propostas em SILVA et al. (2015) (4 vezes por ano). Foi perceptível ao longo da análise dos casos de estudo que a presença de caminhos pedonais em estado de degradação elevado leva ao aparecimento de diferentes anomalias na vegetação, em geral vegetação pisada. Considerou-se assim importante garantir um controlo preventivo destes elementos da cobertura.

A limpeza da cobertura, dos elementos verticais e dos caminhos pedonais (P01P, P02P, P03P, P04P, P05P e P06P) deverá ser realizada duas vezes por mês. Esta periodicidade foi definida tendo como referencia o caso de estudo IX, no qual são realizadas limpeza mensalmente e onde se detetou uma quantidade de anomalias reduzida. Como discutido, manter todos os constituintes das coberturas verdes limpos, sem vegetação em locais indesejáveis nem acumulação de detritos, poderá prevenir o aparecimento de futuras anomalias.

Relativamente às ações de manutenção realizadas pelas equipas de jardinagem, considerou-se a necessidade de estas apresentarem uma periodicidade semanal. Em todos os casos inspecionados, com exceção do caso de estudo IV que se encontra ao abandono, verificou-se a presença equipas de jardineiros pelo menos uma vez por semana, as quais confirmaram a necessidade da sua presença semanalmente. Enquanto que SILVA et. al. (2015) propõe que a maioria das ações de jardinagem sejam realizadas 1 a 2 vezes por ano ou quando necessário, na proposta desenvolvida nesta dissertação considerou-se importante definir intervenções semanais das equipas de manutenção. Algumas ações de jardinagem como sendo a remoção de vegetação seca (P10J e P22J) deverão ser realizadas sempre que necessário, não tendo sido definida uma periodicidade exata. Esta opção foi baseada na subjetividade da informação disponibilizada pelos jardineiros contactados. Visto que o plano de manutenção propõe a presença semanal das equipas de jardinagem, considerou-se uma mais-valia a realização de inspeções e controlo semanais da vegetação e dos sistemas de drenagem, visto não representarem custos adicionais e permitirem uma manutenção mais preventiva.

As ações de manutenção profundas são realizadas com uma periodicidade consideravelmente superior às restantes. Consideraram-se diversas ações de manutenção que requerem conhecimentos mais aprofundados, sendo estas da responsabilidade de técnicos especializados. Relativamente às inspeções e monitorizações da responsabilidade de técnicos especializados, são propostas frequências

anuais, enquanto que SILVA et al. (2015) propõe as suas realizações apenas quando necessário. O facto de se definirem as frequências destas ações garante que haja uma manutenção mais preventiva e eficaz. Na análise dos casos de estudo verificaram-se anomalias que poderiam ter sido evitadas se os intervenientes tivessem um conhecimento mais aprofundado. A infiltração que ocorreu na cobertura III devido à incorreta execução dos remates com os elementos verticais poderia ter sido evitada se se tivessem realizado inspeções periódicas mais especializadas. Propõe-se assim a presença de equipas de técnicos especializados 1 a 2 vezes por ano.

Relativamente às substituições propostas, consideraram-se as vidas úteis da literatura (anexo A), frequências também definidas em SILVA et al. (2015).

Finalmente, foi considerada a necessidade de se realizarem algumas intervenções com frequência mais subjetiva. Em alguns casos o plano de manutenção definido propõe a realização de ações de manutenção após períodos de mau tempo e chuvas intensas ou sempre que necessário (por exemplo P01J). Este tipo de periodicidade é também proposto em SILVA et al. (2015).

Tabela 4.9. Proposta de plano de manutenção para coberturas verdes semi-intensivas em clima Mediterrânico PMSI. Entidade responsável – equipas de técnicos especializados.

Tipo de ações	Código	Ações de Manutenção	Especificações	Frequência			Rep.
				1º Fase	2º Fase	3º Fase	
I&M	I&M09E	Inspeção dos elementos de impermeabilização	✓ Verificar o estado dos elementos de impermeabilização expostos.	2/ano	2/ano	2/ano	Equipas de técnicos especializados
	I&M10E	Inspeção dos sistemas de drenagem	✓ Verificar a integridade física de todos os elementos constituintes. ✓ Verificar se existe a necessidade de substituição de elementos.	1/ano	2/ano	2/ano	
	I&M11E	Controlo das caleiras	✓ Verificar acumulações de carbonatos. ✓ Verificar se existem elementos com corrosões. ✓ Verificar se existe necessidade de substituição de elementos.	-	2/ano	2/ano	
	I&M12E	Controlo das claraboias e sistemas de ventilação		1/ano	2/ano	2/ano	
	I&M13E	Controlo e regulação das medidas de segurança anti-queda		1/ano	2/ano	2/ano	
	I&M14E	Inspeção profunda da impermeabilização		5 em 5 anos			
	I&M15E	Inspeções profundas ao isolamento térmico		5 em 5 anos			
	I&M16E	Inspeção da estrutura do suporte		2 em 2 anos			
AP	P11E	Conservação dos elementos de alvenaria	✓ Quaisquer intervenções necessárias para garantir a integridade física dos elementos de alvenaria.	1/ano	1/ano	1/ano	Equipas de técnicos especializados
	P12E	Limpezas técnicas dos sistemas de drenagem	✓ Ações de limpeza mais especializadas como sendo a remoção de carbonatos.	-	1/ano	1/ano	
	P13E	Substituição dos filtros de drenagem		-	-	♦	
	P14E	Substituição dos remates de mástique		6 em 6 anos			
	P15E	Substituição de remates das membranas asfálticas		12 em 12 anos			
	P16E	Substituição de remates metálicos		15 em 15 anos			
	P17E	Substituição de membranas betuminosas		15 em 15 anos			
	P18E	Substituição e reparações do isolamento térmico		♦	♦	♦	
	P19E	Substituição de elementos dos sistemas de drenagem		-	-	♦	
	P20E	Intervenções não planeadas	✓ Quaisquer intervenções necessárias sempre que se detetar alguma anomalia como manchas, infiltrações, fissurações ou destacamentos no suporte ou em qualquer outro elemento constituinte.	♦	♦	♦	

LEGENDA: I&M Inspeções e Monitorização

AP Ações preventivas

✱ Após períodos de mau tempo e chuvas intensas

♦ Sempre que necessário

(☼) Se zona ventosa

4.5.3 Custos médios de manutenção

Fatores como o detalhe e a frequência das ações de manutenção implementadas influenciam consideravelmente os custos associados à manutenção de coberturas verdes. Uma manutenção mais frequente leva a custos mais elevados de manutenção. No entanto, o facto de ser uma manutenção mais frequente poderá significar menores custos a longo prazo, evitando custos associados com reparações e intervenções mais profundas, as quais estão geralmente associadas a elevados custos. É assim necessário haver um equilíbrio entre os gastos para manter a cobertura a funcionar corretamente e os possíveis custos associados a intervenções não previstas.

O plano proposto apresenta frequências, em geral muito superiores às definidas por outros autores, podendo assim representar maiores custos de manutenção do que se se considerassem as frequências mínimas. Para os diferentes casos de estudo inspecionados foram recolhidos os custos médios por m² que a presença de equipas de jardinagem acarreta. Visto que na maioria dos casos não se encontram planeadas intervenções de equipas de técnicos especializados não foi possível estimar o custo de manutenção destes. Na tabela 4.10 encontram-se os custos médios das equipas de jardinagem para cada cobertura verdes inspecionada, consoante a frequência da manutenção realizada.

Os valores expostos na tabela 4.10 foram recolhidos junto de equipas de jardinagem e responsáveis pelas coberturas, correspondendo a uma média aproximada dos valores mensais despendidos para a manutenção das diferentes coberturas. Não foi possível conhecer os valores das coberturas VIII e X. É curioso verificar que a cobertura com dimensões menores (VI) é a que corresponde a custos por metro quadrado superiores. Quando confrontados com este aspeto, muitas das equipas de jardinagem se referiram ao facto de que, para garantir lucro, as equipas de manutenção adaptam os preços à dimensão da cobertura verde. É de referir ainda que neste caso se encontra instalado um sistema de recolha e reutilização de água que requer a presença de equipas de manutenção especializadas, o que poderá justificar também o valor.

Tabela 4.10. Custos médios mensais e por metro quadrado de manutenção dos casos de estudo inspecionados referentes à presença de equipas de jardinagem.

Casos de estudo	Custo da equipa de jardinagem (€ por m ²)	Custo médio da manutenção existente (€ mensal)
I	0,13	5000
II	0,1	1200
III	0,1	1200
IV	0	0
V	0,3	950
VI	5	250
VII	0,3	500
VIII	-	-
IX	1	600
X	-	-

Como seria de esperar, o caso de estudo que se encontra ao abandono (IX) não tem custos de manutenção associados e foi a cobertura onde foi detetado um maior número de anomalias. O caso de estudo onde se detetaram um menor número de anomalias (IX) está associado a custos médios por m²

mais elevados que as restantes coberturas (1 €/m²). No entanto, através da análise da tabela é perceptível que o custo da manutenção está relacionado com o número de anomalias, não sendo uma relação diretamente proporcional. Alguns dos casos apresentam os mesmos custos de manutenção, tendo sido detetadas quantidades diferentes de anomalias. Como se concluiu na análise da figura 4.9, o facto de a cobertura estar sujeita a uma manutenção frequente (com os custos que essa frequência representa) não significa que sejam detetadas menos anomalias. O tipo de ação realizado influencia igualmente o estado de degradação da cobertura.

A aplicação da manutenção proposta nesta dissertação aos casos de estudo inspecionados representaria custos médios mensais mais elevados do que a manutenção atualmente realizada, com exceção dos casos I, VIII, IX e X. Os casos em que a aplicação da manutenção proposta seria mais dispendiosa são os casos em que a frequência da manutenção proposta é superior à realizada atualmente. O custo médio mensal da manutenção será diretamente proporcional à frequência das intervenções de manutenção. De referir que este aumento de custos mensais poderá ser compensado a longo prazo através da prevenção de anomalias, visto que a probabilidade de aparecimento de anomalias imprevistas é indiretamente proporcional à frequência das intervenções de manutenção.

4.6 Conclusões do capítulo

Foram considerados dez casos de estudo localizados em Portugal, com o intuito de perceber qual o conteúdo que deverá conter um plano de manutenção que garanta o bom funcionamento das coberturas verdes em serviço, em clima Mediterrânico.

Através do tratamento dos dados recolhidos foi possível perceber que os sistemas de drenagem e a camada de vegetação são os elementos onde se detetaram mais anomalias. Estes elementos são superficiais, estando mais sujeitos aos agentes de degradação que outras camadas constituintes das coberturas verdes. De notar que as anomalias dos sistemas de drenagem refere-se apenas à drenagem superficial. Relativamente aos programas de manutenção implementados, verificou-se que na maioria dos casos há a preocupação em manter o correto desempenho da camada de vegetação através de ações de jardinagem. No entanto, na maioria dos casos verificaram-se intervenções aos sistemas de drenagem insuficientes, o que poderá justificar a quantidade de anomalias detetadas nestes sistemas. De referir ainda que muitas das anomalias detetadas na camada de vegetação são causadas pelo incorreto funcionamento dos sistemas de drenagem.

Para a realização da proposta de manutenção considerou-se a proposta de um plano de manutenção desenvolvido em SILVA et al. (2015) como elemento de comparação e aferição. Ao longo da inspeção dos diferentes casos de estudo verificou-se que a maioria das ações de manutenção descritas no plano proposto por SILVA et al. (2015) são realizadas. No entanto, a frequência com que são realizadas é bastante mais elevada que a proposta por SILVA et al. (2015). O facto de se terem detetado anomalias nas coberturas inspecionadas, nas quais se intervém semanalmente e em alguns casos diariamente, levou a que o plano de manutenção desenvolvido nesta dissertação apresente periodicidades menores que em SILVA et al. (2015).

Relativamente às técnicas de manutenção implementadas nos casos de estudo, verificou-se a preocupação e manter a camada de vegetação, sendo que em muitos casos se verificou negligência relativamente à manutenção dos sistemas de drenagem. Foram não só detetadas anomalias nestes sistemas como noutros elementos da cobertura, mas causados pelo incorreto funcionamento dos sistemas de drenagem. São propostas no plano de manutenção desenvolvido nesta dissertação várias ações de manutenção dos sistemas de drenagem, incluindo inspeções e monitorizações frequentes do seu estado de degradação, de modo a prevenir o aparecimento de anomalias. O plano de manutenção apresentado neste capítulo difere da proposta desenvolvida por SILVA et al. (2015), tendo não só como base a informação recolhida na inspeção de casos de estudo como ainda as necessidades e questões levantadas pelos intervenientes na manutenção dos mesmos casos. Houve a preocupação em aferir, junto de especialistas e responsáveis pela manutenção da cobertura, o conteúdo que um plano de manutenção adequado deverá apresentar. É ainda apresentado um plano organizado de forma diferente que em SILVA et al. (2015), tornando a proposta de manutenção mais intuitiva.

Por fim, é relevante ainda referir a importância que uma correta conceção das coberturas verdes detém no correto funcionamento das mesmas em serviço. Muitas das anomalias detetadas ao longo deste estudo poderiam ser evitadas se as coberturas tivessem sido corretamente executadas e respeitassem todos os requisitos descritos na literatura técnica.

5 Conclusões e desenvolvimentos futuros

5.1 Considerações finais

As coberturas verdes são soluções construtivas associadas a diversos benefícios sociais, económicos e ambientais. É, no entanto, imprescindível que este tipo de coberturas apresentem um correto desempenho ao longo das suas vidas úteis para que se possa usufruir desses benefícios. A manutenção destes sistemas construtivos tem assim um papel fundamental nesse sentido. Estas soluções têm ganho popularidade em vários países, mas continuam a existir muitas dúvidas quanto às suas exigências durante o seu ciclo de vida. Uma manutenção de coberturas verdes adequada às suas necessidades deverá garantir o seu correto desempenho ao longo de toda a sua vida útil. Deverão ser realizadas intervenções frequentes garantindo o correto desempenho de todos os elementos constituintes da cobertura.

A manutenção de coberturas verdes deverá ser planeada, distinguindo as diferentes ações de manutenção a realizar, a frequência com que deverão ser realizadas e as entidades responsáveis pela sua execução. Uma manutenção planeada poderá ainda servir como incentivo à sua implementação, no sentido em que permite prever os custos e as necessidades que esta solução construtiva requer. O conhecimento, por parte dos clientes e projetistas, dos benefícios associados à implementação de coberturas verdes, juntamente com um plano de manutenção adequado, preciso, de fácil implementação e com uma previsão dos custos de manutenção poderão servir como incentivo à construção de mais coberturas verdes.

Já existem alguns documentos desenvolvidos com o objetivo de estabelecer uma manutenção planeada de coberturas verdes. FLL (2008) tem vindo a desenvolver algumas normas para a tecnologia de coberturas verdes. Este estudo encontra-se orientado para o planeamento, execução e manutenção de coberturas verdes, refletindo a evolução do conhecimento alemão sobre esta tecnologia.

Foram inspecionados 10 casos de estudo, tendo sido recolhida informação relativa aos seus sistemas construtivos, anomalias detetadas e respetivas causas, e técnicas de manutenção implementadas. Optou-se por recolher este tipo de informação visto se tratarem de aspetos condicionantes no desempenho das coberturas verdes em serviço, permitindo assim compreender melhor as necessidades e impacto que as ações de manutenção detêm no comportamento de uma cobertura verde e tornar o plano proposto uma contribuição para o desenvolvimento do setor da manutenção de coberturas verdes. Tratando-se de uma amostra constituída apenas por 10 casos de estudo não deverá ser considerada representativa. Dever-se-á ter ainda em conta que todo o estudo desenvolvido nesta dissertação teve como base os resultados obtidos através das inspeções dos casos práticos. Uma amostra distinta poderá originar diferentes conclusões.

Pretendeu-se desenvolver um plano de manutenção que dê resposta aos problemas encontrados nos casos práticos, que respeite as necessidades das coberturas verdes, e que se foque mais na prevenção. Nesse sentido foram propostas várias inspeções e monitorizações aos elementos constituintes das coberturas, com frequência e detalhe adequados, promovendo uma manutenção mais preventiva.

Com base nas anomalias detetadas nos casos de estudo foi proposto um plano de manutenção que respeite as seguintes conclusões (consideradas fundamentais com base no estudo dos casos reais):

- ✓ Inspeções e monitorizações frequentes são indispensáveis para uma manutenção preventiva;
- ✓ Com base nas inspeções e monitorizações realizadas deve-se atuar de imediato, prevenindo o aparecimento de anomalias;
- ✓ Todas as ações de manutenção deverão ser bem conhecidas pelas entidades que as irão executar;
- ✓ Deverá haver a preocupação em manter os sistemas de drenagem em bom estado e a funcionar corretamente, de modo a não por em causa o funcionamento da cobertura;
- ✓ Todas as inspeções, monitorizações e ações de manutenção deverão ser realizadas o mais frequentemente possível, tentando balançar os custos associados à manutenção com custos de reparações e tratamento de anomalias que poderiam ser evitadas.

Este plano de manutenção pretende servir como contributo para a temática da manutenção de coberturas verdes. Para isso, e com base nos resultados obtidos no trabalho de campo, foram incorporados os seguintes aspetos:

- Considerou-se necessária a distinção entre planos de manutenção adequados a coberturas verdes intensivas e coberturas verdes semi-intensivas. Não é proposto nenhum plano adequado a coberturas verdes extensivas por não ter sido inspecionado nenhum caso representativo.
- Considerou-se importante a organização do plano de modo a torna-lo intuitivo e de fácil aplicação. Assim sendo, e com base na opinião partilhada por diversos intervenientes na manutenção dos casos inspecionados, optou-se pela divisão do plano consoante a entidade responsável. Cada entidade participante tem uma lista das ações que é responsável, na qual se encontram distinguidas as ações de inspeção e monitorização das ações preventivas.
- São propostas inspeções frequentes aos sistemas de drenagem. De modo a prevenir o aparecimento de anomalias nos sistemas de drenagem e, conseqüentemente, noutros elementos da cobertura, o plano de manutenção propõe que as inspeções aos sistemas de drenagem sejam realizadas pelo proprietário, pela equipa de jardinagem e por técnicos especializados. É importante que as inspeções sejam realizadas por equipas com conhecimento aprofundado (equipas de técnicos especializados). De modo a que sejam frequentes, propõe-se também a participação de todas as entidades envolvidas.
- O responsável pela cobertura/proprietário é responsável pela realização de muitas das ações de manutenção propostas. Visto ter fácil acesso à cobertura e poder não representar custos adicionais, considerou-se que o proprietário poderá ser mais participativo, principalmente no que se refere à realização de inspeções visuais e ações de limpeza.
- Consideraram-se periodicidades menores, propondo que as intervenções sejam mais frequentes e, assim, aumentar a capacidade de prever e prevenir o aparecimento de anomalias na cobertura verde.

- É especificada a necessidade de ancorar vegetação de grande porte apenas em coberturas que se localizem em zonas ventosas.
- Para todos os elementos constituintes das coberturas são propostas inspeções e monitorizações planeadas, a serem conduzidas por diferentes intervenientes. No entanto, de modo a aumentar a capacidade de prevenção de anomalias futuras, é proposto que as equipas de técnicos especializados realizem inspeções a todos os elementos, visto se tratarem de entidades com um conhecimento mais aprofundado.

Durante a recolha de informação sobre os casos de estudo e a procura de coberturas verdes tornou-se perceptível que se trata de uma solução construtiva cada vez mais aceite em Portugal. Na maioria dos casos o objetivo das coberturas verdes é a utilização de espaços inutilizados, transformando-os em áreas de lazer e permitindo criar uma sensação de continuidade entre o empreendimento e a sua envolvente. É possível concluir que, em Portugal, as coberturas verdes estão muito associadas à sua vertente estética. A implementação de coberturas verdes do tipo extensiva é, no entanto, escassa em Portugal. Ao longo da inspeção dos casos de estudo foi não se encontrou nenhuma cobertura do tipo extensiva, o que leva a concluir que em Portugal se verifica a preferência pela implementação de coberturas verdes intensivas. Verificou-se ainda que a maioria das coberturas verdes implementadas em Portugal são em edifícios públicos e de serviços ou em moradias onde a implementação de jardins é previsto logo na fase da conceção. Este facto poderá ser justificado pela ideia, partilhada por clientes e projetistas, de que as coberturas verdes são uma solução construtiva onerosa e com riscos associados elevados.

É importante ainda referir que o sucesso de uma cobertura verde não depende apenas da implementação de um plano de manutenção correto. É necessária a inter-relação entre todas as partes envolvidas, desde os projetistas das diferentes especialidades até aos construtores e instaladores. É fundamental que todas as questões, sistemas e componentes sejam acordados desde as fases iniciais. Uma correta conceção, que respeite os espaçamentos necessário entre a vegetação e pontos singulares, assim como uma correta construção de todo o sistema é indispensável e poderá evitar o aparecimento de muitas das anomalias detetadas ao longo da inspeção dos casos de estudo. Algumas das anomalias detetadas nos casos de estudo poderão ser justificadas por uma incorreta conceção, o que significa que qualquer tipo de manutenção não irá prevenir o seu aparecimento.

5.2 Desenvolvimentos futuros

A presente dissertação pretendeu criar uma proposta para um plano de manutenção de coberturas verdes em clima Mediterrânico, não sendo, no entanto, uma solução definitiva e final. Existem ainda desenvolvimentos possíveis no campo da manutenção de coberturas verdes que, se realizados, poderão levar a diferentes conclusões das apresentadas nesta dissertação.

Será interessante por exemplo analisar os planos de manutenção de coberturas verdes ideais do ponto de vista económico, percebendo quais as ações de manutenção e respetivas frequências que garantam o correto funcionamento da cobertura e que correspondam a custos mínimos de manutenção. Determinar quantitativamente os diversos parâmetros que influenciam o comportamento de uma

cobertura verde é também um possível desenvolvimento que induzirá a diferentes estratégias de manutenção. Todos os parâmetros considerados neste estudo foram avaliados qualitativamente, o que torna a análise mais subjetiva.

Nesta dissertação foram apenas avaliadas coberturas verdes intensivas e semi-intensivas, tendo sido propostos planos de manutenção apenas para estes tipos de coberturas. É igualmente interessante perceber qual o plano de manutenção adequado a coberturas extensivas.

Um plano de manutenção adequado, preciso e de fácil compreensão, associado a um balanço económico e garantia de custos o mais reduzidos possível poderá significar uma maior aceitação e proliferação das coberturas verdes.

Referências bibliográficas

- AHLUWALIA, G., SEIDERS, D. e MELMAN, S.; "Study of life expectancy of home components"; NAHB; Washington, USA, 2007.
- ALBANO, J.; "La maintenance des bâtiments en 250 fiches pratiques"; Editions Le Moniteur; Paris; 2005.
- ALVES, D.; "Critérios e Parâmetros relevantes para a execução de um plano de manutenção: aplicação a caso de estudo"; dissertação de mestrado em Engenharia Civil; Instituto Superior de Engenharia de Lisboa; 2012.
- ALVES, J.; "Impermeabilização e isolamento térmico de coberturas em terraço: sistemas construtivos e patologias"; dissertação de mestrado em Engenharia Civil; Instituto Superior de Engenharia de Lisboa; 2013.
- AZEVEDO, P.; "Montagem de laboratório para estudo experimental de coberturas verdes"; dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente; Universidade de Aveiro; 2011.
- BARBOSA, S.; "Planeamento da manutenção em elementos de construção em fachadas de edifícios de serviços"; dissertação de mestrado em Engenharia Civil; Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2009.
- BARROS, P.; "Processos de manutenção técnica de edifícios: plano de manutenção - coberturas"; dissertação de mestrado em Engenharia Civil; faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; 2008.
- BIANCHINI, F.; HEWAGE, K.; "How *green* are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials"; Building and Environment, vol. 48; 2012.
- BOUATTOUR, M., ALAIN, F.; "La Végétalisation des Bâtiments"; Paris; 2009.
- CARVALHO, J.; "Manutenção e desempenho em serviço de edifícios durante o período de vida útil"; Curso FUNDEC/ ICIST: Manutenção e desempenho em serviço de edifícios durante o período de vida útil; Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2010.
- CHEN, H., OOKA, R., HUANG, H., TSUCHIYA, T.; "Study on mitigation measures for outdoor thermal environment on present urban blocks in Tokyo using coupled simulation"; Building and Environment, vol.44; 2009.
- CIB W86; "Building pathology: a state of the art report"; CIB Report; Netherlands; 1993.
- COELHO, A.; "Manutenção de coberturas verdes: apoio ao projeto"; dissertação de mestrado em Engenharia Civil; Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2014.
- CORREIA, O.; "Espécies mediterrânicas e sua aplicação em "*Green Roofs*"; apresentação em jornada internacional coberturas verdes; centro de Biologia Ambiental (CBA), Faculdade de Ciências – Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2012.
- COSTA, L.; "Espaços verdes sobre cobertura: uma abordagem estética e ética"; dissertação de mestrado em Arquitetura Paisagista; Instituto de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2010.

DIAS, T.; “Durabilidade de materiais utilizados nos sistemas de impermeabilização de coberturas planas”; dissertação de mestrado em Engenharia Civil; FEUP; Porto; 2008.

DOUGLAS, J., RANSOM, W.; “Understanding building failures”; Taylor & Francis; UK; 2007.

DUNNETT, N., KINGSBURY, N.; “Planting Green Roofs and Living Walls”; Timber Press; London, UK; 2008.

EARTH PLEDGE; “Green roofs: ecological design and construction”; Schiffer Publishing; New York, USA; 2005.

EMILSSON, T., BERNDTSSON, J., MATTSSON, J., ROLFA, K.; “Effect of using conventional and controlled release fertilizer on nutrient runoff from various vegetated roof systems”; Ecological engineering, vol.29; 2007.

FERREIRA, L.; “Rendimento e custos em atividades de manutenção de edifícios: coberturas de edifícios correntes”; dissertação de mestrado em Engenharia Civil; Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2009.

FISHBURN, C.; “Practical considerations on design and installations of green roofs: the waterproofing challenge”; Building for the future: the 16th CIB World Building Congress; Netherlands; 2004.

FLL (2008); “Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofing”; Green roofing guideline; 2008.

FLORES-COLEN, I.; “Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na ótica da manutenção preditiva”; dissertação de doutoramento; Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2009.

FLORES-COLEN, I., BRITO, J.; “A influência de alguns parâmetros na fiabilidade de estratégias de manutenção”; publicado nas atas do 3º encontre: encontro sobre conservação e reabilitação de edifícios; LNEC; Lisboa; 2003.

GARRAND, C.; “HAPM guide to defect avoidance”; HAPM publications ltd; London, UK; 1999.

GRO; Green Roof Organization; “The GRO Green Roof Code: green roof code of best practice for the UK”; Groundwork Sheffield; UK; 2011.

GRG; Green Roof Guide; “Design guidance for biodiverse green roofs and green roof supplementary planning document guidance”; Groundwork Sheffield; UK; 2011.

HODGES, C.; “Effective roof management: understanding the life cycle of your roof systems”; 8DBMC international conference on durability of building materials and components; Canada; 1999.

ILOZOR, B., OKOROH, I., EGBU, E.; “Understanding residential house defects in Australia from State of Victoria”; Building and Environment; V39, nº 3; 2004.

IPQ (2007); NP EN 13306: Terminologia da manutenção; CEN; Instituto Português da Qualidade; Portugal; 2007.

KÖHLER, M., SCHMIDT, M., GRIMME F., LAAR M., GUSMÃO F.; “Urban water retention by greened roofs in temperate and tropical climates”; 38th World Congress of the International Federation of Landscape Architects; Singapore; 2001.

LAWLOR G., CURRIE B., DOSHI H., WIEDITZ I.; “A resource manual for municipal policy makers Canada”; Canada; 2006.

LEITE, C.; “Estrutura de um plano de manutenção de edifícios habitacionais”; dissertação de mestrado em Engenharia Civil; FEUP; Porto; 2009.

LOPES, J.; “Análise de anomalias em coberturas em terraço: uma forma de aprender a projetar e a executar bem as respetivas soluções”; 2º encontro nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios; FEUP; Porto; 2006.

LOPES, J.; “As especificações das coberturas verdes”; 2º Congresso Nacional de Construções; Lisboa; 2004.

MADRIGAL, L.; “Propuesta metodológica para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la edificación española a partir del método propuesto por la norma iso-15686”; Escuela Técnica Superior de Arquitectura - Universidad Politécnica de Valencia; Espanha; 2012.

MAGALHÃES, R.; “Processo de manutenção técnica de edifícios: rebocos pintados”; dissertação de mestrado em Engenharia Civil; FEUP; Porto; 2008.

MARQUES, J.; “Desempenho do granulado de autoproteção de membranas betuminosas”; dissertação de mestrado em Engenharia civil; Instituto Superior Técnico– Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2009.

MORGADO, J.; “Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes”; dissertação de mestrado em Engenharia civil; Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa; 2012.

NTJ 11C (2012); “Ajardinamientos especiales - Cubiertas verdes. Normas tecnológicas de jardinería y paisajismo”; Barcelona; 2012.

PALHA, P.; “Neoturf - Coberturas verdes em Portugal: problemas e oportunidades”; apresentação em Jornada Internacional Coberturas Verdes; Lisboa; 2012.

PECK, S., KUHN, M.; “Design guidelines for green roofs”; Environment Canada; Toronto, Canada; 2000.

PECK, S., KUHN, M.; “Design guidelines for green roofs”; Canada; 2003.

PÉREZ, G., VILA, A., RINCÓN, L., SOLÉ, C., CABEZA, L.; “Use of rubber crumbs as drainage layer in green roofs as potential energy improvement material”; Applied Energy, vol. 97; 2012.

PERRET, J. ; “Guide de la maintenance des bâtiments : moniteur référence technique”; France; 1995.

PINTO, C.; “Introdução às Coberturas Verdes”; dissertação de mestrado em Engenharia Civil; Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto; Porto; 2014.

PIRLA, S.; “Manual de mantenimiento de edificios - el libro del técnico mantenedor”; Madrid, Espanha; 1999.

PRATES, J.; “Desempenho de coberturas verdes em zonas urbanas”; dissertação para obtenção do grau de mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis; Universidade de Aveiro; Aveiro; 2012.

RICS Books; “Building maintenance: Strategy, planning & performance”; The Royal Institution of Chartered Surveyors; UK; 2000.

RAPOSO, F.; “Manual de boas práticas de coberturas verdes: análise de casos de estudo”; dissertação para obtenção do grau de mestre em Construção e Reabilitação; Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2013.

ROCHA, P.; “Anomalias em coberturas de terraço e inclinadas”; dissertação de mestrado em Engenharia Civil; Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2008.

RODRIGUES, R.; “Gestão de edifícios: modelo de simulação técnico-económica”; dissertação de doutoramento em Engenharia Civil; FEUP; Porto; 2001.

RODRIGUEZ, J.; “La cubierta del edificio”; Thomson paraninfo; Madrid, Espanha; 2005.

ROWE, D., GETTER, L., DURHMAN, K.; “Effect of green roof media depth on Crassulacean plant succession over seven years”; Landscape and Urban Planning, vol.104; 2012.

SILVA, J.; “Coberturas e Fachadas Verdes”; dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia militar; Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2012.

SILVA, C., COLEN, I., COELHO, A.; “Green roofs in mediterranean areas – survey and maintenance planning”; Building and Environment; 2015.

STATER, D.; “Green roofs: sustainability from the top down”; University of California; California, EUA; 2008.

TOLDERLUND, L.; “Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West”; LEED AP; GRP; University of Colorado; Denver; 2010.

TOSTÕES, A.; “Fundação Calouste Gulbenkian – Os Edifícios”; Fundação Calouste Gulbenkian; Lisboa, Portugal; 2006.

TRUJILLO, L.; “Manual de diagnóstico e intervenção em coberturas planas”; Col·legi d’aparelladors i arquitectes tècnics; Barcelona, Espanha; 2002.

VARELA, A.; “A utilização de Revestimentos de Vegetação Intensivos e Extensivos em Projeto de Arquitetura Paisagista em cobertura”; dissertação de mestrado em Arquitetura paisagística; Instituto Superior de Agronomia; Lisboa; 2011.

WILKINSON, J., REED, R.; “Green roof retrofit potential in the central business district”; Property Management, vol. 27-5; 2009.

Sites visitados

[w₁] IMPA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera; <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>; consultado em Março de 2016.

[w₂] Clima de Portugal; <http://www.prof2000.pt/users/elisabethm/geo7/clima/cportugal.htm>; consultado em Março de 2016.

[w₃] PLIO; <http://www.plio.pt/qual-o-potencial-energetico-do-seu-telhado/>, consultado em Março de 2016.

[w₄] Inhabitat; <http://inhabitat.com/urban-farming/>; consultado em Março de 2016.

[w₅] NEOTURF, Coberturas Verdes; www.neoturf.pt; consultado em Março de 2016.

[w₆] ZINCO - Sistemas para coberturas ecológicas sustentáveis; <http://www.zinco-greenroof.com>; consultado em Novembro 2015.

[w₇] Jardins Suspensos da Babilónia; www.imagens-historicas.com.br/jardins-suspensos-babilonia; consultado em Abril 2016.

[w₈] Green Roof Technology; www.greenrooftechology.com/green-roof-blog/the-oldest-existing-green-roof-in-the-world; consultado em Abril de 2016.

[w₉] Fotonapoli; <http://www.fotonapoli.it>; consultado em Abril de 2016.

[w₁₀] PARQ; <http://www.parqmag.com/?p=32721>; consultado Abril de 2016.

[w₁₁] fortytwotimes; <http://www.fortytwotimes.com/5511/5-of-the-most-peculiar-gardens-in-the-world/>; consultado em Abril de 2016.

[w₁₂] Powerhouse; <http://www.powerhousegrowers.com/6-successful-sustainable-green-roof-projects/>; consultado em Abril de 2016.

[w₁₃] Toronto; www1.toronto.ca/wps/portal/; consultado em Abril de 2016.

[w₁₄] IGRA; www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php; consultado em Maio 2016.

[w₁₅] Green Roof Service LLC; <http://www.greenroofservice.com/>; consultado em Março 2016.

[w₁₆] Danosa – Building together; <http://portal.danosa.com/danosa/index.jsp>; consultado em Abril de 2016.

[w₁₇] Luschi; <http://www.luschi.com.br/membrana-pvc>; consultado em Abril de 2016.

[w₁₈] Dow roofmate SL-A; <http://www.gevohome.com/>; consultado em Abril de 2016.

[w₁₉] Verde Pensile: prestazioni di sistema e valore ecologico; www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/mlg-78.3-2012-verde-pensile.pdf; consultado em Maio de 2016.

[w₂₀] Green roof guidelines; www.greenroofguidelines.com.uk; consultado em Julho 2016.

[w₂₁] Jardins do Paço - Arquitetura paisagística; <http://www.jardinsdopaco.pt/site/>; consultado em Julho 2016.

[w₂₂] Google Maps; <https://www.google.pt/maps/place/Alto+dos+Moinhos,+Lisboa/@38.7470676,-9.1808126,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xd193328a54d4f9f0x8e1a81964f603d2e!8m2!3d38.7470634!4d-9.1786239>; consultado em Maio de 2016.

[w₂₃] Base de dados jurídica; <https://bdjur.almedina.net/register.php>; consultado em Setembro de 2016

[w₂₄] Patologias em betão armado; <http://rodrigocarvalho.com.br/artigos/patologias-em-concreto-armado/>; consultado em Setembro de 2016

[w₂₅] Portal metálicas: construção civil; <http://wwwo.metallica.com.br/vergalhao-galvanizado-durabilidade-e-seguranca-para-sua-obra>, consultado em Setembro de 2016.

[w₂₆] Técnica; <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/artigo287763-1.aspx>; consultado em Setembro de 2016.

[w₂₇] Dicas de casa; <http://www.dicascaseiras.com/2010/02/10/guia-completo-como-combater-eliminar-prevenir-humidade/>; consultado em Setembro de 2016.





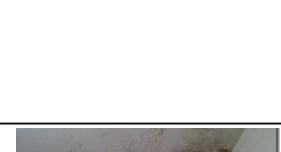


ANEXOS

Anexo A – Estimativas das vidas úteis dos diversos elementos fontes de manutenção (GARRAND, 1999; RICS, 2001; MORGADO, 2012; MADRIGAL, 2012; FERREIRA, 2009 e BARROS, 2008).




EFM	Material	Vida útil (anos)					
		GARRAND (1999)	RICS (2001)	MORGADO (2012)	MADRIGAL (2012)	FERREIRA (2009)	BARROS (2008)
Estrutura de suporte	Madeira	35	84 (inclinadas) 40 (planas)	35-40			
	Betão armado	30-35		30-50	28-100		
	Metálica	30-35	30	30-40			
Sistema de drenagem	Metálico	20-35		20-40		40	
	PVC	10		10-30			
	Fibrocimento	20-25		20-25			
	Fibra de vidro	20-30		20-25			
	Membranas asfálticas			25-30		12	
Camada de impermeabilização	Asfalto	35	36	25-36	10-90		20-30
	Betume	35	19	17-35	10-90		
	Plásticos	30-35	27	10-35	10-90		
Proteção da impermeabilização				10-30			
Sistema de isolamento térmico	Mineral	35	36	35-36	20-100		30-50
	Vegetal						
	Sintético					20	
Barreira pára-vapor				30-50			
Sistem de remates	Metálicos	15-35		15-30			
	Membranas betuminosas	15-35		15-30			
	Membranas asfálticas			15-30		12	
	Mástique					6	
Elementos de fixação	Metálicos	20					
Alvenarias	Cerâmica			50			
	Pedra natural			50			
	Betão			50			

Anexo B – Anomalias e causas prováveis

Anexo B.1. Anomalias e causas prováveis na camada de suporte (COELHO, 2014; MORGADO, 2012; MADRIGAL, 2012; NTJ 11C, 2012 e PALHA, 2012).

Camada de Suporte		
Anomalias	Causas prováveis	Exemplos (ilustrações e respetivas referências)
Fendilhação/fissuração	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cargas excessivas ✓ Proteção anti-raízes inadequada ✓ Utilização de vegetação inadequada 	 <p>PALHA (2012)</p>
Deformação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Carga permanente excessiva 	 <p>[w_{2d}]</p>
Esmagamentos localizados	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cargas pontuais excessivas ✓ Ação do vento 	 <p>[w_{2d}]</p>
Desagregação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Carbonatações 	 <p>[w_{2d}]</p>
Degradação biológica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Efeitos de fungos/insetos xilófagos 	
Corrosão	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presença de água, infiltrações 	 <p>[w_{2d}]</p>
Rigidez, contraventamento ou resistência insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dimensionamento incorreto da estrutura ✓ Execução incorreta da estrutura ✓ Cargas excessivas 	
Manchas de humidade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presença de água, infiltrações ✓ Perfuração da membrana de impermeabilização ✓ Inexistência de membrana pára-vapor sob isolamento térmico 	 <p>[w₂₇]</p>
Colapso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cargas excessivas ✓ Acumulação excessiva de água 	 <p>PALHA (2012)</p>





Anexo B.2. Anomalias e causas prováveis na camada de substrato, anti-raízes, de proteção da impermeabilização, drenante e filtrante (COELHO, 2014; NTJ 11C, 2012; MORGADO, 2012; PALHA, 2012; RAPOSO, 2013; PRATES, 2012; FLL, 2008 e TOLDERLUND, 2010)

Camada de substrato		
Anomalias	Causas prováveis	Exemplos (ilustrações e respetivas referências)
Encharcamento	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pendentes inferiores a 3% com camada drenante de espessuras insuficientes ✓ Funcionamento do sistema de drenagem incorreto ✓ Camada drenante inexistente ou inadequada ✓ Número insuficiente de pontos de escoamento 	 <p>COELHO (2014)</p>
Deslizamento e erosão	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pendente excessiva ✓ Vento no perímetro ✓ Inexistência de vegetação 	 <p>COELHO (2014)</p>
Contração/retração excessiva	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Material orgânico em excesso no substrato ✓ Períodos excessivos sem rega ✓ Exposição solar excessiva/sem sombras 	
Compactação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Distribuição granulométrica inadequada ✓ Excesso de matéria orgânica ✓ Excesso de pisoteio por utilizadores e técnicos de manutenção 	
Camada anti-raízes, de proteção da impermeabilização, drenante e filtrante		
Anomalias	Causas prováveis	Exemplos (ilustrações e respetivas referências)
Decomposição da membrana anti-raízes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hidrólise (incompatibilidade dos materiais) 	
Membrana de proteção rasgada	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presença de elementos com arestas vivas (cargas excessivas) ✓ Colocação incorreta das membranas 	 <p>MORGADO (2012)</p>
Deslizamento das membranas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pendente excessiva ✓ Inexistência de barreiras de contenção (coberturas inclinadas) 	 <p>MORGADO (2012)</p>
Entupimento da camada drenante	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Material orgânico ou argiloso em excesso no substrato técnico ✓ Inexistência de camada filtrante ✓ Colocação incorreta da camada filtrante ✓ Aplicação de solo natural 	 <p>PALHA (2012)</p>
Obstrução dos poros da camada filtrante	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inclusão de elementos calcários na camada drenante ✓ Aplicação de solo natural 	

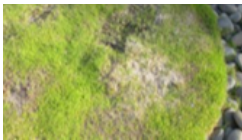



Anexo B.3. Anomalias e causas prováveis na camada de impermeabilização (COELHO, 2014; NTJ 11C, 2012; MORGADO, 2012; MADRIGAL, 2012; FLL, 2008 e PALHA, 2012).

Camada de Impermeabilização		
Anomalias	Causas prováveis	Exemplos (ilustrações e respetivas referências)
Deslizamentos das membranas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pendente excessiva ✓ Fixação inadequada em coberturas inclinadas 	 <p>MORGADO (2012)</p>
Fissuração	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Movimentos diferenciais ✓ Contração ou expansão ✓ Inexistência de camada de dessolidarização ✓ Incompatibilidade de materiais 	 <p>COELHO (2014)</p>
Perfurações/rasgamentos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cargas pontuais devido à inexistência de camada de proteção de impermeabilização ✓ Fixação posterior de objetos ✓ Manutenção da vegetação com objetos cortantes ✓ Presença de elementos com arestas vivas ✓ Inexistência de proteção anti-raízes 	 <p>COELHO (2014)</p>
Empolamentos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inadequada execução da colagem das membranas ✓ Falta de planeza e encurvadura do suporte ✓ Limpeza do suporte insuficiente 	 <p>COELHO (2014)</p>
Descolamento nas juntas de sobreposição	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Deficiente execução das membranas ✓ Deficiente aplicação das juntas ✓ Fixação da impermeabilização incorreta ✓ Quantidade de produto de colagem insuficiente 	 <p>COELHO (2014)</p>
Formação de pregas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fixação do sistema de impermeabilização incorreta 	 <p>MORGADO (2012)</p>
Decomposição da membrana	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hidrólise (incompatibilidade dos materiais) 	
Acumulação de água, manchas de corrosão	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistema de drenagem ineficiente ou entupido ✓ Presença de elementos metálicos sem proteção à corrosão ✓ Manutenção insuficiente 	 <p>MORGADO (2012)</p>

Anexo B.4. Anomalias e causas prováveis nos sistemas de remates e na camada de vegetação (COELHO, 2014; NTJ 11C, 2012; RAPOSO, 2013; MORGADO, 2012; FLL, 2008; TOLDERLUND, 2010 e PALHA, 2012).






Sistemas de remate		
Anomalias	Causas prováveis	Exemplos (ilustrações e respetivas referências)
Fissuração dos remates verticais	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inexistência de proteção térmica das platibandas altas e rígidas com material isolante eficaz ✓ Inexistência de proteção vertical do remate ✓ Variações no comportamento térmico e mecânico entre a estrutura resistente e o elemento emergente 	
Fissuração dos remates de juntas de dilatação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Execução incorreta 	
Fluência ou deslizamento dos remates	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ação térmica ✓ Altura excessiva do remate de impermeabilização 	
Deslocamento dos remates	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Concepção dos remates em condições atmosféricas desfavoráveis ✓ Inexistência de juntas de sobreposição ✓ Proteção do bordo superior do remate inadequada ✓ Fixação dos remates de impermeabilização às tubagens emergentes deficiente 	

COELHO (2014)

Camada de vegetação		
Anomalias	Causas prováveis	Exemplos (ilustrações e respetivas referências)
Vegetação morta	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rega insuficiente ou encharcamento ✓ Pisoteio excessivo ✓ Pendente excessiva (sem capacidade de retenção de água) 	
Vegetação infestante	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rega excessiva ✓ Fertilização excessiva ✓ Manutenção insuficiente ou inadequada 	
Lesões, congelamento e morte de vegetação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vento nos perímetros ✓ Proximidade de saídas de ventilação (variações térmicas) ✓ Vegetação ou substrato inadequados ✓ Manutenção inexistente ou inadequada ✓ Períodos excessivos sem rega ✓ Incorreta utilização ✓ Pragas, fungos e doenças ✓ Asfixia por encharcamento 	
Queda de vegetação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vento associado à inexistência de ancoragens ✓ Profundidade do substrato insuficiente ✓ Vegetação inadequada 	

COELHO (2014)

Anexo B.5. Anomalias e causas prováveis no sistema de drenagem e na camada de isolamento térmico (COELHO, 2014; ALVES, 2013; MORGADO, 2012; NTJ 11C, 2012; FLL, 2008 e PALHA, 2012).

Sistema de drenagem		
Anomalias	Causas prováveis	Exemplos (ilustrações e respetivas referências)
Entupimento dos ralos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vegetação a obstruir ✓ Substrato com finos em excesso ✓ Acumulação de detritos 	
Acumulação de sujidade e detritos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Manutenção insuficiente ou inadequada ✓ Acumulação de vegetação seca 	 PALHA (2012)
Fissuração das caleiras metálicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pontos de evacuação executados incorretamente ✓ Ação da temperatura e radiação ultravioleta ✓ Material naturalmente envelhecido 	 MORGADO (2012)
Roturas das juntas entre caleiras	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Juntas de dilatação incorretamente executadas ✓ Proteção do bordo superior do remate executado incorretamente ✓ Controlo de qualidade deficiente ✓ Ação da temperatura e radiação ultravioleta ✓ Material naturalmente envelhecido ✓ Pontos de evacuação de águas pluviais executados incorretamente 	 COELHO (2014)
Perfuração	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fixação de objetos ✓ Manutenção da vegetação com objetos cortantes ✓ Elementos com arestas vivas 	
Corrosão	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fraca qualidade do material à corrosão 	
Acumulação de água em tubos de queda e caleiras	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Superfícies acabadas irregulares ✓ Deficiente limpeza do suporte ✓ Acumulação de detritos ✓ Ausência de manutenção ✓ Estrangulamento dos pontos de evacuação 	 COELHO (2014)
Camada de isolamento térmico		
Anomalias	Causas prováveis	Exemplos (ilustrações)
Encharcamentos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inexistência de membrana pára-vapor (quando o isolamento está sob a camada de impermeabilização) ✓ Perfuração da membrana de impermeabilização (quando o isolamento está sob a camada de impermeabilização) ✓ Material incorreto de isolamento (quando esta está sob a camada de impermeabilização) 	

Anexo C – Periodicidade das ações de manutenção dos elementos constituintes das coberturas verdes.

Anexo C.1. Ações de manutenção e respetivas periodicidades propostas por NTJ 11C (2012) a implementar em coberturas verdes intensivas.

Ações de manutenção	Periodicidade		
	1ª fase	2ª fase	3ª fase
Limpeza	◆	◆	◆
Rega	◆	◆	◆
Fertilização		■	◆
Inspeção técnica	◆	◆	◆
Poda		■	◆
Ceifa	◆	◆	◆
Remoção de vegetação infestante	■	■	■
Arejamento do substrato		■	◆
Adição de substrato			◆
Eliminação de vegetação em locais indesejáveis		■	◆
Poda de raízes			■
Replantação	■	◆	◆
Controlo de pragas	■	■	■
Tratamento de lesões	■	■	■
Ancoragem de vegetação de grande porte	◆	◆	◆
Remoção de vegetação seca e detritos		◆	◆
Inpeção técnica	◆	◆	◆
Controlo e limpeza dos sistemas de drenagem	◆	◆	◆
Controlo e limpeza de claraboias e sistemas de ventilação		■	◆
Controlo e regulação das medidas anti-queda	◆	◆	◆
Conservação dos elementos de alvenaria	◆	◆	◆
Substituição dos filtros de drenagem			◆
Controlo e limpeza de acumulação de carbonatos nas caleiras		◆	◆
Inspeção e regulação dos sistemas de rega	◆	◆	◆

Legenda:

- Apenas se necessário
- ◆ Com regularidade

Anexo C.2. Ações de manutenção e respetivas periodicidades propostas por MORGADO (2012) a implementar em coberturas verdes intensivas.

Ações de manutenção	Periodicidade		
	1ª fase	2ª fase	3ª fase
Controlo e limpeza dos sistemas de drenagem	2 por ano	2 por ano	2 por ano
Inspeção e limpeza dos remates	1 por ano	1 por ano	1 por ano
Inspeção dos elementos de alvenaris	2 por ano	2 por ano	2 por ano
Inpeção profunda da impermeabilização		5 em 5 anos	
Inspeção da estrutura de suporte		3 em 3 anos	

Tabela D.2. Proposta de ficha de inspeção – Anomalias detetadas e causas prováveis

	Anomalias	Causas prováveis
Camada de Suporte	Fendilhação / Fissuração	() Cargas excessivas () Proteção anti-raízes inadequada () Utilização de vegetação inadequada
	Deformação	() Carga permanente excessiva
	Esmagamentos localizados	() Cargas pontuais excessivas () Ação do vento
	Desagregações	() Carbonatações
	Corrosão	() Presença de água, Infiltrações
	Falta de resistência, contraventamento ou rigidez	() Dimensionamento incorreto () Execução incorreta da estrutura suporte () Cargas excessivas
	Manchas de humidade	() Danos na membrana de impermeabilização () Presença de água, infiltrações () Membrana pára-vapor sob isolamento térmico inexistente
	Colapso	() Cargas excessivas () Acumulação de água
	Camada de impermeabilização	Deslizamento das membranas
Fissuração		() Movimentos diferenciais () Contração ou expansão () Inexistência de camada de dessolidarização () Incompatibilidade de materiais
Perfurações ou Rasgamentos		() Cargas pontuais associado à inexistência de camada de proteção da impermeabilização () Fixação posterior de objetos () Manutenção da vegetação com objetos cortantes () Presença de elementos com arestas vivas () Devido às raízes - inexistência ou ineficácia da camada anti-raízes
Empolamentos, bolsas de ar		() Inadequada execução da colagem das membranas () Falta de planeza e encurvadura do suporte () Ineficaz limpeza do suporte
Deslocamento nas juntas de sobreposição		() Deficiente execução das membranas () Deficiente aplicação das juntas () Ineficaz fixação da impermeabilização () Quantidade de produto de colagem insuficiente
Formação de pregas		() Ineficaz fixação do sistema de impermeabilização
Decomposição da tela		() Hidrólise - devido a incompatibilidade de materiais
Acumulação de água e manchas de corrosão em locais pontuais		() Sistema de drenagem ineficiente ou entupido () Presença de elementos metálicos sem proteção à corrosão
Camada anti-raízes, de proteção da impermeabilização, drenante, de retenção e filtrante.		Decomposição da tela anti-raízes
	Membrana de proteção rasgada	() Presença de elementos com arestas vivas com cargas excessivas () Colocação incorreta das telas
	Deslizamento de telas	() Pendente excessiva () Inexistência de barreiras de contenção em coberturas inclinadas
	Entupimento da camada drenante	() Material orgânico ou argiloso em excesso no substrato técnico () Colocação incorreta da camada filtrante () Inexistência da camada filtrante () Aplicação de solo natural
	Obstrução dos poros da camada filtrante	() Inclusão de elementos calcários na camada drenante () Presença excessiva de material orgânico ou argiloso no substrato técnico () Aplicação de solo natural

Tabela D.3. Proposta de ficha de inspeção – Anomalias detetadas e causas prováveis

	Anomalias	Causas prováveis
Camada de substrato	Encharcamento	<input type="checkbox"/> Pendentes inferiores a 3% com camada drenante com espessura insuficiente
		<input type="checkbox"/> Ineficiente funcionamento do sistema de drenagem
		<input type="checkbox"/> Camada drenante inexistente ou inadequada
	Deslizamento e erosão	<input type="checkbox"/> Número insuficiente de pontos de escoamento
<input type="checkbox"/> Pendente excessiva		
Contração / retração excessiva	<input type="checkbox"/> Efeito do vento no perímetro (em particular cantos)	
	<input type="checkbox"/> Inexistência de vegetação	
	<input type="checkbox"/> Material orgânico em excesso na constituição do substrato	
Compactação	<input type="checkbox"/> Períodos excessivos sem rega	
	<input type="checkbox"/> Exposição excessiva à radiação solar sem vegetação a sombrear	
	<input type="checkbox"/> Distribuição granulométrica inadequada	
Camada de vegetação	Vegetação seca	<input type="checkbox"/> Excesso de matéria orgânica
		<input type="checkbox"/> Excesso de pisoteio por utilizadores ou técnicos de manutenção
	Vegetação infestante	<input type="checkbox"/> Rega insuficiente
		<input type="checkbox"/> Pendente excessiva sem capacidade de retenção de água
	Lesões, congelamento e morte da vegetação	<input type="checkbox"/> Rega excessiva
<input type="checkbox"/> Fertilização excessiva		
<input type="checkbox"/> Manutenção insuficiente ou programada incorretamente		
<input type="checkbox"/> Efeito do vento no perímetro		
<input type="checkbox"/> Proximidade de saídas de ventilação - ar muito frio, muito quentes ou correntes de ar fortes		
Queda de vegetação	<input type="checkbox"/> Vegetação ou substrato inadequados	
	<input type="checkbox"/> Manutenção insuficiente ou inexistente	
	<input type="checkbox"/> Período excessivos sem rega	
	<input type="checkbox"/> Pisoteio excessivo	
	<input type="checkbox"/> Pragas, fungos e doenças	
<input type="checkbox"/> Asfixia radicular por encharcamento		
Sistema de drenagem	Equipamento dos ralos	<input type="checkbox"/> Efeito do vento associado a ancoragens inexistentes ou inadequadas
		<input type="checkbox"/> Efeito do vento associado a profundidade de substrato insuficiente
		<input type="checkbox"/> Vegetação inadequada
	Sujidade e acumulação de detritos	<input type="checkbox"/> Vegetação a obstruir
		<input type="checkbox"/> Substrato inadequado- finos em excesso
	Fissuras das caleiras metálicas	<input type="checkbox"/> Acumulação de detritos
		<input type="checkbox"/> Falta de manutenção- limpeza
<input type="checkbox"/> Acumulação de vegetação seca - Inadequada separação da vegetação envolvente		
Rotura das juntas entre caleiras	<input type="checkbox"/> Conceção deficiente dos pontos de evacuação	
	<input type="checkbox"/> Ação da temperatura e da radiação ultravioleta	
	<input type="checkbox"/> Envelhecimento natural do material	
Perfuração	<input type="checkbox"/> Conceção deficiente das juntas de dilatação	
	<input type="checkbox"/> Inadequada execução da proteção do bordo superior do remate	
	<input type="checkbox"/> Ação da temperatura e da radiação ultravioleta	
Corrosão	<input type="checkbox"/> Envelhecimento natural do material	
	<input type="checkbox"/> Conceção deficiente dos pontos de evacuação de águas pluviais	
Sistema de remates	Fissuração dos remates verticais	<input type="checkbox"/> Deficiente controlo de qualidade
		<input type="checkbox"/> Fixação de objetos
	Fluência ou deslizamento dos remates	<input type="checkbox"/> Manutenção da vegetação com objetos cortantes
		<input type="checkbox"/> Presença de elementos com arestas vivas
	Deslocamento dos remates	<input type="checkbox"/> Fraca qualidade (na resistência à corrosão) do material
<input type="checkbox"/> Deficiente regularização das superfícies acabadas		
<input type="checkbox"/> Acumulação de detritos		
Camada de Isolamento Térmico	Presença de água ou condensações	<input type="checkbox"/> Ausência de manutenção
		<input type="checkbox"/> Deficiente limpeza do suporte
		<input type="checkbox"/> Estrangulamento dos pontos de evacuação
Sistema de remates	Fissuração dos remates verticais	<input type="checkbox"/> Inexistência de proteção térmica das platibandas altas e rígidas com material isolante eficaz
		<input type="checkbox"/> Inexistência de proteção vertical do remate
	Fluência ou deslizamento dos remates	<input type="checkbox"/> Diferenças de comportamento térmico e mecânico entre a estrutura resistente e o elemento emergente
Deslocamento dos remates		<input type="checkbox"/> Execução incorreta
	<input type="checkbox"/> Ação da temperatura	
	<input type="checkbox"/> Altura excessiva do remate de impermeabilização	
Camada de Isolamento Térmico	Presença de água ou condensações	<input type="checkbox"/> Aplicação dos remates em condições atmosféricas desfavoráveis
		<input type="checkbox"/> Inadequada proteção do bordo superior do remate
		<input type="checkbox"/> Deficiente processo de fixação dos remates de impermeabilização às tubagens emergentes
		<input type="checkbox"/> Inexistência de juntas de sobreposição
Camada de Isolamento Térmico	Presença de água ou condensações	<input type="checkbox"/> Inexistência de membrana para-vapor - quando o isolamento está sob a camada de impermeabilização
		<input type="checkbox"/> Perfuração da membrana de impermeabilização - quando o isolamento está sob a camada de impermeabilização
		<input type="checkbox"/> Material incorreto de isolamento - quando está sobre a camada de impermeabilização