U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

INSPEÇÃO DE MEMBRANAS LÍQUIDAS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS PLANAS

NANCI TATIANA BAPTISTA BARBOSA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JUNHO DE 2014

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2013/2014

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌍 http://www.fe.up.pt

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

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

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

A meus pais, irmão e irmã

O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem.
Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho pela sua disponibilidade, paciência, pelos seus conselhos e pela sua ajuda na resolução dos problemas/dificuldades encontradas ao longo desta dissertação.

Aos meus pais estou infinitamente agradecida por me proporcionarem uma vida cheia amor e alegria, por me apoiarem e estarem sempre ao meu lado em todos os momentos, por me darem a oportunidade de poder estar a acabar um curso superior, por ensinarem a ter coragem de enfrentar todos os problemas que aparecerem e pelo exemplo de pessoas trabalhadoras, lutadoras e sonhadoras que são.

Gostaria de agradecer ao meu irmão e irmã por me ajudarem sempre que preciso, por serem pacientes comigo e por serem os melhores amigos para além de serem irmãos.

Aos meus amigos gostaria de agradecer o estarem sempre presentes, a ajuda que são para manter sempre a alegria presente e por me ajudarem a ultrapassar mais um desafio da vida.

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que, durante a realização desta dissertação, dispensaram um pouco do seu tempo para me ajudar de alguma forma tanto em fornecerem informações como a me ajudarem a ter acesso às coberturas dos edifícios, nomeadamente às seguintes pessoas, por ordem alfabética:

André Vieira (Socisola)

Armindo Pires (Presidente de condomínio)

Filipe Sambentto (Especialista – Weber Saint-Gobain)

Engº João Mansilha (Especialista – Sika)

Engº José Carlos Sousa (Teprocil)

Maria das Dores Teixeira (Chefe de limpezas)

Moreira (Servente de mesa)

Engº Nuno Amaral (Teprocil)

Nelson Carvalho (Contry Manager Portugal – ENKE)

Engº Rui Ramos (Weber Saint-Gobain)

RESUMO

Os materiais de construção e as suas técnicas de aplicação estão em constante evolução. Essa evolução advém do avanço da ciência e das tecnologias. A impermeabilização de coberturas planas, é um dos elementos das edificações que tem sofrido alterações tanto nos materiais que são utilizados como nas técnicas de aplicação e de manutenção. Sabendo que existe uma panóplia de materiais de impermeabilização, é necessário conhecer, caracterizar e avaliar os comportamentos de cada material. Esta dissertação focou-se apenas em identificar, caracterizar e estudar a durabilidade em obra das membranas líquidas de impermeabilização.

Depois de perceber o conceito de durabilidade, de serem expostas as exigências funcionais dos produtos de impermeabilização e das coberturas planas, de se caracterizar cada tipo de membranas líquidas de impermeabilização, identificar os respetivos sistemas, saber vantagens e desvantagens destes sistemas de impermeabilização, de conhecer e analisar as possíveis anomalias que este elemento das coberturas podem ter e as que podem provocar, foi realizada uma campanha de inspeção a edifícios de forma a recolher os dados necessários para o estudo da durabilidade destes sistemas.

Antes do início da inspeção aos edifícios, foi elaborada uma ficha de inspeção de edifícios de maneira a que a informação necessária em cada caso fosse recolhida de forma prática e sistemática, com o objetivo de facilitar a análise de dados posterior à inspeção. A informação a recolher em cada inspeção foi selecionada de acordo com as condicionantes que o estudo da durabilidade implica. De forma sucinta, cada ficha de inspeção contem informações sobre as características do edifício, da cobertura e do sistema de impermeabilização, as anomalias que podem ser encontradas e o espaço para se fazer o registo fotográfico.

A amostra dos edifícios estudados traduziu-se em 8 coberturas planas com sistemas de impermeabilização baseados em membranas líquidas, localizadas no distrito do Porto. A idade dos sistemas de impermeabilização dessas coberturas varia desde 2 meses até 8 anos. A maioria destas coberturas são acessíveis apenas para manutenção. As membranas líquidas utilizadas nestas coberturas são da família dos poliuretanos, dos produtos cimentícios de dois componentes à base de resinas de acrilatos e dos produtos pastosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa. Todos os sistemas de impermeabilização são sistemas armados e em 3 dos casos o sistema de impermeabilização é constituído por dois tipos de membranas diferentes.

Depois de feita a análise dos dados recolhidos, verificou-se que apesar de existirem alguns exemplos de que as membranas líquidas estão a funcionar conforme o esperado e que até ultrapassaram o tempo de vida útil expectável, houve outros casos em que o comportamento e a duração que tiveram até serem registadas infiltrações no interior dos edifícios, ficaram muito aquém do que era expectável.

PALAVRAS-CHAVE: Membranas líquidas, impermeabilização, coberturas planas, durabilidade, inspeção de edifícios.

ABSTRACT

Construction materials and their application techniques are in constant evolution. This evolution comes from science and technology. The waterproofing of plane roofs is one of the buildings' elements which has suffered changes either in the used materials or in the application and maintenance techniques. Because there are several different waterproofing materials, it is necessary to know, characterize and evaluate the behaviour of each one of them. This thesis was only focused on the identification, characterization and study of the durability of waterproofing liquid membranes when applied to buildings.

After the concept of durability being understood, the functional requirements of the waterproofing products and of the plane roofs being exposed, each kind of waterproofing liquid membrane being characterized, the different waterproofing systems being identified (as well as their advantages and disadvantages being known) and the possible anomalies that each roof's element can have and what can cause them being analysed, an inspection campaign to several buildings was done in order to collect the necessary data to study the durability of these kind of systems.

Before starting the buildings' inspection, an inspection form was done in order to collect the necessary information for each case in a practical and methodical manner, which facilitates the data analysis after the inspection. The collected information for each case was selected in accordance with the constraints involved in the durability study. In summary, each inspection form has information about the buildings', roofs' and waterproofing systems' characteristics, as well as a list of the anomalies that were found, together with a photographic record of the buildings.

The group of studied buildings resulted in 8 plane roofs with waterproofing systems based in liquid membranes, all of them located in Oporto district. The age of the waterproofing systems of these roofs goes from 2 months to 8 years. The majority of theses roofs are accessed only to maintenance. The liquid membranes that were used belong to the family of Polyurethanes. In specific, they are obtained from cementitious products of two components based in acrylate resins and pasty products of water dispersible polymers. All waterproofing systems are reinforced and three of them are composed by two different types of membranes.

Based on the data analysis, it was verified that, although there are some examples of liquid membranes which are working as expected and lasting even longer than the expected service life, there were some cases whose registered behaviour and lifetime until the occurrence of infiltrations in the interior of the buildings fell short from what was expected.

KEYWORDS: Liquid waterproofing membrane, waterproofing, flat roof, durability, building inspections.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i

RESUMO iii

ABSTRACT v

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. ENQUADRAMENTO 1

1.2. OBJETIVOS E METODOLOGIA DA DISSERTAÇÃO 2

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO 3

2. A DURABILIDADE NO CASO DOS MATERIAIS DE IMPERMEABILIZAÇÃO 5

2.1. CONCEITO DE DURABILIDADE 5

2.2. CLASSIFICAÇÃO DA DURABILIDADE 6

2.3. PREVISÃO DO TEMPO DE VIDA ÚTIL 7

2.4. AGENTES DE DEGRADAÇÃO 9

2.5. FIM DA VIDA ÙTIL 11

2.6. ABORDAGEM ADOPTADA 12

3. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS MEMBRANAS LÍQUIDAS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO 13

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 13

3.2. NORMAS 13

3.3. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS COBERTURAS PLANAS E DOS PRODUTOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO 14

3.3.1. NOTAS PRÉVIAS 14

3.3.2. EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA 16

3.3.3. EXIGÊNCIAS DE APTIDÃO DE USO 16

3.3.4. EXIGÊNCIAS RELATIVAS À CONSERVAÇÃO DAS QUALIDADES 16

3.3.5. EXIGÊNCIAS RELATIVAS À MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO 17

3.4. AVALIAÇÃO SEGUNDO A EOTA 17

3.4.1. EMISSÃO DAS ETAS 17

3.4.2. A VIDA ÚTIL EXPECTÁVEL 18
3.4.3. CONDIÇÕES CLIMATÉRICAS 19
3.4.4. TEMPERATURAS MÍNIMA E MÁXIMA À SUPERFÍCIE 19
3.4.5. CARGA DE SERVIÇO 20
3.4.6. PENDENTE DA COBERTURA 21

4. SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO BASEADOS EM MEMBRANAS LÍQUIDAS 23

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 23

4.2. OS POLÍMEROS E A SUA INFLUÊNCIA NA EVOLUÇÃO DOS PRODUTOS LÍQUIDOS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS PLANAS 24

4.3. PRINCIPAIS VANTAGENS 27

4.4. PRINCIPAIS DESVANTAGENS 27

4.5. A IMPORTÂNCIA DA COR 28

4.6. SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO COM BASE EM MEMBRANAS LÍQUIDAS 31

4.6.1. NOTAS PRÉVIAS 31
4.6.2. SISTEMA NÃO-ARMADO 32
4.6.3. SISTEMA ARMADO 32
4.6.4. SISTEMA SEMIADERIDO 34

4.7. MEMBRANAS LÍQUIDAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO 35

4.7.1. NOTAS PRÉVIAS 35
4.7.2. EMULSÕES DE BETUME MODIFICADOS COM POLÍMEROS 36
4.7.3. RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO REFORÇADO COM FIBRAS DE VIDRO 37
4.7.4. RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO 38
4.7.5. BETUMES MODIFICADOS COM POLÍMEROS APLICADO A QUENTE 39
4.7.6. POLIURETANOS 39
4.7.7.EMULSÕES E SOLUÇÕES BETUMINOSAS 42
4.7.8. POLÍMEROS EM DISPERSÃO AQUOSAS 42
4.7.8.1. Notas Prévias 42
4.7.8.2. Produtos cimentícios de dois componentes à base de resinas de acrilatos 43
4.7.8.3. Produtos Pastosos de Copolímeros Acrílicos em Dispersão aquosa 45
4.7.8.4. Produtos Fibrosos de Compolímeros Acrílicos em Dispersão aquosa 47
4.7.8.5. Produtos de Silicone em Dispersão Aquosa 48
4.7.9. BORRACHA LÍQUIDA 49

4.7.10. POLIURETANOS TERMOPLÁSTICOS 51
4.7.11. SISTEMAS DE REVESTIMENTO ACRÍLICOS 51

5. ANOMALIAS FREQUENTES 53
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 53
5.2. ANOMALIAS EM SUPERFÍCIE CORRENTE DA COBERTURA 53
5.2.1. NOTAS PRÉVIAS 53
5.2.2. FISSURAÇÃO DO REVESTIMENTO DE IMPERMEABILIZAÇÃO 54
5.2.2.1. Notas Prévias 54
5.2.2.2. Ação da Camada de Proteção 54
5.2.2.3. Ação do Suporte do Revestimento de Impermeabilização 55
5.2.3. PERFURAÇÃO DO REVESTIMENTO DE IMPERMEABILIZAÇÃO 55
5.2.4. EMPOLAMENTOS 56
5.2.5. DEGRADAÇÃO/ENVELHECIMENTO DO REVESTIMENTO DE IMPERMEABILIZAÇÃO 56
5.3. ANOMALIAS EM PONTOS SINGULARES DA COBERTURA 56
5.3.1. NOTAS PRÉVIAS 56
5.3.2. PLATIBANDAS, PAREDES E MURETES 57
5.3.3. JUNTAS DE DILATAÇÃO 58
5.3.4. PONTOS DE DRENAGEM E EVACUAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS 59
5.3.5. TUBAGEM EMERGENTE 61
5.3.6. SOLEIRA DE PORTAS 62
5.3.7. CHAMINÉS/CLARABOIAS 62
5.3.8. BASES DE APOIO DE EQUIPAMENTOS DIVERSOS 63
5.4. ANOMALIAS ASSOCIADAS 63

6. INSPEÇÃO DE EDIFÍCIOS 65
6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 65
6.2. FICHA DE INSPEÇÃO 66
6.2.1. NOTAS PRÉVIAS 66
6.2.2. CABEÇALHO 66
6.2.3. IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO 67
6.2.4. CIRCUNSTÂNCIAS DA INSPEÇÃO 67
6.2.5. CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO 67

6.2.6. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA COBERTURA 68
6.2.7. IMPERMEABILIZAÇÃO 68
6.2.8. ANOMALIAS 69
6.2.9. NOTAS E OBSERVAÇÕES 70
6.2.10. REGISTO FOTOGRÁFICO 70
6.3. AMOSTRA DOS EDIFÍCIOS 70
6.3.1. NOTAS PRÉVIAS 70
6.3.2. MORADIA UNIFAMILIAR A 72
6.3.2.1. Caracterização Geral do Edifício 72
6.3.2.2. Caracterização da Cobertura e da Respectiva Impermeabilização 75
6.3.2.3. Anomalias Detetadas 76
6.3.2.4. Causas Possíveis 77
6.3.3. MORADIA UNIFAMILIAR B 78
6.3.3.1. Caracterização Geral do Edifício 78
6.3.3.2. Caracterização da Cobertura e da Respectiva Impermeabilização 79
6.3.3.3. Anomalias Detetadas 80
6.3.3.4. Causas Possíveis 82
6.3.4. RESTAURANTE MAURITÂNIA GRILL 82
6.3.4.1. Caracterização Geral do Edifício 82
6.3.4.2. Caracterização da Cobertura e da Respectiva Impermeabilização 84
6.3.4.3. Anomalias Detetadas 85
6.3.4.4. Causas Possíveis 87
6.3.5. MORADIA UNIFAMILIAR C 87
6.3.5.1. Caracterização Geral do Edifício 87
6.3.5.2. Caracterização da Cobertura e da Respectiva Impermeabilização 88
6.3.5.3. Anomalias Detetadas 89
6.3.5.4. Causas Possíveis 91
6.3.6. EDIFÍCIO A 91
6.3.6.1. Caracterização Geral do Edifício 91
6.3.6.2. Caracterização da Cobertura e da Respectiva Impermeabilização 93
6.3.6.3. Anomalias Detetadas 95
6.3.6.4. Causas Possíveis 96
6.3.7. EDIFÍCIO B 96

6.3.7.1. Caracterização Geral do Edifício 96

6.3.7.2. Caracterização da Cobertura e da Respectiva Impermeabilização 98

6.3.7.3. Anomalias Detetadas 101

6.3.7.4. Causas Possíveis 102

7. TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS 103

7.1. NOTAS PRÉVIAS 103

7.2. VIDA ÚTIL VS TEMPO DE VIDA DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO SEM OCORRÊNCIA DE INFILTRAÇÕES NO INTERIOR 103

7.3. OCORRÊNCIA DE ANOMALIAS 103

7.4. APLICAÇÃO DESTE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO NOVA EM REABILITAÇÃO DE COBERTURAS 106

8. CONCLUSÕES FINAIS 109

8.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS 109

8.2. CONCLUSÕES 110

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 113

ANEXO A .....

ANEXO B .....

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1. – Organização da informação para a estimativa da vida útil dos edifícios 8

Fig. 2.2. – Método para a previsão da vida útil dos materiais e componentes da construção 9

Fig. 4.1. – Intensidade solar em função do comprimento da onda 29

Fig. 4.2. – Reflectância solar e imitância de coberturas cor preta, branca e metálica 30

Fig. 4.3. – Evolução das temperaturas superficiais e do ar durante o dia em função do uso do solo. 31

Fig. 4.4. – Sistema armado – espessura 1,20mm 33

Fig. 4.5. – Sistema armado – espessura 2,20mm 33

Fig. 4.6. – Pormenor da colocação do reforço de um sistema armado (fibras dispersas embebidas em fresco na membrana líquida) 34

Fig. 4.7. – Armadura de reforço – Teias de fibras dispersas prontas para serem embebidas em fresco na membrana líquida 34

Fig. 4.8. – Sistema semiaderido face em que contacta com o suporte 35

Fig. 4.9. – Restaurante "Mauritânia Grill", reabilitação da impermeabilização da cobertura (membrana líquida de poliuretano) antes da colocação de deck de madeira (imagem fornecida pelo empreiteiro da obra de reabilitação) 40

Fig. 4.10. – Impermeabilização de cobertura plana no Porto utilizando produtos cementícios dois componentes base de resinas de acrilatos (80m^2) 45

Fig. 4.11. – Sistema de impermeabilização com dois produtos pastosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa revestido com ladrilhos cerâmicos 46

Fig. 4.12. – Renovação e impermeabilização de cobertura, sobre tela de xisto utilizando produtos de silicone em dispersão aquosa (2010, 1200m^2) 49

Fig. 5.1. – Degradação do sistema de impermeabilização em murete (caso de estudo apresentado no capítulo 6) 56

Fig. 5.2. – Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização do remate de cobertura plana com parede emergente e com finalização em perfil metálico 57

Fig. 5.3. - Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização do remate de cobertura plana com parede emergente 57

Fig. 5.4. –Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização numa junta de dilatação sobrelevada do nível da superfície de uma cobertura plana 57

Fig. 5.5. - Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização da ligação sobre uma conduta de evacuação de águas numa cobertura plana. 59

Fig. 5.6. emendar 5.5 para 5.6 - Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização de uma cobertura plana com descarga direta sobre uma caleira 60

Fig. 5.7. - Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização de uma cobertura plana com tubos emergentes 61

Fig. 5.8. - Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização de uma cobertura plana na ligação a uma claraboia. 62

Fig. 5.9. – Exemplo do interior de uma habitação com infiltrações causadas pelo mau funcionamento do sistema de impermeabilização de uma cobertura interior (caso de estudo número 1) 63

Fig. 6.1. – Ficha de inspeção de edifícios, cabeçalho 66

Fig. 6.2. - Ficha de inspeção de edifícios, identificação do edifício 67

Fig. 6.3. - Ficha de inspeção de edifícios, circunstâncias de inspeção 67

Fig. 6.4. - Ficha de inspeção de edifícios, características do edifício 68

Fig. 6.5. - Ficha de inspeção de edifícios, características gerais da cobertura 68

Fig. 6.6. - Ficha de inspeção de edifícios, impermeabilização 69

Fig. 6.7. - Ficha de inspeção de edifícios, anomalias 69

Fig. 6.8. - Ficha de inspeção de edifícios, continuação de anomalias 70

Fig. 6.9. - Ficha de inspeção de edifícios, notas e observações 70

Fig. 6.10. – Localização geral dos 6 edifícios onde se realizou a inspeção de edifícios (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps) 71

Fig. 6.11. – Moradias unifamiliares em banda. A – Bloco de 4 casas em banda onde se encontra a moradia unifamiliar A; B – Bloco de 5 casas em banda onde se encontra a moradia unifamiliar B (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps) 72

Fig. 6.12. – Localização geral da moradia unifamiliar A (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps) ..... .73

Fig. 6.13. – Moradia unifamiliar A. “a” – cobertura da cota inferior; “b” – cobertura da cota intermédia; “c” – cobertura da cota superior. (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps). 73

Fig. 6.14. – Moradia unifamiliar A, fachada exterior lateral esquerda. 74

Fig. 6.15. – Murete da cobertura plana sem ter sofrido manutenção onde se pode ver a membrana líquida de impermeabilização de cor branca (Imagem esquerda). 75

Fig. 6.16. – Murete da cobertura plana onde foi feito manutenção e se pode ver a membrana líquida de impermeabilização da cor da tela (Imagem direita) 75

Fig. 6.17. – Revestimento da cobertura do piso intermédio, placas pré fabricadas de betão com acabamento de godo lavado (moradia unifamiliar A) 76

Fig. 6. 18. – Moradia unifamiliar A, localização da possível anomalia (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps) 76

Fig. 6.19. – Moradia unifamiliar A. Anomalia interior (Imagem da esquerda) 77

Fig. 6.20. – Moradia unifamiliar A. Pormenor anomalia interior (Imagem da direita) 77

Fig. 6.21. – Cobertura da moradia unifamiliar A. Imagem geral do local de possível ocorrência de anomalia. (Imagem da esquerda) 77

Fig. 6.22. – Cobertura da moradia unifamiliar A. Imagem de pormenor do local possível da anomalia (Imagem da direita) 77

Fig. 6.23. – Localização geral da moradia unifamiliar B. (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps). 78

Fig. 6.24. – Moradia unifamiliar B. “a” – cobertura de cota inferior; “b” – cobertura de cota superior; “c” – cobertura de cota intermédia (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps) ..... .78

Fig. 6.25. – Moradia unifamiliar B, fachada exterior traseira 79

Fig. 6.26. – Moradia unifamiliar B, levantamento das camadas superiores do sistema de impermeabilização (Cor de telha). 79

Fig. 6.27. – Moradia unifamiliar B, cobertura de cota intermédia com placas pré fabricadas de betão com acabamento em godo lavado (Imagem à esquerda). 80

Fig. 6.28. – Coberturas, do grupo de cinco moradias em banda onde se encontra a moradia unifamiliar B, de cota inferior com revestimento de godo. (Imagem à direita). 80

Fig. 6.29. – Moradia Unifamilar A, localização de anomalias (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps). 81

Fig. 6.30. – Degradação do sistema de impermeabilização devido à criação de vegetação. Pormenor do ponto 1 da figura 6.28 (Imagem à esquerda) 81

Fig. 6.31. – Degradação da última camada de sistema de impermeabilização. Pormenor do ponto 2 da figura 6.28 (Imagem à direita)..... 81

Fig. 6.32. – Localização geral do Restaurante “Mauritânia Grill”. (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps) 82

Fig. 6.33. – Restaurante. (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps). 83

Fig. 6.34. – Restaurante, fachada principal 83

Fig. 6.35. – Restaurante, cobertura plana com revestimento em deck de madeira cor escura (Imagem da esquerda). 85

Fig. 6.36. – Restaurante, canteiro para jardim inativo na cobertura plana sem revestimento para além da membrana líquida de impermeabilização (Imagem da direita)..... 85

Figura 6.37. – Restaurante, acumulação de água no canteiro inativo da cobertura plana sem revestimento para além da membrana líquida de impermeabilização (Imagem da esquerda). 86

Fig. 6.38. – Restaurante, ponto de evacuação de águas da cobertura plana (Imagem à direita). 86

Figura 6.39. – Restaurante, acumulação de detritos na ligação da cobertura inclinada com parede emergente..... 86

Fig. 6.40. – Localização da moradia unifamiliar C (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps). . 87

Fig. 6.41. – Moradia unifamiliar C, fachada principal (ainda em construção)..... 88

Fig. 6.42. – Moradia unifamiliar C, aspeto inicial da cobertura sem revestimento de proteção na zona corrente (Imagem da esquerda), (Imagem fornecida pelo empreiteiro). 89

Fig. 6.43. – Moradia unifamiliar C, cobertura com revestimento de poliuretano, teste de carga (Imagem da direita), (Imagem fornecida pelo empreiteiro). 89

Fig. 6.44. – Moradia unifamiliar C, aspeto da cobertura, à data de inspeção, com proteção do sistema de impermeabilização (Imagem da esquerda) 89

Fig. 6.45. – Moradia unifamiliar C, cobertura caixa de escada sem revestimento de proteção do sistema de impermeabilização (Imagem da direita) 89

Fig. 6.46. – Moradia Unifamiliar C, fissura no sistema de impermeabilização em zona corrente da cobertura (Imagem da esquerda), (Imagem fornecida pelo empreiteiro) 90

Fig. 6.47. – Moradia Unifamiliar C, microfissura no sistema de impermeabilização em zona corrente da cobertura (Imagem da direita) (Imagem fornecida pelo empreiteiro) 90

Fig. 6.48. – Moradia Unifamiliar C, fissura na betonilha inferior ao sistema de impermeabilização em zona corrente da cobertura (Imagem da esquerda),(Imagem fornecida pelo empreiteiro) 90

Fig. 6.49. – Moradia Unifamiliar C, fissura na betonilha inferior ao sistema de impermeabilização em zona próxima a uma claraboia (Imagem da direita), (Imagem fornecida pelo empreiteiro) 90

Fig. 6.50. – Moradia unifamiliar C, aplicação de reforço para correção de fissuras (Imagem fornecida pelo empreiteiro). 91

Fig. 6.51. – Localização geral do edifício A (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps) 92

Fig. 6.52. – Edifício A (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps). 92

Fig. 6.53. – Edifício A, fachada exterior principal 93

Fig. 6.54. – Edifício A, cobertura antiga antes da reabilitação (Imagem da esquerda), (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps) 94

Fig. 6.55. – Edifício A, aspeto atual da cobertura (Imagem da direita)..... .94

Fig. 6.56. – Edifício A, localização da anomalia da imagem seguinte (Imagem da esquerda). 95

Fig. 6.57. – Edifício A, degradação do revestimento de impermeabilização da cobertura (Imagem da direita). 95

Fig. 6.58. – Edifício A, degradação e empolamento do revestimento de impermeabilização em zona corrente da cobertura (Imagem da esquerda). 95

Fig. 6.59. – Edifício A, acumulação de detritos e degradação do revestimento de impermeabilização na zona de evacuação das águas (Imagem da direita). 95

Fig. 6.60. – Edifício A, fachada exterior principal (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps). .. 96

Fig. 6.61. – Edifício B, (Imagem obtida com o auxílio do Google Maps). 97

Fig. 6.62. – Edifício B, fachada exterior. 97

Fig. 6.63. – Edifício B, aspeto de parte da cobertura antes do reforço do sistema de impermeabilização, 2009 (Imagem fornecida pelo empreiteiro), (Imagem da esquerda). 98

Fig. 6.64. – Edifício B, aspeto da parte da cobertura depois do reforço do sistema de impermeabilização baseado em produtos líquidos, 2010. (Imagem fornecida pelo empreiteiro), (Imagem da direita). 98

Fig. 6.65. – Edifício B, aspeto atual de uma parte da cobertura..... 99

Fig. 6.66. – Edifício B, zonas mais claras representam as zonas onde houve correção de fissuras. . 99

Fig. 6.67. – Edifício B, anomalia na base de equipamentos. (Imagem da esquerda). 100

Fig. 6.68. – Edifício B, acumulamento de detritos na zona de evacuação de água (Imagem da direita). 100

Fig. 6.69. – Edifício B, aparecimento de ferrugem na base de equipamento. 100

Fig. 6.70. – Edifício B, degradação do sistema de impermeabilização na zona corrente da cobertura. 101

Fig. 6.71. – Edifício B, anomalias em zona corrente da cobertura (Imagem da esquerda)..... 101

Fig. 6.72. – Edifício B, pormenor da anomalia da figura 6.66 na zona corrente da cobertura (Imagem da direita). 101

Fig. 6.73. – Edifício B, empolamento e degradação do sistema de impermeabilização em zona corrente da cobertura (Imagem da esquerda) 101

Fig. 6.74. – Edifício B, pormenor da anomalia da figura 6.68 na zona corrente da cobertura (Imagem da direita) 102

Fig. 7.1. – Comparação entre a vida útil expectável e o tempo de vida do sistema de impermeabilização sem ocorrência de infiltrações no interior dos edifícios 104

Fig. 7.2. – Percentagem de coberturas com e sem ocorrência de anomalias no sistema de impermeabilização. 105

Fig. 7.3. – Percentagem da aplicação do sistema de impermeabilização em construção nova e em obras de reabilitação de coberturas. 107

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Durabilidade dos produtos em função da durabilidade das construções. 6

Tabela 2.2 – Valores mínimos do tempo de vida útil estimada para os produtos de construção. 7

Tabela 2.3 – Fatores de degradação. 10

Tabela 3.1 – Métodos de ensaio das características físicas das membranas. 14

Tabela 3.2 – Categoria de vida útil segundo a ETAG 005. 18

Tabela 3.3 – Categorias de condições climatéricas segundo a ETAG 005. 19

Tabela 3.4 – Categorias de temperatura mínima à superfície segundo a ETAG 005. 20

Tabela 3.5 – Categorias de temperatura máxima à superfície segundo a ETAG 005. 20

Tabela 3.6 – Categoria de carga se serviço segundo a ETAG 005. 21

Tabela 3.7 – Categoria de pendente da cobertura segundo a ETAG 005. 22

Tabela 4.1 – Características das emulsões de betume modificadas com polímeros. 37

Tabela 4.2 – Características das resinas de poliéster insaturado reforçado com fibras de vidro. 38

Tabela 4.3 – Características dos produtos de poliuretanos. 41

Tabela 4.4 – Classificação dos poliuretanos de acordo com a aprovação técnica europeia ETAG 005.. 41

Tabela 4.5 – Características das emulsões e soluções betuminosas. 42

Tabela 4.6 – Características dos produtos cimentícios de dois componentes base de resinas de acrilatos. 44

Tabela 4.7 – Características dos produtos pastosos de corpolímeros acrílicos em dispersão aquosa. 47

Tabela 4.8 – Características dos produtos de silicone em dispersão aquosa. 48

Tabela 4.9 – Classificação de acordo com a aprovação técnica europeia ETAG 005. 49

Tabela 4.10 – Características dos produtos de borracha líquida. 50

Tabela 7.1 – Ano de aplicação e idade do sistema de impermeabilização nas coberturas estudadas. Indicação se a aplicação do sistema de impermeabilização foi feita em construção nova ou reabilitação. 106

1
INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

As coberturas planas têm tido um papel cada vez mais importante na construção. Existem inúmeros aspectos pelos quais se vê aumentar a opção por esta solução em detrimento das coberturas tradicionais inclinadas, entre elas, as mais importantes são o aproveitamento do espaço para lazer, colocação de equipamentos, estacionamentos, etc.. A arquitetura moderna de linhas rectas tem vindo a ganhar espaço na construção de edifícios, o que leva a que a solução para as coberturas seja, as coberturas planas, aumentando assim, a necessidade de soluções de impermeabilização mais exigentes e eficazes.

As coberturas planas podem ser classificadas segundo cinco aspetos diferentes: a acessibilidade, a camada de proteção de impermeabilização, o tipo de revestimento de impermeabilização, a localização da camada de isolamento térmico, a pendente e o tipo de estrutura resistente [1].

As camadas constituintes de uma cobertura plana, de uma forma geral, são: o suporte, a camada de forma, a camada de difusão, a barreira para-vapor, o isolamento térmico, o revestimento de impermeabilização, a camada de dessolidarização e a camada de proteção [1]. O sistema de impermeabilização é uma das camadas que mais tem sofrido alterações ao longo dos anos pois os materiais utilizados progridem junto com a evolução da tecnologia.

Na construção, os conhecimentos adquiridos através da experiência são ainda um dos fatores predominantes. A ciência está sempre em movimento e a engenharia acompanha-a, criando-se cada vez mais produtos novos a um ritmo acelerado. A aplicação em obra de produtos novos com técnicas de aplicação por vezes diferentes e a falta de conhecimentos dos mesmos, faz com que haja o receio da não experiência e se opte, como fator de segurança, por materiais mais tradicionais. O Regulamento (UE) Nº 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de Março de 2011 [2] (que revogou a Diretiva 89/106/CEE do conselho [3]) define os procedimentos a adoptar com vista a garantir que os produtos de construção se revelem adequados ao fim a que se destinam, tem o objetivo de harmonizar as disposições relativas à aposição e utilização da Marcação CE (declaração de conformidade), aí se mostra a importância desta marcação nos produtos para que estes conquistem rapidamente a confiança do consumidor, empreiteiros, projetistas, fiscalização e donos de obra.

As membranas líquidas de impermeabilização, apesar de já existirem há mais de 100 anos, são ainda um produto que não ganhou a confiança do consumidor. No entanto, nos últimos anos, com os sistemas aplicados totalmente a frio e com os estudos e ensaios que se têm feito (Marcação CE), tem-se vindo a registar um aumento da utilização destes produtos nos sistemas de impermeabilização, nomeadamente de coberturas planas. Além disso, as membranas líquidas têm em comparação com as

tradicionais telas de impermeabilização, a vantagem da facilidade de aplicação juntamente com o facto destas membranas serem continuas e não necessitando de juntas.

A durabilidade dos materiais, que está intimamente ligada à qualidade dos mesmos, é uma característica deveras importante para qualquer material de construção. No caso das membranas líquidas é um parâmetro indispensável pois quando existem problemas no sistema de impermeabilização, as anomalias associadas podem danificar vários elementos do edifício.

A criação de métodos capazes de avaliar o desempenho dos materiais durante a sua vida útil, é essencial pois a classificação e Marcação CE não define qual a durabilidade dos materiais.

Desde 2008 que são abordadas em dissertações as membranas líquidas de impermeabilização [4]; [5]; [6]; [7] . A observação da durabilidade das mesmas em aplicações em obra, não foi ainda objeto principal de estudo, daí que esta dissertação pretenda dar um contributo nesse sentido.

1.2. OBJETIVOS E METODOLOGIAS DA DISSERTAÇÃO

Existe uma panóplia de produtos no mercado possíveis de serem utilizados no sistema de impermeabilização das coberturas planas. Conhecer as características dos produtos, saber as técnicas de aplicação e os materiais que são compatíveis, são parâmetros importantes na escolha do produto mais adequado. Mas mais importante ainda, é saber qual o comportamento esperado do produto ao longo do tempo. A durabilidade é assim um parâmetro com elevado interesse aquando da escolha de um produto de impermeabilização pois está intrinsecamente ligada à qualidade da construção.

Para todos os intervenientes na construção desde os fabricantes aos utilizadores, passando pelos projetistas, construtores e fornecedores, existem vários interesses em se saber qual a avaliação da durabilidade dos materiais de impermeabilização. O conhecimento das características mais influentes na degradação dos materiais, dá aos fabricantes a possibilidade de as melhorarem e as adequarem à utilização final prevista e pretendida para o material. Para os fornecedores pode funcionar como distintivo de qualidade, para ser utilizado em paralelo com a marcação CE, todo o conhecimento adquirido sobre o termo da vida útil de um determinado material. Projetistas e construtores ficam aptos a selecionarem, com maior rigor, os materiais a utilizar no sistema de impermeabilização. Sabendo que os materiais têm um vida útil finita, os utilizadores ficam consciencializados de que optar por uma estratégia de manutenção poderá diminuir custos futuros assim como garantir uma melhor performance da construção [8].

As membranas líquidas de impermeabilização de coberturas planas são o tema central deste estudo. Pretende-se dar a conhecer que tipo de produtos e soluções existem no mercado, quais as vantagens e desvantagens em relação a produtos mais tradicionais, quais são os principais problemas da utilização deste material e qual a vida útil expectável. O objetivo principal deste trabalho é efetuar um estudo da durabilidade deste tipo de soluções para impermeabilizar coberturas planas.

A metodologia utilizada visa proceder a inspeções de edifícios que na construção do sistema de impermeabilização da cobertura plana tenha sido utilizado uma das soluções de membranas líquidas existentes no mercado. Para tal foi necessário recorrer a vários contactos tanto de empreiteiros como donos de obras e representantes de algumas empresas de produção deste tipo de material.

A escolha dos edifícios para inspeção foi feita aleatoriamente, mediante a disponibilidade de terceiros em visitar os edifícios que foi conseguida ao longo do tempo de execução deste estudo.

A área de impermeabilização de coberturas é já uma área bastante estudada. Na primeira fase deste trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, de forma a recolher o máximo de informação possível existente, saber quais os estudos que já foram feitos nesta área e selecionar os mais importantes para este trabalho.

Procurar e identificar as soluções existentes de membranas líquidas de impermeabilização de coberturas planas, assim como saber a sua evolução ao longo do tempo, quais as suas características, como são classificadas e como deveria ser o seu comportamento ao longo do tempo, foi a segunda fase deste trabalho. De seguida, foi necessário saber quais as exigências funcionais associadas às membranas líquidas de impermeabilização, as normas existentes necessárias para este estudo e como são avaliados estes materiais de construção.

Também foi feita uma pesquisa sobre quais os agentes de degradação das membranas líquidas para impermeabilização, quais as anomalias frequentes nos sistemas de impermeabilização com base nestes materiais, de forma a saber o que poderia encontrar na inspeção às coberturas e quais as causas possíveis.

A campanha de inspeção de edifícios foi iniciada sensivelmente um mês depois do inicio deste estudo e decorreu ao longo do tempo. Para auxiliar a inspeção às coberturas dos edifícios, foi elaborada e adaptada com o decorrer do tempo uma ficha de inspeção.

As informações e dados adquiridos, foram organizados de modo a se poder entender qual o comportamento que as membranas líquidas de impermeabilização, que foram aplicadas nas coberturas dos edifícios estudados, tiveram desde o momento da sua aplicação até à data da inspeção dos edifícios e se comparar com o comportamento que era esperado, ou seja, saber se estes materiais têm cumprido com as exigências funcionais para as quais foram concebidos.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em 8 capítulos distintos que são os seguintes:

- Capítulo 1 – Introdução: Neste capítulo é feita uma introdução ao tema da dissertação, apresentada a metodologia de estudo e a organização que foi feita da informação;
- Capítulo 2 – A durabilidade no caso dos materiais de impermeabilização: Neste capítulo é apresentado sucintamente o conceito de durabilidade e a sua classificação, os agentes de degradação dos materiais de impermeabilização, a metodologia para a previsão do tempo de vida útil dos materiais de construção e a abordagem adoptada nesta dissertação;
- Capítulo 3 – Exigências funcionais das membranas líquidas para impermeabilização: Neste capítulo faz-se um pequeno enquadramento normativo e são indicadas as exigências funcionais das coberturas e dos materiais de impermeabilização;
- Capítulo 4 – Sistemas de impermeabilização baseados em membranas líquidas de impermeabilização: Neste capítulo são apresentadas as membranas líquidas de impermeabilização existentes, as suas vantagens e desvantagens e as suas características.
- Capítulo 5 – Anomalias frequentes: Neste capítulo são apresentadas as anomalias que são possíveis de ocorrer nos sistemas de impermeabilização.
- Capítulo 6 – Inspeção de edifícios: Neste capítulo é descrita e explicada a campanha de inspeção de edifícios.
- Capítulo 7 – Tratamento e análise de dados: Neste capítulo são analisados os dados e informações recolhidos de forma a se poder tirar conclusões do estudo elaborado;

- Capítulo 8 – Conclusões finais: Neste capítulo são apresentadas as conclusões que se obteve do trabalho efetuado.

2

A DURABILIDADE NO CASO DOS MATERIAIS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

2.1. CONCEITO DE DURABILIDADE

A durabilidade de uma cobertura está intrinsecamente relacionada com a durabilidade dos materiais que a constituem. Uma das camadas principais das coberturas planas é a camada de impermeabilização. A degradação dos revestimentos de impermeabilização pode afetar vários elementos da construção, levando ao aparecimento de anomalias nos vários elementos e pondo assim em questão a durabilidade de todo o edifício. A durabilidade dos materiais utilizados nos sistemas de impermeabilização de coberturas, é então uma característica essencial do material que depende das condições a que este está sujeito.

Pode-se definir que um material é durável se mantiver as suas características de desempenho para o fim a que foi produzido, sob determinadas condições de serviço, durante um determinado período de tempo. Esse período pode ser chamado de vida útil do material. Normalmente quando se diz que um material é de qualidade significa que é durável, ou seja, quanto mais durável for um produto maior é a sua qualidade.

Segundo o dicionário de língua portuguesa [9] durabilidade é a qualidade daquilo que é durável sendo durável algo que dura ou pode durar muito. Já qualidade define-se como uma propriedade ou característica de uma coisa que a distingue das outras.

A norma internacional ISO 15686 [10] exibe uma metodologia para o planeamento da vida útil de um edifício. Descreve vida útil de um edifício como o período de tempo, após a finalização da construção, em que o desempenho do edifício ou os dos seus elementos equiparam ou ultrapassam os requisitos mínimos que lhes é exigido. Esta mesma norma define durabilidade como a capacidade do edifício ou seus elementos de desempenharem as funções durante um determinado período de tempo, sob a ação dos agentes previstos em serviço.

A EOTA, European Organization for Technical Aprovals, no Documento Guia 002 [11], apresenta uma definição para o termo vida útil ("*working life*" ou "*sevice life*" na ISO 15686) como sendo "o *período de tempo durante o qual o desempenho dos produtos se mantêm a um nível compatível com a satisfação dos requisitos essenciais"*, não fugindo da definição da norma anterior. Neste mesmo documento faz-se notar que a vida útil de um determinado produto não pode ser interpretado como

uma garantia do produtor, mas servindo apenas como uma ferramenta para se escolher o produto certo tendo em conta o tempo de vida útil expectável da obra.

2.2. CLASSIFICAÇÃO DA DURABILIDADE

A durabilidade de um edifício advém fundamentalmente do conhecimento essencial e exaustivo sobre as características fundamentais dos materiais, produtos e sistemas e os seus comportamentos e reações na colocação e interação com outros materiais, tendo sempre em conta a interferência dos agentes de degradação. Não se pode esquecer que a escolha do produto a utilizar também tem a ver com o tipo de projeto apresentado e o tempo de vida útil pretendido.

Em função da durabilidade pretendida, existem documentos normativos que recomendam tempos de vida útil para os diferentes elementos e produtos da construção em função da facilidade de reparação ou substituição.

A EOTA (European Organisation for Technical Approvals) no guia GD 002 [11] apresenta valores para a durabilidade esperada para os produtos de construção. Valores esses apresentados na tabela seguinte em função da durabilidade assumida para os elementos onde serão utilizados.

Tabela 2.1. – Durabilidade dos produtos em função da durabilidade das construções, adaptado de [11]

Durabilidade das construções		Durabilidade dos produtos de construção		
		Categoria		
Categoria	Anos	Reparável ou facilmente substituível	Reparável ou substituível	Para toda a vida da construção (1)
Pequena	10	10	10	10
Média	25	10	25	25
Normal	50	10	25	50
Longa	100	10	25	100

(1) Quando não são reparáveis ou substituíveis

Este documento refere que a durabilidade de um produto não pode ser interpretada como garantia do produtor mas como uma referencia para a correta seleção do produto adequado, atendendo a uma espectativa economicamente razoável para a vida útil do edifício ou parte dele.

A tabela 2.2 expressa os valores mínimos recomendáveis para a durabilidade dos edifícios e suas componentes conforme a norma internacional ISO 15686-1 [10], que recomenda valores mínimos para a durabilidade dos edifícios e dos seus componentes tendo sempre em conta a necessidade de manutenção e a possibilidade de serem indicados valores mais reduzidos de durabilidade.

Com o avanço da tecnologia dos materiais de impermeabilização e das suas técnicas de aplicação, a manutenção e/ou substituição do sistema de impermeabilização de coberturas planas tem vindo a ser uma tarefa simplificada. Para o aumento de uma vida útil e saudável do edifício, é necessário que exista a respetiva manutenção e/ou substituição dos sistemas de impermeabilização de coberturas.

Tabele 2.2. - Valores mínimos do tempo de vida útil estimada para os produtos de construção, adaptado de [10]

Durabilidade do edifício	Elementos estruturais ou inacessíveis	Elementos cuja substituição é difícil ou dispendiosa	Elementos facilmente substituíveis	Instalações
Ilimitada	Ilimitada	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

2.3. PREVISÃO DO TEMPO DE VIDA ÚTIL

A norma ISO 15686 [10] apresenta uma metodologia para o planeamento da vida útil para edifícios. A estimativa ou a previsão da vida útil é uma tarefa fundamental para se conseguir o respetivo planeamento. Para se conseguir ter uma estimativa da vida útil para o edifício como um todo, é necessário saber qual a vida útil expectável para cada componente dos elementos construtivos. O desempenho de cada componente nas condições de serviço esperadas, incluindo o efeitos de possíveis falhas prematuras ou devido à falta de manutenção devem ser considerados. Os agentes de degradação que afetam, neste caso especifico, os sistemas de impermeabilização e seus componentes durante a sua vida útil são expostos no subcapítulo seguinte.

Esta norma, ISO 15686, é constituída pelas seguintes partes:

- Parte 1 – Princípios gerais e procedimentos aplicáveis, quando se planeia a vida útil de edifícios [10];
- Parte 2 – Procedimentos, requisitos e ensaios para a previsão da vida útil [12];
- Parte 3 - Abordagem e procedimentos a adoptar nas diversas fases da vida útil de uma obra para garantir uma efetiva gestão da vida útil [13];
- Parte 4 – Planeamento da vida útil utilizando BIM (Bulding Information Modeling) [14];
- Parte 5 – Custos do ciclo de vida (LCC) [15];
- Parte 6 – Guia para a avaliação dos impactes ambientais das várias alternativas de planeamento da vida útil, relação com o LCA (Life Cycle Analysis) [16];
- Parte 7 – Indicações para a avaliação de desempenho e feedback relativo de construções existentes [17];
- Parte 8 – Indicações para a obtenção de valores da vida útil de referencia (RSL) e da estimativa da vida útil (ESL), e uso do método fatorial [18];
- Parte 9 – Guia para a obtenção e apresentação de valores de RSL [19];
- Parte 10 – Indicações sobre a necessidade de especificar o cumprimento de requisitos de desempenho funcional das construções existentes [20];

De uma forma geral, podemos agrupar estas partes em dois grandes grupos, as que dizem respeito a fontes de dados e desempenho (partes 3, 4, 7 e 10) e as que dizem respeito a procedimentos e metodologias (partes 2, 5, 6, 8 e 9).

Para o estudo da vida útil dos edifícios, esta norma organiza a informação da forma que se pode ver na figura seguinte.

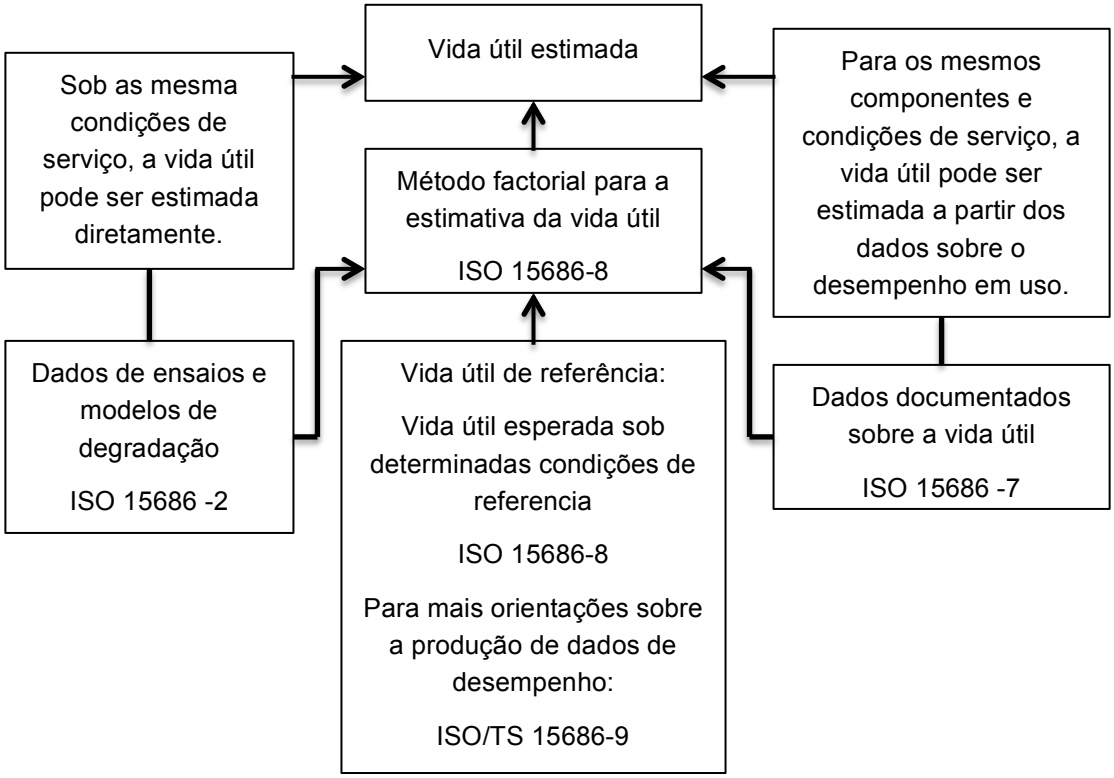


Figura 2.1. – Organização da informação para a estimativa da vida útil dos edifícios, adaptado [10].

Na figura 2.2 encontra-se esquematizado o método de previsão da vida útil preconizado na norma ISO 15686-2. De uma forma geral, nas primeiras fases deste método são criadas as condições necessárias para a realização dos testes/ensaios através da definição das características do material em estudo e respetivos requisitos, da identificação dos mecanismos e agentes de degradação e da realização de ensaios de curta duração em condições extremas que servem como um teste prévio da adequação das condições de estudo adoptadas. Na fase de teste devem ser feitos ensaios de curta e longa duração e fazer a comparação do estado de degradação obtido nos materiais em estudo nos vários ensaios. Caso a degradação verificada nos ensaios de curta e longa duração forem semelhantes poderá estabelecer-se modelos de previsão do tempo de vida útil do produto em estudo. Caso contrário o processo deverá ser feito novamente devidamente ajustado, até se obterem resultados de degradação semelhantes.

No ponto 2.6 deste capítulo, será explicada que a abordagem adoptada em relação à norma ISO 15686 é a inspeção a edifícios.

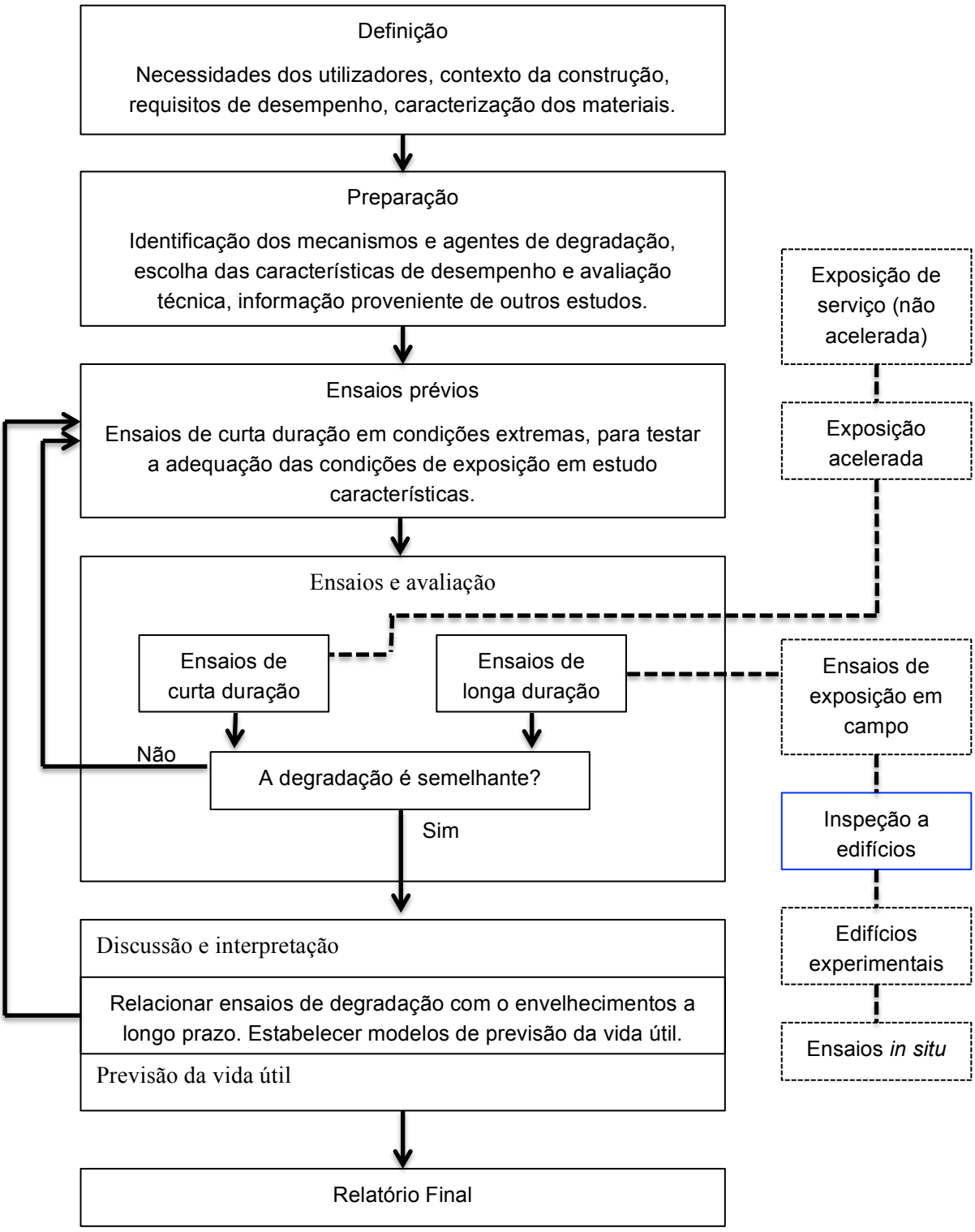


Fig. 2.2. Método para a previsão da vida útil dos materiais e componentes da construção. Adaptado [12]

2.4. AGENTES DE DEGRADAÇÃO

A impermeabilização, como qualquer elemento de uma construção, está sujeita às ações da natureza, da utilização e dos materiais com que entram em contacto. Os agentes de degradação no caso dos

sistemas de impermeabilização de coberturas planas, são de uma forma geral, o efeito da radiação solar, a presença de água, os agentes químicos e biológicos e os efeitos da utilização.

Na tabela 2.3 estão representados, de uma forma sucinta e pouco extensa, os fatores de degradação da impermeabilização e algumas reações possíveis dos materiais de impermeabilização devido a esses fatores de degradação.

Tabela 2.3. – Fatores de degradação, adaptado de [21]

Fatores de degradação	Algumas reações possíveis
Radiação Solar	
Raios UV	Degradação da superfície / Redução da resistência de impacto / Mudança de cor
Calor/Temperatura	Aumento da degradação devido à temperatura e aumento da velocidade das reações químicas / Perda de elasticidade e da resistência à penetração / Deformações e abertura de fendas
Presença de água	
Líquida Vapor Sólida	Hidrólise / Remoção de materiais solúveis / Expansão por absorção de água / Perda de aderência entre os matérias / Rotura dos materiais (gelo/degelo)
Agentes Químicos	
Oxigénio	Oxidação dos materiais / abertura de fendas
Ozono	Endurecimento
Solventes químicos	Fragilização dos materiais / Perde de material / Corrosão / Dilatação
Incompatibilidade de materiais	Vulnerabilização / Amolecimento / Rompimento / Corrosão
Tensões devias à utilização	
Cargas de serviço	Desgaste / Perda de material
Impacto mecânico	Ruptura / Rompimento / Penetração do material
Deformações estruturais	Fissuras / Ruptura
Fadiga	Rompimento
Agentes Biológicos	
Animais(Pássaros, roedores,...)	Danos e perda de material / Penetração do material
Plantas	Penetração do material
Microrganismos (fungos e bactérias)	Apodrecimento do material

A radiação solar tem duas grande vertentes que afetam de forma significativa o comportamento dos sistemas de impermeabilização, os raios UV e o calor que é transmitido que aumenta a temperatura

das superfícies incidentes. Quando os materiais não são resistentes a este tipo de radiação e não existe nenhuma proteção da impermeabilização, pode ocorrer a mudança de cor, degradação da superfície exposta e a consequente redução da resistência dos materiais tanto ao impacto como à tração. As elevadas temperaturas provocam um aumento da degradação do material e da velocidade das reações químicas, ou seja, existe endurecimento e perda da elasticidade do material, o que o torna mais débil quanto à resistência a penetrações, deformações e abertura de fendas. O aumento da temperatura pode levar à evaporação da água presente nas camadas inferiores da impermeabilização e provocar o empolamento do sistema de impermeabilização caso este não seja permeável ao vapor de água. As variações de temperatura provocam dilatação e contração dos materiais, não só dos materiais de impermeabilização como de todos os outros materiais presentes nas coberturas provocando também a abertura de fendas.

A presença de água nas coberturas planas afeta a degradação dos materiais nos três estados, líquido, vapor e sólido. O vapor de água, como dito anteriormente, pode provocar empolamentos do sistema de impermeabilização. A acumulação de água nas coberturas devido à falta de pendente ou de um correto sistema de drenagem proporciona o aparecimento de microrganismos ou da formação de plantas que por sua vez irão deteriorar as membranas. Alguns produtos líquidos de impermeabilização podem perder algumas propriedades com a presença prolongada de água pois esta poderá remover os componentes solúveis. Poderá também ocorrer hidrólise, um processo químico de quebra de ligações na presença da molécula de água, provocando a perda de aderência dos materiais ou mesmo a perda da resistência dos mesmos. No caso de existirem fissuras na impermeabilização, a probabilidade de ocorrer infiltrações é bastante elevada. O processo de secagem e humidificação provocado pela água pode acelerar o enfraquecimento por fadiga dos materiais. A formação de gelo e o consequente degelo pode provocar a rotura dos materiais.

Os agentes químicos como o oxigênio, o ozono, os solventes, o dióxido de carbono entre outros podem provocar a oxidação e a corrosão dos materiais assim como o endurecimento destes. Para além da ocorrência destas degradações os agentes químicos podem provocar o endurecimento e a fragilização dos materiais constituintes do sistema de impermeabilização.

A incompatibilidade dos materiais constituintes do elementos das coberturas, causada pela falta de conhecimento aprofundado das características químicas e do comportamento de cada material, poderá provocar corrosão e rompimento dos produtos assim como tornar vulnerável o sistema de impermeabilização.

As cargas de serviço a que as coberturas planas estão sujeitas podem levar ao desgaste e à perda do material. As deformações estruturais e os impactes mecânicos estão associados à rotura, fissuração e rompimento do material.

Os agentes biológicos, podem ser divididos em dois grupos, os macro organismos e o microrganismos. As plantas, os pássaros e os roedores são exemplos de macro organismos e podem provocar danos e perdas de material tal como a penetração deste. Os microrganismos, mais propriamente os fungos e as bactérias, provocam o apodrecimento da impermeabilização de forma a que este deixe de ter o funcionamento pretendido.

2.5. FIM DA VIDA ÚTIL

O fim da vida útil de um produto pode caracterizar-se como a perda da capacidade de cumprir os requisitos mínimos aceitáveis para o seu comportamento. A vasta quantidade de exigências funcionais (apresentadas no capítulo 3) a satisfazer pelos elementos constituintes das coberturas, mais

especificamente pelo sistema de impermeabilização, faz com que a decisão de fim de vida útil do sistema seja de difícil definição.

2.6. ABORDAGEM ADOPTADA

Com o objetivo de estudar a durabilidade da utilização de produtos líquidos para a impermeabilização de coberturas planas em obras já executadas, optou-se pela inspeção a edifícios de modo a se poder observar qual o estado em que estes sistemas se encontram.

Foi elaborada uma ficha de inspeção, posteriormente explicada, de forma a facilitar a organização da informação e tornar mais rápida e eficaz a recolha desta. A informação e os dados a registar nestas fichas foi sendo modificada consoante o conhecimento que foi adquirido sobre esta matéria assim como foi ajustada após a primeira inspeção.

Inicialmente pretendia-se conseguir encontrar edifícios em que a aplicação das membranas líquidas para impermeabilização de coberturas planas tivessem idades diferentes, desde as aplicações mais antigas até às mais novas, de forma a se poder ter uma noção melhor da durabilidade. No entanto, houve uma grande dificuldade primeiro em encontrar empreiteiros que trabalhem com este tipo de materiais, depois saber quais os edifícios onde foi utilizada esta solução e por fim a possibilidade de aceder às coberturas foi também limitada.

3

EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS MEMBRANAS LÍQUIDAS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As exigências funcionais dos materiais podem considerar-se como os requisitos mínimos que os materiais devem satisfazer para que sejam adequados à função para a qual foram produzidos ou aplicados. Neste trabalho, o tema principal são as membranas líquidas para impermeabilização de coberturas planas pelo que se irá fazer referência às exigências funcionais das coberturas planas e indicar quais a são as exigências funcionais requeridas à impermeabilização das mesmas.

Na primeira parte do capítulo estão apresentadas, de forma geral, algumas normas necessárias à explicação das exigências funcionais. Depois são apresentadas as respetivas exigências funcionais e por fim é apresentada a avaliação das membranas líquidas para impermeabilização segundo a EOTA (Organização Europeia para Avaliações Técnicas).

3.2. NORMAS

Com o objetivo de proporcionar livre circulação dos produtos de construção que circulam no Espaço Económico Europeu (EEE), a Diretiva dos Produtos de Construção (DPC) de 21 de Dezembro de 1988, Diretiva 89/106/CEE [3], relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos estados membros no que diz respeito aos produtos de construção, foi criada. Foi através do Decreto-lei nº113/93, de 10 de Abril e da portaria nº566/93, de 22 de Junho que esta diretiva foi transposta para a ordem jurídica portuguesa. A diretiva 89/106/CEE foi modificada pela Diretiva do Conselho 93/68/CEE de Junho de 1993 [22] e posteriormente revogada pelo Regulamento (UE) Nº 305/2011, JOUE L 88, de 9 de Março de 2011 [2] com o objetivo de harmonizar as disposições relativas à aposição e utilização da Marcação CE (garantia dada pelos fabricante), estando em vigor em todos países da europa membros da EOTA e no Espaço Económico Europeu a partir de 1 de Julho de 2013.

O Decreto-lei nº113/93 e a portaria nº566/93 foram modificados em Janeiro de 2007 pelo Decreto-lei nº4/2007, de 8 de Janeiro [23]. Este decreto-lei segundo o 1ºartigo do mesmo, "*visa definir os procedimentos a adoptar com vista a garantir que os produtos de construção se revelem adequados ao fim a que se destinam, de modo que os empreendimentos em que venham a ser aplicados satisfaçam as exigências essenciais*". As exigências essenciais das obras constam no 2º artigo e são as seguintes: resistência mecânica e estabilidade, segurança contra incêndio, higiene, saúde e proteção do ambiente, segurança na utilização, proteção contra o ruído e economia de energia e isolamento

térmico. Mais recentemente foram revogados o Decreto-lei nº113/93 e o Decreto-lei nº4/2007, de 8 de Janeiro pela entrada em vigor a 11 de Setembro de 2013 do Decreto-lei nº130/2013, de 10 de Setembro [24].

Existem vários instrumentos para a implementação da Diretiva dos Produtos de Construção como por exemplo as especificações técnicas harmonizadas, os organismos notificados e os de aprovação , a marcação CE nos produtos e os sistemas de avaliação de conformidade.

No que diz respeito às características físicas das membranas líquidas de impermeabilização, existe uma grande variedade de características que se pode avaliar, no entanto, as mais gerais e as que aparecem nas fichas técnicas da maioria das membranas líquidas presentes no mercado encontram-se na tabela seguinte com os respetivos métodos de ensaio existentes (dentro das normas europeias e internacionais).

Tabela 3.1. – Métodos de ensaio das características físicas das membranas

Característica	Método de ensaio
Densidade a 20 ºC (kg/l)	DIN 53217/2; ASTM D 1475
Viscosidade a 20ºC	DIN 53019/1; ASTM D 4889
Sólidos (%)	Cálculo
Ponto de inflamação (ºC)	DIN EN 22719
Resistência à tração (N/cm ou N/mm^2)	DIN 53857; ASTM D 412
Permeabilidade ao vapor de água ($gr/m^2/dia$)	ISO 9932:91
Alongamento à ruptura (%)	DIN 53504; ASTM D412; DIN EN ISO 527 (após envelhecimento)

Todos os produtos que estão no mercado devem ter a respetiva ficha de segurança em conformidade com a diretiva 1907/2006/CE, artigo 31º [25]. Em termos ambientais existe a diretiva 2004/42/CE [26] que tem por objetivo limitar o teor total de COV's (compostos orgânicos voláteis) nos produtos de modo a prevenir ou a reduzir a poluição atmosférica.

3.3. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS COBERTURAS PLANAS E DOS PRODUTOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

3.3.1. NOTAS PRÉVIAS

Cada elemento de um edifício tem funções diferentes e as exigências funcionais para cada elemento vêm ajudar a que essas funções sejam satisfeitas. As coberturas planas são constituídas por vários elementos dispostos horizontalmente ou próximos da horizontal e os seus elementos vão desde o suporte até à camada de revestimento de proteção. Sendo as coberturas a parte superior dos edifícios, estão mais expostas às intempéries e por isso para além de delimitarem e protegerem o ambiente interior dos agentes externos deverão satisfazer as seguintes exigências funcionais principais:

- Exigências de segurança:
  - Segurança estrutural;

    - Segurança contra risco de incêndio;
    - Segurança contra riscos inerentes ao uso normal.
- Exigências de habitabilidade:
    - Estanquidade;
    - Conforto higrotérmico;
    - Conforto acústico;
    - Aspecto.
- Exigências de durabilidade;
- Exigências de economia.

As exigências de segurança devem ser asseguradas principalmente pela estrutura resistente/suporte das coberturas e têm como objetivo garantir a integridade física dos utentes. As exigências de habitabilidade dependem das características das camadas de isolamento térmico e o revestimento de impermeabilização pois estas contribuem, respetivamente, para as condições de conforto higrotérmico no ambiente interior do edifício e para as condições de estanquidade. As exigências de durabilidade dependem da boa execução de todos os componentes das coberturas, da boa interação entre todos os materiais assim como a escolha adequada dos mesmos. As exigências de economia devem ser tidas em conta durante todo o processo de construção, desde o projeto à execução da obra, e durante a utilização das coberturas deverá manter-se uma manutenção adequada para diminuição de custos futuros.

Para além das exigências funcionais requeridas para as coberturas como um todo, para cada elemento que as constituem existem exigências funcionais de modo a que as funções esperadas para esses elementos sejam cumpridas.

Como foi descrito em cima a Diretiva Europeia dos Produtos de Construção 89/106/CE [3] assim como a ETAG 005 [27] consideram para todos os produtos que fazem parte de uma construção os seguintes requisitos essenciais:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança contra incêndios;
- Higiene, saúde e ambiente;
- Segurança na utilização;
- Proteção contra o ruído;
- Economia de energia e retenção de calor.

No caso específico dos produtos de impermeabilização as Diretivas Gerais UEAtc para a homologação de revestimentos de impermeabilização de coberturas propõe as seguintes classes de exigências funcionais:

- Exigências de segurança:
    - Ações do vento;
    - Contra risco de incêndio;
    - Saúde.
- Exigências de aptidão de Uso:
    - Estanquidade à água;
    - Aspeto;
    - Ocorrência de manchas;
    - Conservação da resistência mecânica
- Exigências relativas à conservação das qualidades:

- Efeitos dos agentes do meio ambiente;
- Compatibilidade de materiais;
- Ações biológicas e de animais;
- Efeitos do movimento do suporte;
- Cargas de serviço;
- Circulação de pessoas.

- Exigências relativas à manutenção

3.3.2 Exigências de Segurança

Para o cumprimento das exigências de segurança, os revestimentos de impermeabilização devem ser capazes de resistir mecanicamente às cargas permanentes e às sobrecargas de utilização correspondentes ao tipo de cobertura onde estão aplicados sem se verificar quaisquer danos. A impermeabilização deverá ser capaz de resistir à realização de trabalhos de manutenção sem comprometer o seu comportamento.

Para além disto, as exigências de segurança exigem que seja verificada a segurança para as ações do vento, para o risco contra incêndios e para a saúde. Para os efeitos de sucção do vento, os revestimentos de impermeabilização não devem apresentar riscos de levantamento. Deverão ser verificados a resistência e o comportamento em relação ao fogo do sistema de impermeabilização que depende do revestimento de proteção (caso exista). Para as exigências de segurança relativas à saúde é necessário verificar a composição físico-química dos materiais de impermeabilização assim como verificar se a libertação de gases prejudiciais à saúde cumpre as normas regulamentares.

3.3.3. Exigências de Aptidão de Uso

As exigências de aptidão de uso dizem respeito às necessidades de resistência à utilização diária dos sistemas de impermeabilização no que concerne à garantia de estanquidade à água, ou seja, serem impermeáveis às águas e não deixarem ocorrer infiltrações, ao seu aspecto exterior e à formação de manchas. Isto significa que os sistemas de impermeabilização necessitam de ter qualidade no acabamento das superfícies e terem uma composição quimicamente estável de forma a que não sejam solúveis em água ou alcalis para evitarem a ocorrência de manchas. Caso seja uma cobertura acessível, é exigido também que haja conforto na circulação dos utentes e conforto táctil.

3.3.4. Exigências Relativas à Conservação das Qualidades

As exigências relativas à conservação das qualidades está intrinsecamente ligada com a durabilidade dos materiais. A característica mais importante dos sistemas de impermeabilização é, como a própria palavra indica, não deixar a água passar do exterior para o interior, ser estanque. E para tal é necessário que o material utilizado para esse fim seja durável, ou seja, conserve as suas qualidades pelo menos durante o tempo de vida útil expectável mesmo com a incidência dos agentes de degradação. Para se poder cumprir com esta exigência é necessário que o sistema de impermeabilização satisfaça os parâmetros a seguir.

O sistema de impermeabilização deverá ser capaz de resistir à perda de aderência provocada pelo vento, deverá manter as suas características intactas mesmo para variações de temperatura significativas, assim como resistir aos agentes químicos. Quando não tem qualquer revestimento de

proteção o sistema de impermeabilização deve ser resistente aos raios UV (Ultra Violeta) e aos infravermelhos.

As ações dos agentes biológicos provenientes de microrganismos como fungos, bolores ou bactéricas e macro organismos como as plantas e as suas raízes, os pássaros e os pequenos animas são uma das causas da degradação dos sistemas de impermeabilização e por isso estes devem ser resistentes a tais ações. A compatibilidade dos materiais, principalmente os materiais contíguos ao sistema de impermeabilização, deverá ser verificada para que este sistema funcione da forma esperada. A impermeabilização necessitará de ser capaz de conseguir resistir às pequenas deformações estruturais de forma a que não ocorram fissuras que danifiquem o bom funcionamento do sistema. Este sistema deverá também ter resistência ao punçoamento estático e dinâmico assim como ao tráfego que houver na cobertura.

Estas exigências funcionais só conseguirão ser cumpridas se forem cumpridas todas as regras de colocação do material e se o material de impermeabilização aplicado for o adequado a cada situação.

3.3.5. EXIGÊNCIAS RELATIVAS À MANUTENÇÃO E REPARAÇÃO

A manutenção e reparação são um aspeto relevante quando se quer garantir que seja mantida a qualidade de impermeabilização das coberturas durante o tempo de vida útil expectável. As exigências de manutenção e reparação visam a que seja mantida uma manutenção regular da cobertura especialmente nos pontos críticos como por exemplo a ligação aos muretes ou tubos de queda. Este tipo de manutenção regular, preventiva, ajuda na diminuição de custos futuros de reparações ou substituições precoces da impermeabilização. A reparação das coberturas deve ser feita sempre que o material esteja danificado e que exista o risco de ocorrência de infiltrações. A correta execução destas exigências irá manter não só a cobertura saudável como irá diminuir custos futuros.

3.4. A AVALIAÇÃO SEGUNDO A EOTA

3.4.1. EMISSÃO DAS ETAS

A EOTA (Organização Europeia para Avaliações Técnicas) é uma das organizações que visa a implementação da DPC EU/305/2011, em vigor a partir de 1 de julho de 2013, e a forma de o fazer é através da emissão das ETAs (Avaliação Técnica Europeia). Quando existe uma ETA para uma determinada família de produtos, se os fabricantes dos produtos garantirem a conformidade das especificações definidas na ETA, esta permite associar ao produto a marca CE e, desse modo, passa a ser livre a circulação no mercado dos países pertencentes ao Espaço Económico Europeu desse produto. A sua validade é por tempo indeterminado [28].

Uma ETA emitida até 30 de Junho de 2013 (então chamada Aprovação Técnica Europeia) permanece válida durante o seu período de validade e pode ser utilizada como Avaliação Técnica Europeia. Para a emissão destas ETAs era necessário recorrer às ETAGs (Guias Europeus para Aprovação Técnica) que estabeleciam o modo de avaliação das características e exigências dos produtos através de ensaios [28].

Para o caso das membranas líquidas para impermeabilização de coberturas foi emitida a ETAG 005 [29] que define as exigências e os respetivos métodos de avaliação para os sistemas de impermeabilização baseados em produtos líquidos. Esta ETAG pretende avaliar e atribuir categorias de utilização para várias características fundamentais destes sistemas de impermeabilização:

- Vida útil expectável;
- Condições climatéricas;
- Temperatura mínima à superfície;
- Temperatura máxima à superfície;
- Carga de serviço;
- Pendente da cobertura.

Para os fabricantes conseguirem classificar os produtos para cada uma destas características necessitavam de métodos de ensaio que se encontram especificados nos Relatórios Técnicos (TR's) emitidos pela EOTA. Era preciso que o fabricante determinasse qual o posicionamento que queria dar ao seu produto pois há alguns ensaios que dependem da categoria classificada de outras características.

Nos subcapítulos que se seguem estão representadas nas tabelas as categorias associadas à respetiva característica assim como os ensaios relacionados [29]; [4].

3.4.2. A VIDA ÚTIL EXPECTÁVEL

A vida útil expectável de um sistema de impermeabilização baseado em produtos líquidos pode variar de 5 até 25 anos. No entanto segundo a ETAG 005 a vida útil destes sistemas é normalmente de 10 anos. Os 5 anos de vida útil é admissível nos casos de manutenções, reparações ou em obras cuja vida útil para a totalidade da obra seja reduzida. Para se ter produtos com vida expectável de 25 anos o fabricante desses produtos tem que apresentar exemplos de aplicações destes sistemas que já tenham durado pelo menos 5 anos em situações relevantes e que possam ser examinados pelos organismos de aprovação. A indicação da durabilidade expectável de um determinado sistema deve ser apoiada por uma avaliação independente do produtor como por exemplo o certificado BBA [30].

A classificação da vida útil expectável de um produto, influencia a classificação relativa à categoria de carga de serviço pretendida para o produto, ao originar condições específicas para o ensaio de punçoamento dinâmico (TR 006 [31]) após envelhecimento pela ação do calor (TR 001 [32]) e da radiação UV na presença de humidade (TR 010 [33]) e ao originar condições específicas para os ensaios de punçoamento estático (TR 007 [34]) após envelhecimento pela ação da água (TR 012 [35]). Esta classificação também exige a demostração da resistência à fadiga para a respetiva categoria segundo o TR 008 [36].

Depois de avaliados todos os pontos anteriores o fabricante pode então classificar o seu produto ou sistema segundo a tabela 3.2.

Tabela 3.2. – Categoria de vida útil segundo a ETAG 005 [27]

	Categoria W1	Categoria W2	Categoria W3
Vida útil expectável (anos)	5	10	25

Apesar das categorias de vida útil expectável só terem até à categoria W3 (25anos), se o sistema de impermeabilização utilizando produtos líquidos estiver completamente protegido a vida útil expectável poderá ser comparada com a da estrutura podendo ser de mais de 30 anos. No entanto isto só acontece em casos muito raros [30]. A indicação dada pela categoria de vida útil não pode ser interpretado como uma garantia dada pelo produtor (ou o organismo de aprovação), mas é considerado apenas

como um meio para a escolha acertada dos produtos em relação à vida útil economicamente razoável a esperar das obras em questão.

3.4.3. CONDIÇÕES CLIMATÉRICAS

Os sistemas de impermeabilização com base em produtos líquidos de impermeabilização e os revestimentos de proteção (caso existam) devem ser resistentes aos efeitos da exposição solar a que estão sujeitos durante a sua vida útil expectável. Esta exposição solar depende da localização geográfica do edifício e por isso esta categoria limita a zona geográfica onde os produtos ou sistemas podem ser instalados. A categoria de condições climatéricas está divida em moderada ou severa como se pode ver na tabela seguinte. Esta classificação depende então da localização geográfica, mais especificamente, da exposição anual da radiação solar em superfície horizontal [GJ/m^2] e temperatura média do mês mais quente do ano [ºC].

Tabela 3.3. – Categorias de condições climatéricas segundo a ETAG 005 [27]

	Categoria M Clima moderado	Categoria S Clima severo
Exposição anual da radiação solar em superfície horizontal	< 5 GJ/m^2	≥ 5 GJ/m^2
e / e/ou	e	e/ou
Temperatura média do mês mais quente do ano	< 22ºC	≥ 22ºC

A escolha das condições climatéricas em que o produto é apto, influencia a classificação relativa à categoria de carga de serviço pretendida para o produto, ao originar condições específicas para o ensaio de punçoamento dinâmico (TR 006 [31]) após envelhecimento por ação do calor (TR 001 [32]) e da radiação UV na presença de humidade (TR 010 [33]).

3.4.4. TEMPERATURA MÍNIMA E MÁXIMA À SUPERFÍCIE

Tal como na categoria das condições climáticas as temperaturas mínimas e máximas à superfície das coberturas dependem da localização geográfica dos edifícios em que o sistema de impermeabilização irá ser aplicado. Como tal os sistemas de impermeabilização com base em produtos líquidos e os seu revestimentos (caso existam) devem manter a sua resistência inalterada tanto para as temperaturas mínimas e máximas esperadas na zona climatérica onde forem aplicados. Os produtos podem ser classificados segundo as categorias de temperatura mínima e máxima à superfície que dependem então da zona climática, da proteção da superfície do sistema de impermeabilização e da temperatura mínima registada para a zona climática correspondente.

A escolha da categoria relativa à temperatura superficial mínima, influencia a classificação relativa à categoria de carga de serviço pretendida para o produto, ao originar condições específicas para o ensaio de punçoamento dinâmico (TR 006 [31]) e exige a demonstração da capacidade de resistir à abertura de fendas apenas para os produtos de categoria TL4 segundo o TR 013 [37].

Tabela 3.4. – Categorias de temperatura mínima à superfície segundo a ETAG 005 [27]

Categoria	Zona climática	Proteção da superfície	Temperatura Mínima à superfície (ºC)
TL1	Todas as zonas climáticas	Coberturas invertidas e coberturas ajardinadas (excluindo coberturas verdes)	+5
TL2	Temperatura baixa moderada	Todos os outros sistemas ou coberturas desprotegidas	-10
TL3	Temperatura baixa severa		-20
TL4	Temperatura baixa extrema		-30

Quanto às categorias de temperatura máxima à superfície para além das condicionantes que as categorias de temperatura mínima à superfície têm, estas dependem da existência ou não de isolamento térmico. A escolha da categoria de resistência à temperatura máxima superficial influencia a classificação relativa à categoria de carga de serviço pretendida para o produto, ao originar condições específicas para o ensaio de punçoamento dinâmico (TR 006 [31]) e influencia a classificação relativa à pendente da cobertura admitida pelo sistema de impermeabilização ao implicar condições específicas para os esaiso de deslizamento segundo o TR 009 [38] (apenas para as categorias S3 e S4 relativas à pendente da cobertura). Esta classificação exige também a demonstração da resistência à originada pelo vento em ensaios de delaminação (TR 004 [39]).

Tabela 3.5. – Categorias de temperatura máxima à superfície segundo a ETAG 005 [27]

Categoria	Zona climática	Proteção da superfície	Temperatura Máxima à superfície (ºC)
TH1	Todas as zonas climáticas	Coberturas invertidas e coberturas ajardinadas	30
TH2	Temperatura alta moderada	Coberturas desprotegidas, coberturas sem proteção térmica, coberturas ajardinadas	60
TH3		Coberturas desprotegidas, termicamente não-isoladas	80
TH4	Alta temperatura severa	Coberturas desprotegidas, termicamente não-isoladas	90

3.4.5. CARGA DE SERVIÇO

Nas coberturas, os sistemas de impermeabilização e os revestimentos de proteção (caso existam) devem ser capazes de resistir às solicitações mecânicas que possam ocorrer durante a sua vida útil de

útil. O risco de ocorrência de danos mecânicos depende do tipo de cobertura, da acessibilidade e da frequência de tráfego.

Tabela 3.6. – Categoria de carga de serviço segundo a ETAG 005 [27]

Categoria	Carga de serviço	Exemplo de acessibilidade
P1	Baixa	Não-acessível
P2	Moderada	Acessível apenas para manutenção da cobertura
P3	Normal	Acessível para manutenção de plantas e equipamentos e tráfego pedestre
P4	Alta	Cobertura ajardinadas, coberturas invertidas, coberturas verdes

Para a classificação relativa à categoria de serviço é necessária a demonstração da resistência mecânica nos ensaios de punçoamento dinâmico (TR 006 [31]) e estático (TR 007 [34]). Os ensaios de punçoamento dinâmico deverão ser feitos em estado novo, após exposição a baixas temperaturas e após envelhecimento por radiação UV na presença de humidade (TR 010 [33]) (apenas para sistemas de impermeabilização sem revestimento de proteção) . Os ensaios de punçoamento estático deverão ser feitos nas condições de estado novo, após exposição a altas temperaturas e após envelhecimento por ação da água segundo o TR 012 [35] (apenas para sistemas de impermeabilização nas categorias S1 e S2 de pendente ou P4 de carga de serviço). A classificação resulta da menor categoria obtida através destes ensaios.

3.4.6. PENDENTE DA COBERTURA

A classificação segundo a categoria de pendente das coberturas influencia a classificação relativa à categoria de carga de serviço pretendida para o produto, ao originar condições específicas para o ensaio de punçoamento estático (TR 007 [34]) após envelhecimento por ação da água segundo o TR 012 e é exigido a demonstração da resistência ao deslizamento (TR 009 [38]) apenas para coberturas com categoria maior que S2 de pendente.

A pendente das coberturas origina diferentes efeitos consoante a sua percentagem e por isso é necessário ter em conta o desempenho do sistema de impermeabilização para a pendente correspondente da cobertura na qual será aplicado o sistema.

Tabela 3.7. – Categorias de pendente da cobertura segundo a ETAG 005 [27]

Categoria	Pendente (%)	Exemplos de possíveis efeitos associados
S1	<5	Temperaturas baixas extremas (espessura da camada de gelo) Radiação UV Carga de serviço (acessibilidade) Efeitos do contacto prolongado com água Comportamento ao fogo Raízes (coberturas ajardinadas e coberturas verdes)
S2	5-10	Temperaturas baixas extremas (espessura da camada de gelo) Radiação UV Carga de serviço (acessibilidade) Comportamento ao fogo Raízes (coberturas verdes)
S3	10-30	Deslizamento Temperaturas baixas extremas (neve) Radiação UV Carga de serviço (acessibilidade) Comportamento ao fogo Raízes (coberturas verdes)
S4	>30	Deslizamento Radiação UV Carga de serviço (acessibilidade) Comportamento ao fogo

As categorias de pendente segundo a ETAG 005 presentes na tabela anterior vão até S4 que corresponde a mais de 30% de pendente. Como se está a falar em coberturas planas a classificação admitida para esta categoria deverá ser até S3.

4

SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO BASEADOS EM MEMBRANAS LÍQUIDAS

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os materiais constituintes dos sistemas de impermeabilização de coberturas planas podem ser classificados segundo vários critérios diferentes assim como os próprios sistemas de impermeabilização. Segundo Jorge M. Grandão Lopes [1] a forma de classificação adoptada divide os materiais e sistemas em tradicionais e não-tradicionais sendo que os não-tradicionais são aqueles cujo o comportamento e técnica de utilização são ainda pouco conhecidos. É de notar que os produtos considerados não tradicionais em 1994, podem nos dias de hoje terem técnicas de utilização mais conhecidas assim como o seu comportamento.

Até à década de 90, a impermeabilização em Portugal tinha como base materiais tradicionais. Nesta altura, iniciou-se o fabrico de membranas betuminosas modificadas. Não tinha sido introduzido até então, com peso significativo, materiais não tradicionais de origem estrangeira.

Os produtos de base pastosa aplicados "in situ" constituintes dos sistemas de impermeabilização tradicionais, eram constituídos pelos seguintes materiais:

- Emulsões Betuminosas
- Pinturas betuminosas
- Produtos betuminosos modificados
- Ligantes
- Cimento vulcânico

Os sistemas de impermeabilização com base em emulsões betuminosas eram os mais utilizados antigamente. Este sistema, conhecido como built-up roofing (BUR), era constituído pela colocação de camadas múltiplas de emulsões betuminosas aplicadas a quente, intercaladas ou não por armaduras (telas de fibra de vidro, as mais usuais).

A dificuldade prática que consiste na garantia de aplicação em obra de emulsões com os consumos preconizados e com a regularidade adequada, a necessidade de aplicação de bastantes camadas para se obterem as massas mínimas de materiais betuminosos consideráveis indispensáveis a um comportamento satisfatório, o tempo de espera que é necessário entre a aplicação de duas camadas sucessivas e os custos de aplicação resultantes do peso de mão-de-obra nos respetivos trabalhos têm

levado ao abandono deste tipo de sistemas aplicados a quente tendo, cada vez mais, aplicações limitadas a casos pontuais ou de importância reduzida [1].

A impossibilidade da utilização de caldeiras para aquecimento em alguns casos de coberturas, a preocupação da saúde e segurança no trabalho, levaram ao desenvolvimento do sistema BUR aplicado a frio. Esses materiais chamados por Jorge Grandão Lopes de não tradicionais, começaram a ter aplicações, ainda que apenas em pontos singulares, na década de 1970.

Os materiais utilizados na execução de sistemas de impermeabilização não tradicionais aplicados "in situ" apresentam-se em um ou dois componentes, são aplicados sob a forma líquida ou pastosa e só depois de curar ou endurecer é que satisfazem as exigências funcionais requeridas.

Nos materiais de um só componente, a cura é realizada por evaporação do solvente ou por reações químicas, já nos materiais de dois componentes é apenas por reações químicas.

Segundo Jorge M. Grandão Lopes, em 1994 os produtos líquidos ou pastosos utilizados na preparação de sistemas não tradicionais aplicados "in situ" são de naturezas diversas, no entanto, em geral como base têm uma resina. As resinas sintéticas mais utilizadas como base são:

- Polietileno Clorossulfonado,
- Policloropreno,
- Poliuretano,
- Poliester não saturado,
- Epoxídicas,
- Vinílicas,
- Acrílicas.

Visto as resinas sintéticas serem polímeros, no sub-capitulo seguinte irá falar-se um pouco mais sobre este tema assim como a história um pouco mais aprofundada dos revestimentos líquidos de impermeabilização.

Em 2004 foi aprovada a ETAg 005 (European Technical Approval Guideline for Liquid Applied Roof Waterproofing kits) [29] que contem pelo menos sete famílias diferentes de membranas líquidas de impermeabilização. No entanto com os desenvolvimentos tecnológicos que ocorreram nos últimos 10 anos, existem algumas membranas líquidas que não são cobertas por nenhuma parte da ETAG como por exemplo a borracha líquida e os poliuretanos termoplásticos.

4.2. OS POLÍMEROS E A SUA INFLUÊNCIA NA EVOLUÇÃO DOS PRODUTOS LÍQUIDOS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO

Todos os materiais mencionados utilizados na produção de membranas líquidas são poliméricos e como tal, irá apresentar-se uma simples definição e uma breve descrição da evolução histórica. De seguida teremos a história das membranas líquidas propriamente ditas que foi diretamente influenciada pelo progresso do tratamento dos polímeros.

O polímero é uma macromolécula constituída pela repetição da unidade repetitiva, conhecida como mero. Através da polimerização, os monômeros combinam-se formando então os polímeros. Os polímeros podem-se encontrar de forma natural como é o caso da celulose e da borracha natural, ou podem ser produzidos sinteticamente como é o caso dos polietilenos, polipropilenos, poliestirenos, etc. As suas propriedades físicas são tão dispares que o seu comportamento pode variar desde muito flexível e elástico (borracha) a rígido e forte (Plástico). [40]

Os polímeros sintéticos podem ser denotados como os materiais do século 20. Revendo um pouco a história dos polímeros, no inicio desse século foram desenvolvidos os primeiros métodos de descrição empírica de macromoléculas. Ao mesmo tempo, foram desenvolvidos novos métodos de caracterização destes materiais. [41]

Depois de melhor se entender a natureza dos polímeros, houve um crescimento fenomenal no número de produtos poliméricos que atingiram o comércio com sucesso entre 1925 e 1950. Em 1930 foram introduzidas resinas acrílicas e de poliestireno.

A procura de materiais que contribuíssem no desempenho da defesa durante a 2ª Guerra Mundial resultou num grande impulso na pesquisa de plásticos novos. Polietileno, um dos plásticos mais importantes no mundo nos dias de hoje, foi desenvolvido por causa da necessidade de melhorar a qualidade de materiais isoladores no uso, por exemplo, de cabos de radar nos tempos de guerra. Resinas de poliéster termoendurecido (utilizado, hoje em dia, na construção de barcos) foram também desenvolvidos para utilização militar. [42]

Os anos seguintes 2ª Guerra Mundial (década de 50) testemunharam grandes avanços no crescimento de plástico regulamentares e o desenvolvimentos de novos plásticos. O prémio Nobel sobre desenvolvimento de catalisadores específicos de estéreo, ganho pelos Professores Karl Ziegler da Alemanha e Giulio Natta de Itália, levaram à possibilidade dos químicos de polímeros determinarem a estrutura molecular destes. Como consequência disso, existe agora uma medida de controlo sobre as propriedades dos polímeros. [42]

Entre a década de 70 e 80, testemunhou-se a introdução de novos plásticos: poliésteres termoplásticos, resinas de borracha nitrílica e os plásticos de alta temperatura, incluindo materiais tais como sulfureto de polifenileno, poliéster sulfonado, etc.

Nos últimos anos, como resultado de uma melhor compreensão da relação entre estrutura e as propriedades dos polímeros, a introdução de novas técnicas de polimerização e a disponibilidade de novos monómeros de baixo custo, tornou possível o conceito de ter um polímero feito medida. Hoje em dia, é possível criar polímeros derivados de vários elementos com quase qualquer característica pretendida. Alguns polímeros são similares a materiais mais convencionais mas com valores económicos maiores, alguns representam melhorias bastantes significativas em relação aos materiais existentes e alguns podem apenas ser descritos como um material exclusivo com características nunca antes vistas. As indústrias de impermeabilização não deixaram de utilizar estas vantagens. Os materiais poliméricos podem ser produzidos na forma de plástico sólido, fibras, elastômeros ou espumas. As possibilidades de utilização destes materiais são quase infinitas e as aplicações fascinantes. No caso das membranas líquidas, a produção de elastômeros ("*Substância elástica natural ou obtida sinteticamente com propriedades análogas s da borracha*"[9]) é a mais importante.

Nos próximos anos, os polímeros irão continuar a crescer. Tudo indica que o crescimento não será apenas do desenvolvimento de novos polímeros, mas também a modificação química e física dos que já existem. Além disso, a melhoria das técnicas de fabrico irá resultar em produções de baixo custo. O desafio da reciclagem emitido pelas autoridades ambientais levou a novos desenvolvimentos envolvidos na produção dos plásticos para conceber uma diversidade de materiais utilizáveis e recicláveis [42]. Como os polímeros derivam do petróleo, já existem fábricas que, no caso dos poliuretanos de dois componentes, a produção é feita a partir de recursos renováveis como o óleo de semente de girassol podendo ser utilizados isoladamente ou em combinação com resinas petroquímicas [21]. Isto é um aspeto bastante importante também no que se refere construção sustentável, um conceito cada vez mais importante nos dias que correm.

Depois de saber um pouco sobre a evolução que os polímeros tiveram ao longo dos anos, é fácil conseguir interligar as datas dos lançamentos de novos produtos de impermeabilização líquida para coberturas e alguma da sua história.

Segundo a LRWA (Liquid Roofing Waterproofing Association) [43] a impermeabilização de coberturas a utilizar materiais líquidos começou por volta do ano de 1820 utilizando betume natural com inertes finos como por exemplo a areia. Na segunda metade do século XIX empregou-se betume líquido natural reforçado com palhas, panos e outros materiais feitos pelo homem. No entanto, este material só começou a ser industrializado em 1910.

Na década de 1950, começaram a ser utilizadas borrachas na impermeabilização que, com reforço de fibras, formavam membranas fortes. As características de desempenho das resinas líquidas utilizadas nos revestimentos líquidos de impermeabilização, foram melhoradas através dos desenvolvimentos tecnológicos entre 1945 e 1955 [43].

Nas décadas de 60 e 70 deram-se grandes passos na melhoria da qualidade e da durabilidade deste tipo de revestimentos. Foram desenvolvidas resinas acrílicas reativas, emulsões acrílicas, estireno butadienos e poliésteres insaturados.

Em 1975, foi lançado para o mercado, o primeiro revestimento elastômero em dispersão aquosa assim como foi lançado o primeiro certificado BBA (Bristish Board of Agrement – maior autoridade no Reino Unido em fornecer serviços de homologação e certificação para os fabricantes que abastecem a indústria da construção [44]). Demonstraram que revestimentos líquidos de impermeabilização fornecem soluções duráveis e de alta qualidade para coberturas. Três anos depois, revestimentos acrílicos de dois componentes foram utilizados pela primeira vez no Reino Unido [43].

Nos anos 1982 e 1983, foram lançados no mercado, revestimentos de impermeabilização de poliuretanos e poliésteres de dois componentes. Estes promovem maior estabilidade aos raios UV (uma característica que cada vez mais tem importância na escolha do tipo de impermeabilização). Já em 1985 aparecem revestimentos de copolímeros baseados em estireno-etileno-butadeno em dispersão aquosa. Dois anos depois, em 1987, surge o revestimento de poliuretano de um só componente com cura pela evaporação do solvente. Este, por retirar a necessidade de fazer a mistura no local reduz os desperdícios e melhora a tolerância à humidade. [43]

Em 1988, foi lançado o primeiro certificado BBA para coberturas planas GPR (resinas de poliéster insaturado reforçado com fibras de vidro). Foi o primeiro reconhecimento das resinas projetadas especificamente para coberturas. No início dos anos 90 viu-se uma maior inovação no sector de poliésteres como um sistema flexível possível de ser aplicado em vários tipos de materiais. Até 1996 foram começando a demonstra-se a durabilidade dos sistemas de impermeabilização líquida para coberturas com de vida útil expectável de até 25 anos dada pelos produtores. Mas, foi só em 2004 que foi aprovada a ETAg 005 (European Technical Approval Guideline for Liquid Applied Roof Waterproofing kits). Esta contem as características destas membranas que podem ser comparadas com outros tipos de impermeabilização. Nesse ano foi também lançado o primeiro sistema de aplicação totalmente a frio, contendo todas as características dos sistemas aplicados a quente, garantindo assim vários benefícios na impermeabilização de coberturas planas com membranas líquidas [43].

Em 2007, foi atribuído o primeiro certificado BBA para estes sistemas. Esta atribuição impulsionou a qualidade do mercado destes produtos líquidos para a impermeabilização de coberturas.

Em 2009, foi disponibilizado no mercado um novo sistema de impermeabilização aplicado também totalmente a frio; o sistema MTC (moisture triggered chemistry) este é um melhoramento de sistemas

tradicionais de poliuretano, que permite que o material utilize a humidade atmosférica para ativar o processo de cura [45].

4.3. PRINCIPAIS VANTAGENS

As membranas líquidas de impermeabilização são relativamente fáceis de aplicar. A aplicação pode ser feita através de pincel, rolo de lã de carneiro, trincha, rolo, ou pelo método airless. Esta é feita a frio, por isso, não há necessidade de equipamentos de aquecimento, tendo assim o benefício de não apresentar riscos de incêndio, aumentando a segurança no trabalho, o que fornece aos aplicadores a oportunidade de beneficiar de prémios de seguros mais baixos [45].

A saúde e higiene no trabalho também soma vantagens em relação a outros tipos de impermeabilização pois estes produtos são não tóxicos, isentes de odor e a limpeza do equipamento pode ser feita apenas com água.

A grande vantagem dos sistemas de impermeabilização utilizando materiais líquidos é o facto de, serem moldados no local, formam um revestimento continuo, sem necessidade de execução de juntas e de fácil execução em zonas particulares como é o caso de remates com paredes, tubagem emergentes ou claraboias. O risco de infiltrações ou falhas na execução dos pontos singulares é assim bastante reduzido em comparação com o que existe nos outros sistemas de impermeabilização.

Em termos ambientais há já alguns produtos com baixa emissividade de COV's (compostos orgânicos voláteis) logo diminui os riscos ambientais.

4.4. PRINCIPAIS DESVANTAGENS

A grande dificuldade na aplicação deste tipo de materiais é assegurar que a espessura das camadas é a exigida e que a camada é regular em toda a superfície de aplicação. A medida de consumo especificada pelo produtor, com unidade de medida em quilograma por metro quadrado, é uma maneira de garantir que a espessura do revestimento de impermeabilização é a adequada.

Quando se compara com outros materiais, as membranas líquidas de impermeabilização necessitam de um tempo de cura para obterem as características de impermeabilização pretendidas. A maioria das membranas está dependente das condições atmosféricas, principalmente da precipitação, aquando da aplicação visto que a cura é feita por evaporação do solvente. O tempo de cura pode variar de um dia a vários dias por isto, gera uma grande desvantagem em comparação com outros sistemas de impermeabilização pois não permite que haja tráfego até a cura estar completa. Isto pode atrasar o prazo de execução da obra porque para além de se ter de esperar pelo tempo de cura ainda se devem fazer testes de estanquidade, mantendo a área com uma lâmina de água durante dois três dias de modo a se poder detetar eventuais falhas de aplicação.

Existem alguns produtos líquidos de impermeabilização que são inflamáveis e outros que se degradam rapidamente com a ação dos raios UV o que implica que se proteja a superfícies da ação direta do sol. Quando é necessário que a cobertura seja acessível para tráfego pedonal, a maioria das membranas líquidas necessitam de um revestimento posterior.

Quando os produtos têm um tempo de vida útil para aplicação, é necessário que o produto seja todo utilizado e quando não se consegue utilizar todo por falta de tempo ou outros imprevistos dá origem a desperdícios de material.

A relação preço/qualidade de alguns destes materiais quando são comparados com outras telas de impermeabilização não é tão boa pois para se obter uma impermeabilização eficaz, adequada e com durabilidade aceitável por vezes o preço é elevado.

4.5. A IMPORTÂNCIA DA COR

Os produtos líquidos de impermeabilização estão disponíveis em várias cores, desde cores claras (como branco) a cores escuras (como o preto). A cor, gerada habitualmente pela adição de pigmentos, varia de produto para produto e normalmente cada um tem disponíveis no mercado mais do que uma cor. Quando não está previsto nenhum revestimento para a cobertura para além da impermeabilização, a escolha da cor está condicionada por aspetos arquitectónicos ou pela maximização da capacidade refletora da cobertura, que se consegue optando por uma cor mais clara, não esquecendo a necessidade requerida ao produto final de ser resistente aos raios UV. A escolha da cor é também um aspecto importante a ter em conta durante a execução da obra. Quando se pretende executar uma cobertura invertida em que o revestimento de impermeabilização irá ser sobreposto por outras camadas, principalmente pelo isolamento térmico, os tempos de colocação das camadas são um aspeto crítico a se ter em conta, pois não se deve deixar a descoberto mais do que o tempo necessário o revestimento de impermeabilização cuja cor seja escura e sem proteção aos raios UV, para evitar que ocorra degradação do produto através do sobreaquecimento. Existem também alguns processos de aplicação que aconselham que as camadas adjacentes do sistema líquido de impermeabilização sejam de cores diferentes para se ter uma melhor percepção da quantidade de produto que se aplica em cada camada.

De forma a melhor se perceber a importância da cor na impermeabilização dos edifícios é preciso entender o conceito de reflectância solar.

A reflectância solar (ou albedo) é a relação entre a quantidade de energia solar incidente numa superfície com a quantidade de energia que é refletida. É uma medida adimensional. A relação é normalmente representada por percentagem, sendo que quanto maior for a percentagem maior é a capacidade refletora do material, ou seja, 100% representaria um corpo com capacidade de refletir a totalidade da energia nele incidente. A energia radiante emitida pelo sol sob a forma de radiação eletromagnética é designada por radiação solar e está dividida entre luz visível, radiação infravermelha (IR) e radiação ultravioleta (UV) (figura 4.1). Sendo a radiação IR a maior responsável pela transmissão de calor e a radiação UV a que mais contribui para a degradação química dos materiais, quanto maior for a capacidade que os materiais tiverem de refletir a radiação solar, menor é a quantidade de calor que poderá ser absorvido e maior é a sua estabilidade dimensional, ou seja, maior é a durabilidade dos materiais. Devido ao facto da reflectância depender da frequência da luz incidente, diferentes cores resultam em diferentes valores de reflectância, pelo que uma escolha de cor adequada irá diminuir a quantidade de calor possível de ser absorvido [46].

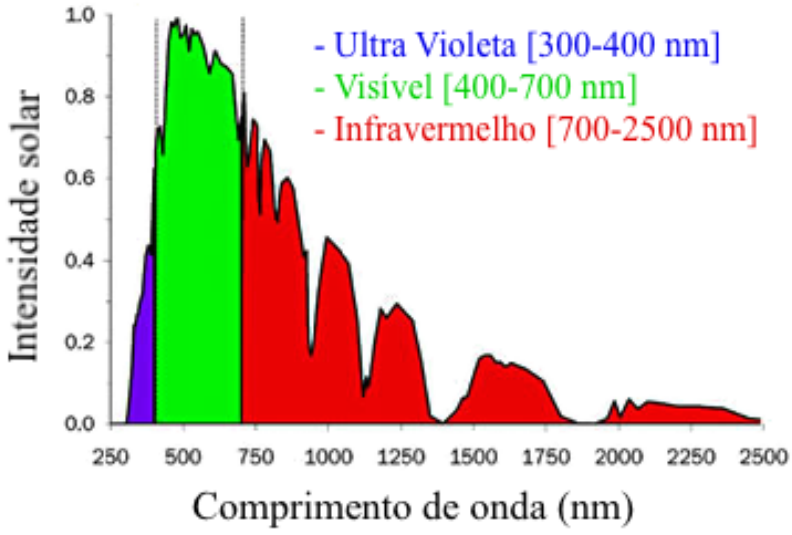


Fig. 4.1. – Intensidade solar em função do comprimento de onda (adaptado de [47])

A elevada capacidade de refletir a radiação solar dos revestimentos de impermeabilização nas coberturas planas resulta num aumento do conforto térmico no interior dos edifícios, reduzindo a necessidade de arrefecimento na estação do verão. No entanto, quando o edifício se encontra numa zona climática pouco severa na estação de verão - climas frios - onde as necessidades de aquecimento são muito superiores às necessidades de arrefecimento, a reflecção solar dos revestimentos de impermeabilização deixa de ser uma característica tão importante, podendo até mesmo ser vantajoso a aplicação de materiais menos refletores.

Apesar da reflectância solar ter maior impacto no que toca à térmica dos edifícios, também a emitância térmica do material de revestimento tem uma contribuição importante.

Por definição, a emitância é o resultado da divisão do poder de irradiação de uma superfície emissora de luz pela área dessa superfície [9]. Qualquer superfície exposta a energia de radiação irá aquecer até atingir o equilíbrio térmico, isto é, até emitir tanto calor quanto o que recebe. A emitância de um material determina então a quantidade de calor que este irá irradiar por unidade de área a uma dada temperatura. Assim, quando exposta à luz solar, uma superfície de alta emitância irá atingir o equilíbrio térmico a uma temperatura mais baixa do que uma superfície com baixa emitância, devido ao facto da superfície com maior emitância emitir calor com mais facilidade [46].

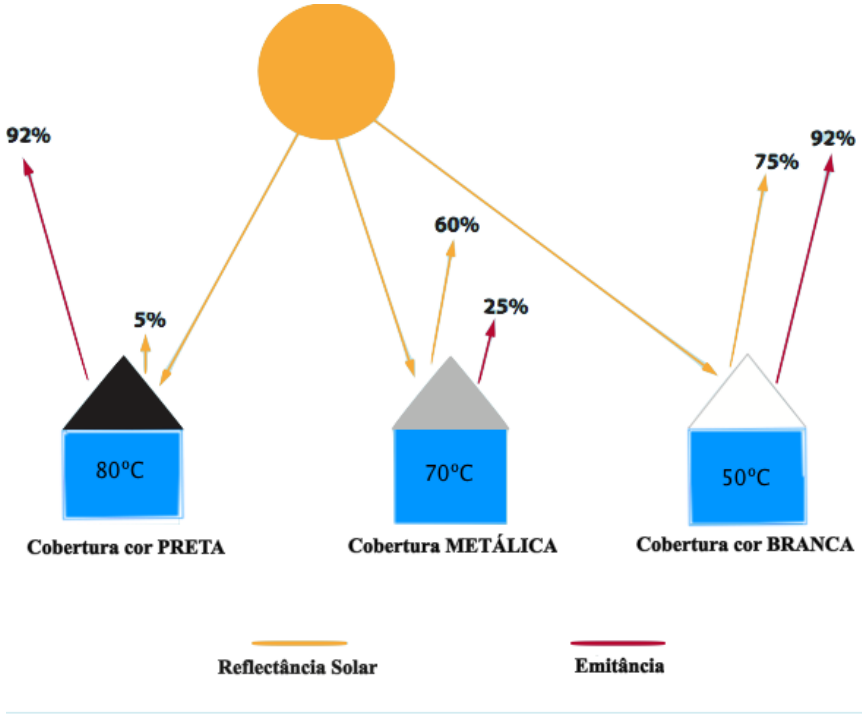


Fig. 4.2. – Reflectância solar e emitância de coberturas cor preta, branca e metálicas (adaptado de [47])

Na figura 4.2, apesar de estarem representadas coberturas inclinadas e dos valores serem apenas de referência, podemos ver o efeito da reflectância (que depende da cor) e da emitância na temperatura das coberturas, sendo feita a comparação entre três coberturas diferentes: coberturas de cor branca e preta com a mesma emitância e cobertura metálica (valores referenciados a um dia de verão). Como era de esperar, a cobertura de revestimento branco tem uma temperatura superficial menor devido à maior reflecção solar e elevada emitância.

Para além de afectarem a temperatura das próprias coberturas, a emitância e a reflecção da radiação solar dos materiais constituintes das coberturas também afetam a temperatura ambiente circundante. O aumento da temperatura superficial e do ar nas zonas urbanas (assim como a diminuição da passagem de vento provocada pelos edifícios), em comparação com zonas suburbanas e rurais, é chamado de efeito ilha de calor (fig. 4.3).

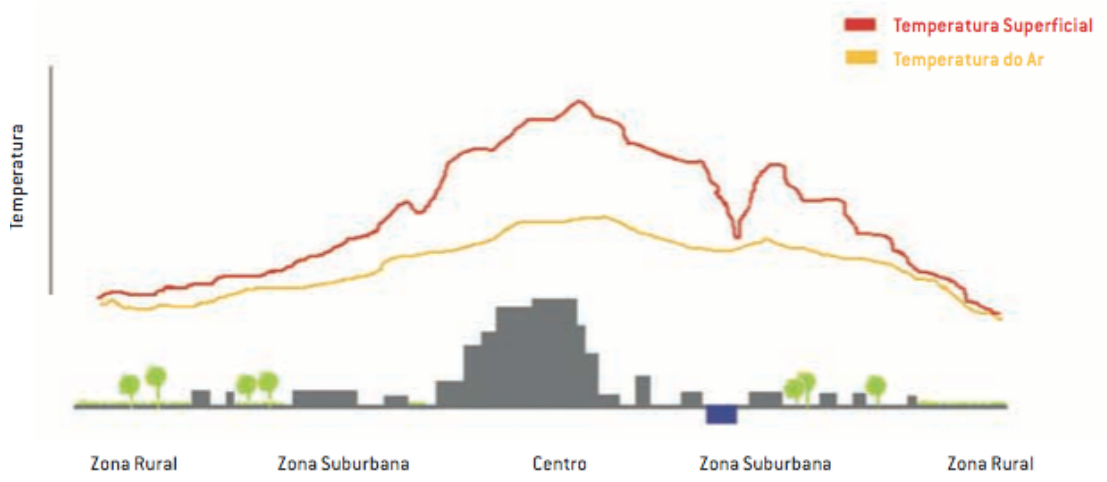


Fig. 4.3. – Evolução das temperaturas superficiais e do ar durante o dia em função do uso do solo [48]

Já se provou, embora com pouca significância, que as cores mais claras dos revestimentos das coberturas melhoram o fenómeno da ilha de calor. Dentro de vários estudos que já se efetuaram sobre este tema, num deles foram comparadas as temperaturas de dois quarteirões [46]. Num quarteirão foram executadas coberturas planas com revestimentos líquidos elastoméricos acrílicos de cor branca e outro quarteirão com revestimentos betuminosos de cor escura. Apesar das temperaturas registadas serem díspares em apenas 1ºF, confirma-se que as coberturas de cor clara obtiveram temperaturas exteriores inferiores. Não se deve esquecer, no entanto, que as coberturas de cor clara vão acumulando sujidade o que leva diminuição da sua reflectância a longo prazo.

Quando o sistema de impermeabilização com produtos líquidos requer uma proteção extra da radiação solar e de grandes variações de temperatura para que que a durabilidade desse sistema seja melhorada, as coberturas jardim são uma solução cada vez mais utilizada e estudada. Esta solução tem um contributo positivo no conceito de ilha de calor devido ao efeito da evapotranspiração, o aumento da reflectância solar e a necessidade de rega que juntos diminuem a temperatura superficial. [48]

4.6. SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO COM BASE EM MEMBRANAS LÍQUIDAS

4.6.1. NOTAS PRÉVIAS

A impermeabilização de coberturas planas é sempre um desafio maior quando comparado com coberturas inclinadas. Para que a água não fique acumulada em nenhum ponto da cobertura, é necessário garantir o mínimo de inclinação requerida e efetuar um correto estudo hidráulico de águas pluviais de forma a que o escoamento das águas ocorra sem nenhum risco de entupimentos (fazendo manutenção periódica). É necessário também ter em conta as deformações estruturais e respeitar as juntas estruturais e de dilatação para que seja assegurado o correto funcionamento da cobertura e assim garantir que o sistema de impermeabilização não apresente fissuras devido a movimentos estruturais. Os sistemas de impermeabilização com base em membranas líquidas podem ser constituídos pelo produto líquido de impermeabilização, por um primário, que garante a boa aderência ao suporte, e/ou de armaduras de reforço, como por exemplo rede de fibra de vidro. Em alguns casos

poderá ser necessária a aplicação de um camada final de proteção. Consoante as camadas que são utilizadas podemos ter três tipos de sistemas de impermeabilização, os sistemas não armados, armados e semiaderidos.

4.6.2. SISTEMA NÃO-ARMADO

Um sistema não-armado pode ser constituído apenas pela membrana líquida de impermeabilização aplicada diretamente no suporte ou aplicada sobre um primário que garante uma melhor aderência ao suporte e um reforço de impermeabilização. A utilização de um primário deverá ser feita quando se está perante uma obra de reabilitação e haja vestígios de sistemas de impermeabilização anteriores ou quando a membrana líquida não garantir boa aderência ao suporte.

Dentro das propriedades dos produtos líquidos de impermeabilização, a capacidade de se deformar sem fissurar é uma propriedade chave na escolha da membrana líquida de impermeabilização neste tipo de sistemas pois, uma vez que não contêm armadura de reforço, a membrana por si só deverá conseguir resistir às deformações da estrutura. Visto isto, este sistema deve ser aplicado em coberturas cuja construção não seja recente ou em coberturas estáveis para que a probabilidade de abrir fissuras seja mais reduzida e o sistema de impermeabilização permaneça intacto durante o período de tempo expectável. É então desaconselhada a sua aplicação em construções novas.

Quando existem as condições adequadas para aplicação deste sistema, este representa uma solução fácil e economicamente vantajosa em relação aos sistemas armados de impermeabilização com base em membranas líquidas pois não necessita de tantos cuidados nas zonas de remate que seria necessária quando se aplica armadura de reforço.

4.6.3. SISTEMA ARMADO

A composição deste sistema consiste nas seguintes camadas: primário, armadura, membrana líquida de impermeabilização e eventual revestimento de proteção. O primário geralmente é um produto líquido diferente da membrana líquida, no entanto, em alguns casos o primário poderá ser uma solução mais dissolvida do produto líquido de impermeabilização. A armadura que pode ser desde rede de fibra de vidro a tecido de poliéster vêm normalmente em rolo sendo fácil manusear, cortar e aplicar. O revestimento de proteção depende do tipo de tráfego e da utilização da cobertura. Dependendo de caso para caso poderemos ter revestimentos de proteção com produtos líquidos, cerâmicos, betonilhas, etc..

A aplicação deste sistema deve ser feita da seguinte forma: aplicar um camada de base ou o primário sobre a superfície limpa, colocar a armadura sobre a primeira camada ainda fresca, aplicar as camadas seguintes do produto líquido de impermeabilização e por fim se necessário aplicar o revestimento.

Este sistema soma vantagens ao anterior no que diz respeito s deformações da estrutura pois com o reforço da armadura, a resistência e a robustez do sistema é mais elevada. No entanto, é de notar que quando o reforço é feito com rede de vibra de vidro (malha regular ortogonal), a resistência do sistema quando solicitado numa direção oblíqua é menor do que nas direções principais.

Consoante a espessura final do sistema, a qualidade expectável é diferente. Quanto maior for a espessura total do sistema, maior é a sua qualidade. Todavia há um limite, por muito que se aumente a espessura a sua qualidade não acompanha. Nas figuras seguintes estão representados dois esquemas representativos de sistemas de impermeabilização armado com níveis de qualidade e garantia diferentes. O primeiro com a espessura mínima de 1,20mm (varia de países para países) e o segundo com maior qualidade e de espessura 2,20mm.

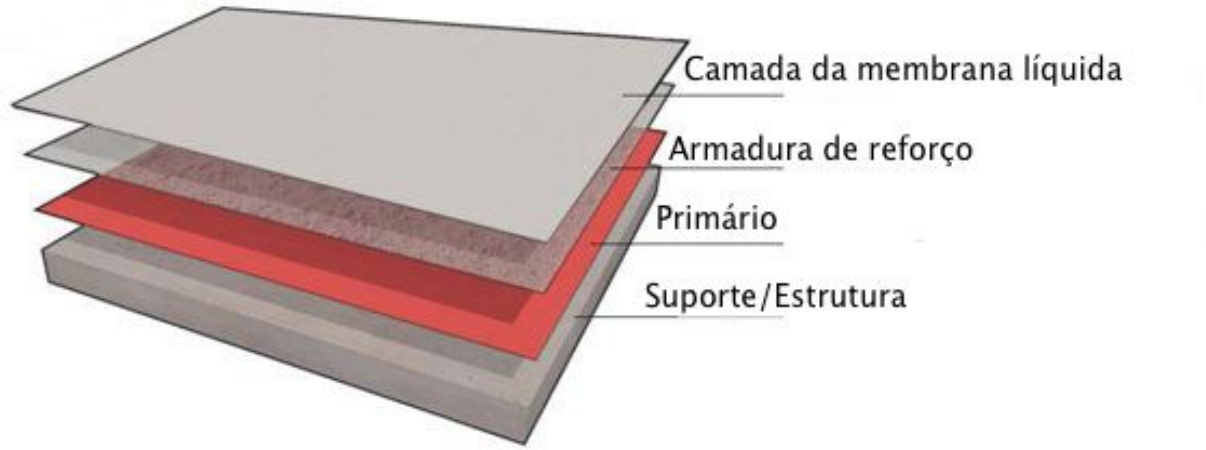


Fig. 4.4. - Sistema armado – Espessura 1,20mm [49]

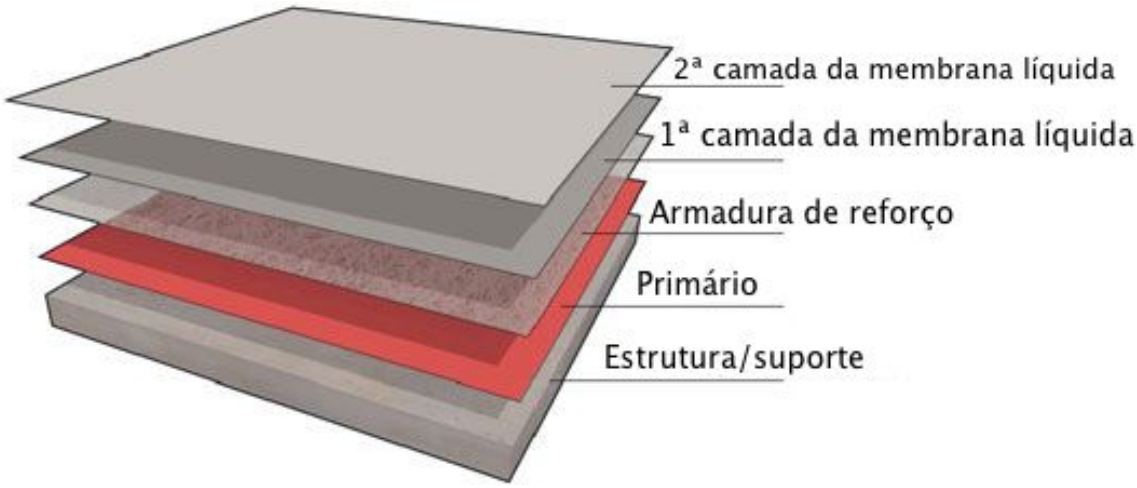


Fig. 4.5. - Sistema armado – Espessura 2,20mm [49]

Na figura seguinte pode-se ver um exemplo prático da aplicação da armadura de um sistema de impermeabilização base de produtos líquido



Fig. 4.6. – Pormenor da colocação do reforço de um sistema armado (fibras dispersas embebidas em fresco na membrana líquida) [49]

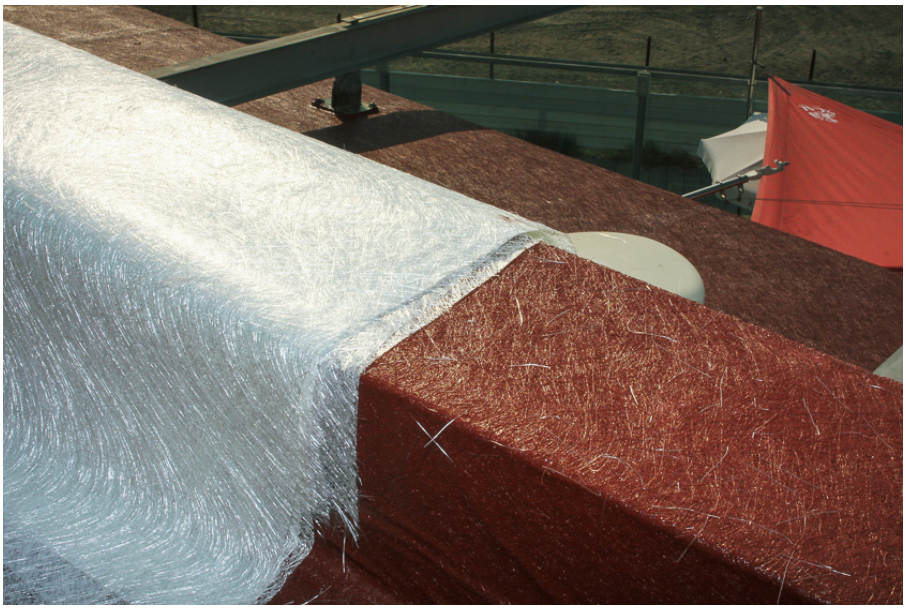


Fig. 4.7. - Armadura de reforço - Tela de fibras dispersas prontas para serem embebidas em fresco na membrana líquida

4.6.4 SISTEMA SEMIADERIDO

O objetivo deste tipo de sistemas é que apenas uma parte da superfície do revestimento impermeabilizante fique aderido ao suporte, de forma que quando este é solicitado e sofra pequenas

fissuras, o revestimento se possa soltar nas zonas contíguas a essa secção mantendo a sua integridade. A aplicação deste sistema consiste no emprego de um primário aplicado a rolo sobre uma tela de tecido não tecido, estendida sobre o suporte que, pela sua permeabilidade irregular permite que o primário aplicado entre em contacto com o suporte em apenas zonas pontuais. Na figura seguinte, foi aplicado este sistema sobre uma película plástica transparente podendo-se verificar como seria a aderência do produto ao suporte e, como se pode ver, o revestimento apenas conseguiu penetrar o tecido não-tecido em algumas partes (zonas mais escuras da imagem) constituindo assim um sistema semiaderido [5].



Fig. 4.8. – Sistema semiaderido face em que contacta com o suporte [5]

Este sistema é preferencialmente aplicado em coberturas com suportes instáveis como por exemplo, ladrilhos, camada de isolamento térmico, coberturas com membranas de impermeabilização anteriormente existente e coberturas com insuficiente número de juntas de dilatação ou a sua inexistência. O facto do sistema de impermeabilização ser semiaderido ao suporte e se descolar nas zonas contíguas às solicitações/deslocações do suporte, garante uma melhor integridade do revestimento ao permitir que as tensões provocadas pelos deslocamentos do suporte sejam absorvidas por uma extensão maior do revestimento quando se compara a mesma situação em sistemas aderidos. Pode-se aplicar este sistema pontualmente em juntas de dilatação, previamente colmatadas e com 10 cm de produto de cada lado da junta, funcionando assim como camada de dessolidarização entre o revestimento final e o suporte e somando todas as vantagens acima referidas. [5]

4.7. MEMBRANAS LÍQUIDAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

4.7.1. NOTAS PRÉVIAS

Neste subcapítulo pretende-se dar a conhecer os produtos líquidos existentes no mercado, principalmente nacional, apontando as propriedades e características de cada tipo de membrana líquida. Segundo a Liquid Roofing and Waterproofing Association (LRWA) apenas os sistemas constantes na ETA ou com certificado BBA (ou equivalente em cada país) são recomendados. Segundo a ETAG 005 as membranas líquidas estão divididas em 7 famílias, no entanto, no contacto feito com vendedores ou os representantes das marcas, costuma-se falar em 4 tipos diferentes de membranas, as acrílicas, as de poliuretano, as cimentícias e o silicone líquido.

Segundo a ETAG 005 e pelos produtos líquidos de impermeabilização existentes que não fazem parte desta ETAG, estes produtos podem ser divididos nas seguintes famílias:

- Emulsões de betume modificadas com polímeros (ETAG - Parte 2);
- Resinas de poliéster insaturado reforçado com fibras de vidro (ETAG - Parte 3);
- Resinas Flexíveis de poliéster insaturado (ETAG - Parte 4);
- Betumes modificados com polímeros aplicados a quente (ETAG - Parte 5);
- Poliuretanos (ETAG - Parte 6);
- Emulsões e soluções betuminosas (ETAG - Parte 7);
- Polímeros em dispersão aquosa (ETAG - Parte 8):
    - Produtos cimentícios de dois componentes base de resinas de acrilatos;
    - Produto pastoso de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa;
    - Produto fibroso de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa;
    - Produto de silicone em dispersão aquosa.
- Borracha líquida;
- Sistemas de revestimentos acrílicos (com base solvente);
- Poliuretanos termoplásticos (com base solvente).

A borracha líquida, os sistemas de revestimentos acrílicos e os poliuretanos termoplásticos não se enquadram em nenhuma parte da ETAG 005. Estes últimos dois produtos têm evoluído bastantes nos últimos 10 a 15 anos.

4.7.2. EMULSÕES DE BETUME MODIFICADAS COM POLÍMEROS

Os materiais betuminosos, como se indicou anteriormente, são materiais com boas características de impermeabilização. No entanto, a mistura de polímeros SBS (estireno-butadieno-estireno) com materiais betuminosos, feita em algumas fábricas desde o fim dos anos 60 e início dos anos 70, permitiu transferir características elastoméricas para estes produtos tais como, maior elasticidade inclusivamente a baixas temperaturas, elevada capacidade de aderência ao suporte, maior durabilidade e maior aceitabilidade na colocação de revestimentos diretamente sobre a sua superfície desde que tomados os devidos cuidados para não danificar a membrana impermeabilizante.

Estes produtos apresentam-se sob a forma de emulsões aquosas ou de uma solução de hidrocarbonetos em meio solvente podendo conter fibras, com excelente estabilidade físico-química. Podem ser aplicados a frio ou ligeiramente aquecidos para facilitar aplicação. São normalmente utilizados como primário de telas de impermeabilização. Alguns destes produtos podem necessitar de um catalisador para o início do processo de cura [4]. Estes produtos são isentos de COV's (Compostos Orgânicos Voláteis) mas são inflamáveis, não resistem a combustíveis.

A aplicação deste produto deve ser feita a rolo ou com trincha sobre um suporte livre pó gorduras ou outras substâncias que possam prejudicar a sua aderência. Poderá ser necessário aplicar um primário ou utilizar o mesmo produto com cerca de 50% de diluição com água antes da colocação da membrana. O sistema pode ser não armado ou armado com poliéster ou geotêxtil quando necessário [50]; [51].

Este tipo de produtos não devem ser expostos a ação direta do sol, têm normalmente uma cor preta e por isso é necessário complementar este sistema com um revestimento que possua elevado índice de reflectância para que as temperaturas superficiais e internas do edifício sejam mais controladas. Existem alguns destes produtos que são compatíveis com a utilização de tintas refletoras como revestimento final.

Tabela 4.1. - Características das emulsões de betume modificadas com polímeros [51]; [50]

Características das emulsões de betume modificadas com polímeros	
Base	Emulsão Betuminosa Aniónica
Aspecto	Líquido viscoso negro
Cores	Preto
Densidade (20ºC)	1,0 +/- 0,1 kg/l
Sólidos	Min. 64%
Tempo de vida da mistura para aplicação	(não aplicável)
Rendimento/consumo	0,4 a 0,5 kg/m^2/camada
Aplicação	Min. 3 camadas (1 a 4,0 kg/m2)
Temperatura de aplicação	Entre 5ºC a 30ºC
Resistência chuva após	Aprox. 24 horas*
Intervalo de tempo entre demãos	Aprox. 24 horas*
Tempo de secagem	Aprox. 24 horas*
Resistência à tração	(sem informação)
Alongamento à ruptura	(sem informação)
Permeabilidade ao vapor	Não permeável ao vapor

* tempos dependentes da temperatura, da humidade do ar, do suporte e das condições de ventilação

As emulsões de betume modificadas com polímeros encontram-se referidas na parte 2 do ETAg 005 [52].

4.7.3. RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO REFORÇADO COM FIBRAS DE VIDRO

As membranas líquidas baseadas em resinas de poliéster insaturado reforçadas com fibras de vidro são um produto de dois componentes mas alguns produtos necessitam ainda de ser misturados com um catalisador líquido ou em pó, para que ocorra a cura. A mistura deve ser feita no local e tem um tempo de trabalhabilidade de aproximadamente 30 minutos. Dependendo do produto, de 30 minutos a duas horas depois de aplicado já resiste á água e de 6 a 48 horas depois já se pode caminhar ou colocar o revestimento final, no entanto, só depois de três dias é que está completamente solidificado. Este revestimento resiste a fendas até 2 mm [53]; [54].

Estas membranas são estáveis aos raios UV, de cor amarela ou acinzentada, e podem ainda ser revestidas por membranas de poliuretano, agregado de areia de com boa refletividade ou por materiais granulares de forma a manter o aspecto arquitectónico requerido.

Este sistema que consta na parte 3 da ETAg 005 [55] é designado por GPR e consiste em duas camadas de resinas de poliéster insaturado aplicadas a frio com reforço de tela de fibra de vidro colocada no meio das duas camadas. A tela de fibra de vidro soma vantagens a este sistema pois

garante uma maior flexibilidade e elasticidade do sistema de impermeabilização, desta forma, as pequenas deformações que a estrutura possa ter não afeta de forma nociva este sistema.

Tabela 4.2. - Características das resinas de poliéster Insaturado reforçado com fibras de vidro [54]; [53]

Características das resinas de poliéster Insaturado reforçado com fibras de vidro	
Base	Resinas de poliéster insaturado
Aspecto	Viscoso
Cores	Amarelo, cinzento e âmbar
Densidade (20ºC)	(sem informação)
Sólidos	(sem informação)
Tempo de vida da mistura para aplicação	De 15 a 30 mnt
Rendimento/consumo	Aprox. 1,75 kg/m^2/camada
Aplicação	Mín. 2 camadas (3,5 kg/m^2- 2mm)
Temperatura de aplicação	Entre 10ºC a 40ºC
Resistência chuva após	30mnt ou 2 horas
Intervalo de tempo entre demãos	16 a 48 horas
Tempo de secagem	72 horas
Resistência à tração	210 N/cm
Alongamento à ruptura	Aprox. 50%
Permeabilidade ao vapor	10,3 a 64,5 gr/m^2/dia

Estes produtos contem entre 6 a 45 gramas por litro de COV's o que significa que são mais tóxico para o ambiente que outros produtos líquidos de impermeabilização e requer um maior cuidado de proteção dos trabalhadores que aplicam o produto.

4.7.4. RESINAS FLEXÍVEIS DE POLIÉSTER INSATURADO

Estes sistemas consistem em resinas de poliéster insaturado reforçadas com tecido de poliéster e foram formulados para promover um comportamento retardador de fogo e com elevado grau de flexibilidade e elasticidade [21].

Quando se trata de colocar este sistema de impermeabilização em coberturas planas, tal como acontece com todas as resinas de poliéster, devem ser tomados os devidos cuidados para garantir que as resinas que se vão utilizar foram produzidas especialmente para coberturas e não para outro fim. O sistema deve ser constituído com ou sem primário dependente do suporte seguido da membrana líquida de resinas de poliéster insaturado aplicada por camadas com o reforço de tecido de poliéster. Estas resinas necessitam de incorporar um catalisador e acelerador de presa levando assim a uma cura rápida do produto. Estes produtos podem ser projetados ou aplicados a rolo e enquadram-se na parte 4 da ETAG 005 [55]; [21].

4.7.5. BETUMES MODIFICADOS COM POLÍMEROS APLICADOS A QUENTE

Na parte 5 da ETAG 005, referem-se os produtos com base em betume modificado com polímeros e são aplicados geralmente em duas camadas reforçadas com tecido de poliéster. A modificação do betume pode ser realizado com betume oxidado, SBR (Styrene Butadiene Rubber), SBS (Styrene Butadiene Styrene) ou petróleo processado [21].

Estes produtos são sólidos à temperatura ambiente e por isso necessitam de uma caldeira que aqueça o material à temperatura adequada de aplicação ficando com um aspeto líquido preto. Depois de espalhar o material sobre o suporte de forma a obter a espessura adequada para cada camada, o arrefecimento do produto proporciona uma cura rápida e assim é aceitável tráfego após um curto período de tempo. O reforço com tecido de poliéster ou tela de feltro é aplicado entre as duas camadas utilizando uma escova para evitar a criação de bolhas de ar. Devido ao aspecto pegajoso e à sensibilidade do material face à radiação UV este sistema não deve ficar exposto, deverá ser sempre revestido com material resistente aos raios UV e dependendo da utilização pretendida para a cobertura plana poderá necessitar de proteção pesado ou mesmo ser utilizado em coberturas invertidas ou ajardinadas. Recomenda-se a aplicação deste sistema de impermeabilização sobre suportes de betão, quando o suporte é de outro tipo de material como por exemplo metal, madeira, alvenaria, etc., só deve ser utilizado este material apenas em pontos singulares [21].

4.7.6. POLIURETANOS

A família de poliuretanos representada na parte 6 da ETAG 005 [56] tem uma grande variedade de produtos. A característica comum entre esses produtos é produção do poliuretano ser feita através de uma reação entre um isocianato (alifático ou aromático) e um poliol ou pré-polímero. Os poliuretanos produzidos com isocianatos aromáticos mostram tendência para a perda de cor mantendo as propriedades mecânicas e por isso quando a cor é importante, deve utilizar-se poliuretanos produzidos com isocianatos alifáticos pois estes dão mais estabilidade da cor e maior resistência química. Estes produtos podem ser monocomponentes ou bi-componentes, a cura é feita por reação química (no caso dos produtos bi-componentes) ou por cura despoletada pela humidade. Existem alguns produtos em que o processo de cura é feito pela combinação destes dois processos [21].

A aplicação a frio destes produtos pode ser feita a rolo, pincel ou projeção airless. Alguns produtos podem ser aplicados diretamente sem primário se o suporte for pedra ou tijolo, asfalto, feltros betuminosos ou revestimentos betuminosos, outros produtos não descartam a aplicação de um primário em todas as superfícies, em construção nova ou reabilitação, para garantir assim uma boa aderência do produto. Por serem permeáveis ao vapor de água estes produtos podem ser aplicados em suportes húmidos mas não com a presença de água. Apesar da boa flexibilidade e resistência que os produtos de poliuretano têm, o sistema de impermeabilização à base destes produtos é armado. Depois de aplicar a primeira camada da membrana deve-se colocar a armadura que pode ser em rolo de geotêxtil ou em fibras dispersas embebidas em fresco na membrana líquida (boa resistência mecânica em todas as direções) e de seguida aplicar a segunda camada da membrana líquida. Os pontos singulares devem ser tratados com alguma atenção, existem no mercado pormenores de reforço de geotêxtil pré-fabricados com formas adequadas a alguns pontos singulares como é o caso de golas para tubagem emergente ou cantos [57]; [49]; [58].



Fig. 4.9. – Restaurante, reabilitação da impermeabilização da cobertura (Membrana líquida de poliuretano) antes da colocação de deck de madeira (imagem fornecida pelo empreito da obra de reabilitação)

Tendo em vista a sustentabilidade de sistemas de impermeabilização à base de poliuretano e o aumento da preocupação com o meio ambiente, o foco está cada vez mais virado para o desenvolvimento da tecnologia de produção deste produtos de impermeabilização com menos impacto ambiental. Por exemplo, os produtos monocomponentes normalmente contêm solventes, no entanto, os bi-componentes podem ser produzidos sem qualquer solvente. Estes sistemas também têm pouco ou nenhuns COV's e são praticamente inodoros [21].

Estes produtos necessitam de algum cuidado aquando da aplicação no que concerne à saúde e à segurança dos trabalhadores. Estes devem estar sempre providos de equipamentos de proteção, pelo menos luvas e botas pois podem causar sensibilidade em contacto com a pele. Quando o ambiente não é convenientemente ventilado devem também utilizar máscara respiratória porque estes produtos são nocivos por inalação [58]; [59].

Tabela 4.3. - Características dos produtos de poliuretanos [57]; [60]; [61]; [58]

Características dos produtos de poliuretanos	
Base	Poliuretano
Aspecto	Líquido viscoso
Cores	Branco, cinza, bege ou vermelho
Densidade (20ºC)	1,4 a 1,6 kg/dm^3
Sólidos	77% ou 92% *
Tempo de vida da mistura para aplicação	(não se aplica)
Rendimento/consumo	1,4 a 1,9 kg/m^2/camada
Aplicação	Mín 2 camadas (3,0 kg/m^2)
Temperatura de aplicação	Entre 5ºC e 40ºC
Resistência chuva após	De 1 a 3 horas * *[1]
Intervalo de tempo entre demãos	De 3 a 4 horas ou de 12 a 24horas * *[1]
Tempo total de secagem	Entre 3 a 7 dias *[1]
Resistência à tração	De 3,7N/mm^2 a 7,0N/mm^2 *
Alongamento à ruptura	De 170% a 290% *
Permeabilidade ao vapor	De 3,8 a 14,0 gr/m^2/dia *

* depende do produto

*[1] tempos dependentes da temperatura, da humidade do ar e do suporte

Os poliuretanos estão preparados para serem resistentes ao fogo e ao calor radiante, alguns resistem até 10 minutos com chama direta [49]. Pela sua grande resistência à radiação UV e infravermelha, boa refletividade solar e bom aspeto arquitectónico, estes sistemas de impermeabilização podem não ter revestimento posterior em coberturas acessíveis apenas para manutenção, quando é necessário trafego pedonal diário deve ser revestido, por exemplo com deck de madeira, revestimento cerâmico ou revestimentos líquidos de poliuretano (quimicamente compatíveis) para um acabamento decorativo . A boa resistência a raízes, fungos e microrganismos torna este sistema apto para se utilizar em coberturas ajardinas.

Tabela 4.4. – Classificação dos poliuretados de acordo com a aprovação técnica europeia ETAG 005 [57]

Classificação de acordo com a aprovação técnica europeia ETAG 005	
Vida útil expectável	W2/3
Zonas climáticas	M e S
Carga de serviço	P1, P2, P3 e P4
Pendente da cobertura	S1, S2, S3 e S4
Temperatura superficial mínima	TL3
Temperatura superficial máxima	TH4

4.7.7. EMULSÕES E SOLUÇÕES BETUMINOSAS

As emulsões ou soluções betuminosas são, de uma forma geral, uma dispersão aquosa com partículas de betume. Como o petróleo não se mistura com a água é necessário juntar um emulsionante na água o que tornas estes produtos numa mistura de cor escura e viscosa. Estes produtos enquadram-se na Parte 7 da ETAG 005 [62].

Estes produtos são monocomponentes pelo que basta mexer o produto para ficar homogéneo e fica pronto a aplicar. A aplicação de sistemas de impermeabilização baseados nestes produtos pode ser feita a rolo ou a trincha e consiste normalmente na aplicação de várias camadas de produto com telas de feltro intercaladas com o produto. Pode também ser aplicado como primário de preparação do suporte para aplicação de telas asfálticas de impermeabilização. Como este produto tem cor escura, necessita de um revestimento final com boa refletância solar e proteção aos raios UV. Estas emulsões são inodoras e inertes.

Tabela 4.5. - Características das emulsões e soluções betuminosas [63]

Características das emulsões e soluções betuminosas	
Base	Betume
Aspecto	Pasta viscosa
Cores	Preto
Densidade (20ºC)	1,0 a 1,1 g/cm^2
Sólidos	Aprox. 58%
Tempo de vida da mistura para aplicação	(não se aplica)
Rendimento	1 Kg/mm de espessura
Aplicação	Min. 3 camadas (3Kg/m^2)
Temperatura de aplicação	5ºC a 40ºC
Resistência chuva após	24 a 48 horas
Intervalo de tempo entre demãos	Aprox. 24 horas
Tempo de secagem	24 a 48 horas
Resistência tração	(sem informação)
Alongamento ruptura	(sem informação)
Permeabilidade ao vapor	(sem informação)

4.7.8. POLÍMEROS EM DISPERSÃO AQUOSA

4.7.8.1. Notas Prévias

Estes produtos líquidos de revestimento constituídos por polímeros ou copolímeros com base aquosa que se inserem na parte 8 da ETAG 005 [27], curam principalmente com a evaporação da água e através de um processo químico chamado de coalescência, aglutinação das partículas do polímero, dando origem a uma película polimérica elástica e estável. Como são produtos em base aquosa livre de solventes agressivos com cheiros fortes e nocivos, existem melhores condições de higiene e de

segurança aquando da sua aplicação assim como a limpeza das ferramentas pode ser feita apenas com água.

No mercado existem quatro tipos diferentes de produtos líquidos de impermeabilização que de uma forma geral se enquadram nesta família dos polímeros em dispersão aquosa:

- Produtos cimentícios de dois compomentes base de resinas de acrilatos;
- Produtos pastosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa;
- Produtos fibrosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa;
- Produtos de silicone em dispersão aquosa.

A maioria destes produtos presentes no mercado cumprem os requisitos da norma UNE 53.410: "Sistemas laminados flexíveis de aplicação local à base de copolímeros em dispersão aquosa, com armadura, para impermeabilização de edifícios" quando utilizados com a armadura correspondente.

4.7.8.2. Produtos cimentícios de dois componentes à base de resinas de acrilatos

Este produtos embora sejam cimentícios enquadram-se na família de polímeros em dispersão aquosa porque o seu componente líquido é baseado em resinas de acrilatos (polímeros acrílicos).

Na preparação do produto em obra deverá ser feita a mistura dos dois componentes na razão de 2 para 1. Para duas porção do componente líquido resinoso deverá juntar-se uma parte do componente cimentício (pó acinzentado). É necessário ter em atenção ao componente em pó pois é nocivo por inalação [64].

A aplicação deve ser feita sobre um suporte livre de óleos e gorduras, sem pó e com pendente mínima de modo a evitar empoçamentos. Este sistema de impermeabilização tem obrigatoriamente de levar duas demão, pode ser armado pontualmente ou pode ser totalmente armado com rede de vibra de vidro com tratamento antialcalino, colocada normalmente depois do primário [65]. Poderá ficar à vista sem revestimento caso seja uma cobertura não transitável.

Uma grande vantagem deste produto em relação aos outros revestimentos líquidos de impermeabilização é o facto de por ter cimento na sua constituição, as reações de hidratação consomem água, o que permite aplicar o produto em suportes húmidos, no entanto, não é permitida a presença de água superfície aquando da aplicação. É permeável ao vapor de água e consegue absorver microfissuras que possam ocorrer. [64]

Este sistema pode ser aplicado sobre betão, sobre e sob revestimentos cerâmicos. No caso de serem colocados revestimentos cerâmicos a massa adesiva poderá ser colocada diretamente sobre o sistema de impermeabilização com garantia de boa compatibilidade química e bom funcionamento pois este permite a elasticidade necessária para que não ocorram fissuras nos cerâmico.

Devido necessidade de criação de pendentes, este sistema é normalmente aplicado sobre betonilha. A cor escura que os produtos cimentícios normalmente apresentam por vezes é uma desvantagem pois a superfície aquece em demasia e a betonilha pode fissurar. Este problema é facilmente resolvido colocando revestimentos de poliuretanos que são bastante compatíveis e que para além de terem uma cor mais clara e evitarem o sobreaquecimento superficial das coberturas, melhoram o aspecto físico e podem aumentar a capacidade de carga de serviço até categoria máxima P4 (dependendo da membrana de poliuretano utilizada). A colocação de revestimentos poliuretanos sobre produtos cimentícios permite que mesmo que ocorram fissuras no revestimento não se registem infiltrações.

Tabela 4.6. - Características dos produtos cimentícios de dois componentes base de resinas de acrilatos [65]; [64]

Características dos produtos cimentícios de dois componentes base de resinas de acrilatos	
Base	Resinas de acrilatos
Aspecto	Pasta fluída (após mistura)
Cores	Cinzento ou marfim
Densidade (20ºC)	(sem informação)
Sólidos	Entre 49% e 51%
Tempo de vida da mistura para aplicação	60 a 90 mnt
Rendimento/consumo	1,8 kg/m^2 por mm de espessura
Aplicação	Entre 1 a 2 mm por demão (mín. 2 demão)
Temperatura de aplicação	Entre 8ºC e 40ºC
Resistência chuva após	3 a 4 horas *
Intervalo de tempo entre demãos	6 a 12 horas *
Tempo de secagem	3 a 4 horas *
Resistência à tração	400N/5cm
Alongamento à ruptura	Aprox. 47%
Permeabilidade ao vapor	16 gr/m^2/dia

* tempos dependentes da temperatura, da humidade do ar e do suporte

Os produtos à base de polímeros em dispersão aquosa são considerados bons para reabilitações de edifícios antigos. Apresentam uma boa compatibilidade e aderência a uma gama larga de materiais, principalmente ao reboco tradicional de cal, o que soma vantagens em relação às membranas betuminosas especialmente nos remates com paredes ou muretes. [5]



Fig. 4.10. – Impermeabilização de cobertura plana no Porto utilizando produtos cimentícios de dois componentes base de resinas de acrilatos (80m^2)

4.7.8.3. Produtos pastosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa

Estes produtos são revestimentos de impermeabilização de dispersão aquosa livre de diluentes e amaciadores compostos à base de polímeros acrílicos puros ou base de uma dispersão estireno-acrílica. Apresentam-se como uma massa sintética espessa monocomponente e tixotrópica, pronta a usar com apenas a necessidade de mistura do produto de modo a que este fique homogéneo. Têm boa aderência sobre betão, telas betuminosas novas ou gastas, zinco, aço, alumínio, cobre e PVC. Em todo o caso é necessária a aplicação de um primário para optimizar as características de aderência [66]; [67].

A aplicação é feita a frio com rolo de pelo curto, rodo de borracha, pincel, trincha ou projeção ariless dependendo do produto. A cobertura deverá ter sempre uma pendente mínima e o número de camadas varia consoante o estado da base e a necessidade de impermeabilização. Em bases fissuradas deverá aplicar-se reforço com a tela de fibra de vidro antialcalina não colada base (sistema semiaderido). Uma vez aplicado o primário e a primeira camada de produto, é estendida imediatamente a armadura (fibra de vidro com tratamento antialcalino ou geotêxtil dependo do produto), que será selada depois com uma segunda camada. Se a superfície for irregular, o revestimento da armadura deve ser feito com duas camadas a rolo [67]; [66]. Alguns produtores aconselham que as camadas sejam feitas com produto de cores diferentes para se conseguir controlar melhor a colocação do material [68]. Existe também algumas marcas deste tipo de produtos que possuem alguns pormenores de reforço de geotêxtil pré fabricados para zonas singulares como por exemplos os cantos interiores e exteriores [66]. A aplicação deverá ser evitada em períodos de chuva pois como são produtos em dispersão aquosa dependem da evaporação para a formação do revestimento.

Este sistema de impermeabilização não necessita de revestimento, no entanto, só é transitável em situações ocasionais de manutenção ou serviços, por isso é aplicado principalmente em coberturas não acessíveis. Caso a cobertura requeira a capacidade de ser pedonal, existem produtos que possibilitam a colocação de revestimento de ladrilhos cerâmicos diretamente sobre o sistema de impermeabilização utilizando cola e argamassa de juntas adequadas (figura..) [66], [68].

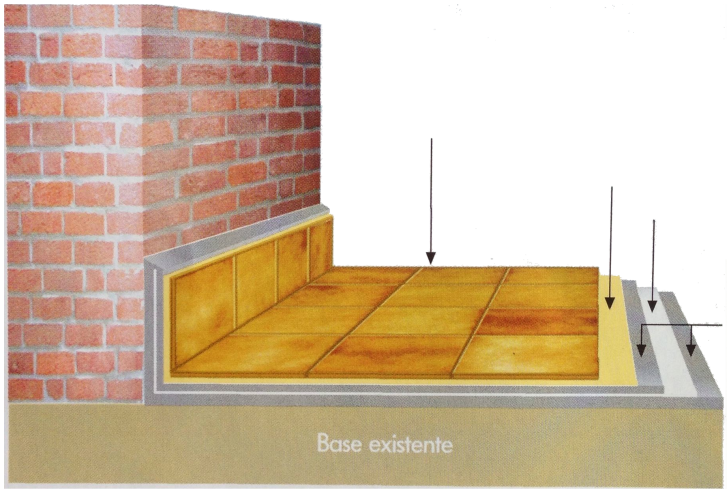


Fig. 4.11. – Sistema de impermeabilização com dois produtos pastosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa revestido com ladrilhos cerâmicos

O sistema não deve ser utilizado em bases em contacto permanente com água e em geral não deve ser aplicado sobre suportes húmidos, no entanto, os produtos constituídos base de polímeros acrílicos puros distinguem-se pela boa permeabilidade ao vapor de água permitindo que as camadas subjacentes da cobertura, que tenham um elevado grau de humidade, sequem com o tempo. Os produtos base de polímeros acrílicos puros, isentos de estireno, apresentam normalmente uma maior durabilidade do que os com os produtos base de uma dispersão estireno-acrílica [69]; [66].

As coberturas estáveis e com pouca probabilidade de fissurar são as mais indicadas para a aplicação desta solução. Apesar de alguns produtores [68] defenderem que este tipo de soluções de impermeabilização só deve ser aplicado em coberturas pouco extensas com um máximo de 100m^{s}, outros [66] afirmam com alguns exemplos que é possível aplicar esta solução de impermeabilização para grandes áreas de cobertura. Estas membranas resistem a variações de temperatura de com cerca de 130ºC pois mantem-se flexíveis a 30ºC negativos assim como até 100ºC positivos, são capazes de também de resistir a contactos ocasionas com fogo e ao calor radiante. A possibilidade da escolha de cor branca, quando o material não leva revestimento para além do sistema de impermeabilização, garante uma maior reflectância da radiação solar e consequentemente maior conforto térmico no interior do edifício.

Tabela 4.7. - Características dos produtos pastosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa [66]; [67]; [68]

Características dos produtos pastosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa	
Base	Resinas estireno acríliclas com cargas ou resinas acrílicas puras
Aspecto	Líquido viscoso
Cores	Branco, cinzento, telha e verde
Densidade (20ºC)	Varia entre 1,2 e 1,3 kg/l
Sólidos	Entre 60% a 73%
Tempo de vida da mistura para aplicação	(não se aplica)
Rendimento / Consumo	Aprox. 1,0 Kg/m^2/camada *[1]
Aplicação	Min. 2 camadas (2,0 Kg/m^2 a 3,0 kg/m^2)
Temperatura de aplicação	Entre 10ºC a 35ºC
Resistência chuva após	Varia entre 2 horas, 5 a 8 horas ou 12 horas *[2]
Intervalo de tempo entre demãos	2 horas ou de 6 e 12 horas *[2]
Tempo de secagem	3 a 5 horas ou 15 horas ou de 24 a 36 horas *[2]
Coef. de difusão de água - μ	Aprox. 2400 *[3]
Resistência à tração	De 1 N/mm^2 a 10N/mm^2
Alongamento à ruptura	De aprox. 350% a 500%

*[1] – Depende da rugosidade e capacidade de absorção do suporte

*[2] - Tempos dependentes da temperatura, da humidade do ar, do suporte e do produto adoptado

*[3] - Produtos líquidos ou pastosos à base de polímeros acrílicos puros

4.7.8.4. Produtos fibrosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa

Quase todos os produtores dos produtos pastosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa têm também produtos fibrosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa pois as propriedades de ambos são idênticas exceção da resistência mecânica melhorada com a adição de fibras que existe no segundo. Isto permite que seja dispensa a armadura de vibra de vidro. Após a cura destas membranas, as fibras presentes ficam dispostas de forma aleatória o que resulta num comportamento mecânico homogéneo em todas as direções, isto não acontece na rede de fibra de vidro que é normalmente retangular e o seu comportamento mecânico é melhor nas direções principais da malha.

As coberturas estáveis não transitáveis são o principal alvo da aplicação deste sistema de impermeabilização. O aspeto físico deste material é mais rugoso do que o anterior.

4.7.8.5. Produtos de silicone em dispersão aquosa

O desenvolvimento da tecnologia que possibilita que o silicone se encontre em dispersão aquosa trouxe melhores condições de higiene e fácil aplicação a rolo ou espátula que são as vantagens características dos produtos em dispersão aquosa livres de solventes e devido sua consistência singular, é possível o preenchimento de cavidades assim como uma boa regularização do suporte.

Tabela 4.8. – Características dos produtos de silicone em dispersão aquosa [70]

Características dos produtos de silicone em dispersão aquosa	
Base	Silicone
Aspecto	Líquido pastoso
Cores	Cinzento, preto, telha e branco
Densidade (20ºC)	Aprox. 1,3 kg/l
Sólidos	(sem informação)
Tempo de vida da mistura para aplicação	(não se aplica)
Rendimento / consumo	1,3 kg/m^2 /mm de espessura em húmido
Aplicação	Min. 2 mm (2,6 kg/m^2)
Temperatura de aplicação	Entre 10ºC e 30ºC
Resistência chuva após	3 a 7 horas *
Intervalo de tempo entre demãos	24 horas *
Tempo de secagem	24 horas * (2 mm de espessura)
Resistência tração	(sem informação)
Alongamento ruptura	Apox. 500%
Coef. de difusão de água - μ	Aprox. 1200

* tempos dependentes da temperatura, da humidade do ar e do suporte

Este material é aplicável na maioria das superfícies, ou seja, adere a grande parte dos materiais de construção desde tijolo, cimento, cerâmicos, madeira, poliestireno, zinco, telas pré existente de asfalto PVC, poliuretano, etc. No entanto o sistema de aplicação deste material não dispensa de um primário adequado ao tipo de suporte. O sistema não é aplicável sobre superfícies húmidas e deve ser constituído para além do primário por um mínimo de duas camadas de produto (com os consumos aconselhados pelo produtor) armadas com uma malha de reforço colocada entre elas [70].

Os produtos de silicone líquido para além da grande facilidade de aplicação e de enchimento, possuem uma a maior capacidade de elasticidade comparando com os outros produtos, têm uma boa resistência aos raios UV, são permeáveis ao vapor de água evitando o aparecimento de bolhas de ar no revestimento, resiste a temperaturas extremas (-20ºC a 80ºC) sem alteração da sua performance e é isento de substâncias tóxicas [70].

Tabela 4.9. – Classificação de acordo com a aprovação técnica europeia ETAG 005

Classificação de acordo com a aprovação técnica europeia ETAG 005	
Reação ao fogo (EN13501-5)	E
Vida útil expectável	W2
Zonas climáticas	M e S
Carga de serviço	P1 e P2
Pendente da cobertura	S1, S2, S3 e S4
Temperatura superficial mínima	TL3
Temperatura superficial máxima	TH3

A carga de serviço para estes produtos está classificada como P2 segundo a ETAG 005, no entanto, já existe um aditivo em pó que para além de acelerar o tempo de secagem, passa a categoria da carga de serviço para P3 (normal) e assim já é permitido o tráfego pedestre na cobertura a onde foi aplicado o produto [71].



Fig. 4.12. – Renovação e impermeabilização de cobertura, sobre tela de xisto utilizando produtos de silicone em dispersão aquosa (2010, 1200m^2) [72]

4.7.9 BORRACHA LÍQUIDA

A borracha líquida é um revestimento líquido tixotrópico base de borracha butílica e resinas sintéticas em solução sem a presença de betume nem alcatrão. Este material apesar não constar nos produto referenciados na ETAG 005 é considerado membrana líquida para impermeabilização e consta no mercado nacional.

As condições de higiene e de segurança aquando da aplicação deste material são inferiores quando comparadas com os produtos com base aquosa pois por ter base solvente tem odor agressivo e é preciso que os materiais utilizados sejam limpos com solvente adequado imediatamente após a aplicação. É um produto inflamável (ponto de inflamação 25ºC) e nocivo por inalação e em contato com a pele pelo que é necessário utilizar luvas de proteção e quando não é garantida boa ventilação utilizar proteção respiratória. O calor dos COV's está de acordo com a Diretiva 2004/42/CE [26].

A aplicação do material deve ser feita sobre suporte limpo e com pendente necessário a um correto escoamento das águas. Pode ser aplicado sobre betão, cimento, fibrocimento, metais, telas asfálticas ou betuminosas, entre outros. As superfícies base de cimento precisam de neutralização com ácido clorídrico diluído e as metálicas necessitam de tratamento contra a corrosão. Caso existam fissuras com 0,4mm ou inferior podem ser vedadas diretamente o produto. O material é aplicado a frio com rolo ou trincha e não se deve aplicar sob sol direto pois uma brusca evaporação dos solventes poderia provar fendas no revestimento. É normalmente um sistema armado com vibra de vidro ou poliéster aplicado entre as demãos [73].

Sendo este material de cores escuras, é necessário aplicar areia na ultima camada ainda fresca de modo a proteger a tela dos raios solar. Este revestimento é adequado para coberturas planas não acessíveis, no entanto, pode ser revestido com cerâmico posteriormente para coberturas acessíveis.

É uma boa solução para a reabilitação de revestimentos betuminosos ou asfálticos, mantem a cobertura impermeável mesmo com água estagnada e a sua flexibilidade mantem-se inalteradas com temperaturas desde os 25ºC negativos até cerca de 80ºC.

Tabela 4.10. - Características dos produtos de borracha líquida [73]

Características dos produtos de borracha líquida	
Base	Borracha butílica e resinas sintéticas
Aspecto	Líquido pastoso
Cores	Cinzento, preto e telha
Densidade (20ºC)	Aprox. 1,2 kg/l
Sólidos	(sem informação)
Tempo de vida da mistura para aplicação	(não se aplica)
Rendimento / consumo	0,5 kg/m^2/camada
Aplicação	Min. 2 demão (1,0 kg/m^2)
Temperatura de aplicação	Entre 5ºC e 30ºC
Resistência chuva após	24 horas *
Intervalo de tempo entre demãos	24 horas *
Tempo de secagem	Entre 24 a 48 horas *
Resistência à tração	(sem informação)
Alongamento à ruptura	(sem informação)
Permeabilidade ao vapor	(sem informação)

* tempos dependentes da temperatura, da humidade do ar e do suporte

4.7.10. SISTEMAS DE REVESTIMENTOS ACRÍLICOS (COM BASE SOLVENTE)

Estes produtos são monocomponentes de composição polimérica com base solvente e são normalmente utilizados em reparações de coberturas quando se registam infiltrações. São particularmente bons para as reparações urgentes pois conseguem curar em condições de tempo adversas mesmo quando estão submersos em água [21].

Como a maioria das membranas líquidas, estes produtos são aplicados a frio com rolo ou escova podendo-se utilizar o produto diretamente do contentor apenas necessitando da mistura do produto de forma a este ficar homogéneo. Caso o suporte seja de betume fresco, metal ou amianto é necessário colocar um primário antes da aplicação do produto, na maioria dos outros materiais é garantida uma boa aderência do material. O material pode ser aplicado em sistema não-armado colocando apenas uma ou duas camadas da membrana, no entanto, quando existem fissuras ou se quer dar uma maior garantia de uma vida útil é necessário colocar reforço como por exemplo tela de fibra de vidro entre as camadas [21].

4.7.11. POLIURETANOS TERMOPLÁSTICOS (COM BASE SOLVENTE)

Os poliuretanos termoplásticos são monocomponentes e são constituídos por copolímeros de blocos segmentados lineares como o SEBS (estireno etileno butadieno estireno) e SEPS (estireno etileno propileno estireno). São bastante flexíveis, resistentes às alterações climatéricas e são normalmente aplicados para produzir revestimentos transparentes de múltiplas camadas. Poderão necessitar de armadura de reforço de forma a aumentar a durabilidade dos revestimentos. Este material é aplicado a frio com rolo, escova ou projetado e pode ser utilizado diretamente do contentor. Este sistema de impermeabilização de coberturas planas pode garantir uma durabilidade de impermeabilização de mais de 15 anos [21].

5
ANOMALIAS FREQUENTES

5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A ocorrência de anomalias na construção tem inúmeras causas possíveis e, na maioria dos casos, a origem das anomalias advém não só de um fator mas da associação de um conjunto de fatores. Esses fatores são normalmente o resultado da falta de cuidados no processo de aplicação e execução em obra, de erros de projeto ou defeitos de fabrico dos materiais. Os sistemas de impermeabilização não fogem à regra e sofrem anomalias recorrentes desses erros para além das anomalias que sucedem da ação dos agentes de degradação que foram referidos no capítulo 2.

Em coberturas acessíveis onde o sistema de impermeabilização é protegido por outro material de revestimento e em coberturas não acessíveis ou acessíveis apenas para manutenção, quando não existe uma manutenção periódica e apropriada ao bom funcionamento dessas coberturas, as anomalias do sistema de impermeabilização só são detetadas quando começam a aparecer infiltrações de água ou de humidades no interior do edifício. Nas coberturas acessíveis onde o sistema de impermeabilização é visível, poderá detetar-se as anomalias a olho nu e evitar a ocorrência de infiltrações fazendo as respetivas correções do sistema de impermeabilização atempadamente.

Neste capítulo pretende-se dar a conhecer algumas das anomalias mais frequentes que ocorrem nos sistemas de impermeabilização de coberturas planas. De acordo com a zona da cobertura em que se encontram dividiu-se as anomalias em dois grupos, as que ocorrem na superfície corrente da cobertura e as que surgem em pontos singulares da cobertura.

5.2. ANOMALIAS EM SUPERFÍCIE CORRENTE DA COBERTURA

5.2.1. NOTAS PRÉVIAS

Com base em Grandão Lopes [74] as anomalias em superfície corrente foram divididas da seguinte forma:

- Fissuração do revestimento de impermeabilização;
  - Ação da camada de proteção:
    - Inexistência da camada de dessolidarização;
    - Deslocamentos da camada de proteção pesada solta;
    - Desprendimento do granulado mineral;
    - Inadequação da camada de proteção;
    - Fissuração da camada de proteção pesada rígida.

    - Ação do suporte do revestimento de impermeabilização:
        - Ligação do revestimento ao suporte/ compatibilidade química entre os materiais;
        - Fissuração do suporte.
- Perfuração do revestimento de impermeabilização;
    - Cargas pontuais (dinâmicas e estáticas);
    - Agentes biológicos.
- Empolamentos;
- Degradação/envelhecimento do revestimento de impermeabilização.

5.2.2. FISSURAÇÃO DO REVESTIMENTO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

5.2.2.1. Notas prévias

A ocorrência de fissuração do revestimento de impermeabilização está relacionado com as ações transmitidas a este sistema pelos elementos circundantes, pode ter várias origens desde a ação do revestimento de proteção e do suporte do revestimento até às ações provenientes da radiação solar ou da ação de químicos que degradam ou aceleram o envelhecimento dos materiais de impermeabilização.

5.2.2.2. Ação da Camada de Proteção

Uma grande parte das membranas líquidas para a impermeabilização de coberturas planas necessita da colocação de uma camada de proteção para que as suas características sejam mantidas e possam desempenhar a função para a qual foram colocadas, formarem uma camada homogénea estanque à água. As anomalias decorrentes da ação da camada de proteção podem resultar da falta de camada de dessolidarização, do deslocamento ou movimento da camada de proteção pesada solta, do desprendimento do granulado mineral, da inadequação da camada de proteção e da fissuração da camada de proteção pesada rígida.

- Inexistência da camada de dessolidarização: a camada de dessolidarização serve para evitar que os movimentos dos elementos adjacentes à impermeabilização originados por variações de temperatura ou retrações dos materiais que os constituem, sejam transmitidos diretamente ao revestimento de impermeabilização. Quando não existe esta camada de dessolidarização e os movimentos são transmitidos diretamente ao revestimento de impermeabilização, a capacidade de deformação dos materiais impermeabilizantes pode ser excedida e por consequência ocorrem as fissuras [74].
- Deslocamento da camada de proteção pesada solta: o deslocamento dos elementos soltos da camada de proteção pesada derivado da ação do vento, do movimento das águas quando existe em grandes quantidades, etc., leva a que haja uma exposição à radiação solar inadequada do revestimento de impermeabilização que por sua vez irá degradar, desgastar e acelerar o envelhecimento da impermeabilização levando ao aparecimento de fissuras [74].
- Desprendimento do granulado mineral: algumas das membranas líquidas de impermeabilização não necessitam de camada de proteção pesada (dependendo do tipo de utilização da cobertura) no entanto algumas aconselham a que seja colocado em fresco granulado mineral na última camada da membrana líquida de impermeabilização de forma a garantir maior durabilidade e ajudar na resistência à radiação solar. Quando existe o desprendimento desse granulado

principalmente pela ação da chuva ou do vento, a impermeabilização fica mais exposta à radiação solar levando ao seu envelhecimento precoce e a consequente ocorrência de fissuras.

- Inadequação da camada de proteção: por vezes a proteção do revestimento de impermeabilização é feita por outros produtos líquidos e quando o produtos não são quimicamente compatíveis ou quando o revestimento não é adequado ao tipo de solicitações prevista pode ocorrer a fissuração do revestimento de impermeabilização.
- Fissuração da camada de proteção pesada rígida: quando a camada de proteção pesada rígida não tem as juntas de dilatação necessárias podem ocorrer fissuras neste elemento. A fissuração deste elemento não implica por si só que ocorra a fissuração do revestimento de impermeabilização, no entanto, os movimento da camada de proteção poderá originar fissuras na impermeabilização (principalmente se não houver camada de dessolidarização).

5.2.2.3. Ação do suporte do revestimento de impermeabilização

Existe uma grande variedade de tipos de suportes diferentes quando se trata da colocação de revestimentos de impermeabilização em coberturas planas e para além disso existe também uma grande variedade de membranas líquidas para impermeabilização. É necessário por tanto saber escolher qual ou quais as membranas líquidas que, pelas suas características, funcionam melhor em cada tipo de suporte. A ação que o suporte tem no revestimento de impermeabilização pode originar fissuras neste elemento quando a ligação entre os dois não é feita corretamente e quando não existe compatibilidade química entre o material do suporte e a membrana líquida de impermeabilização ou quando ocorrem fissuras no suporte.

- Ligação do revestimento ao suporte/ compatibilidade química entre os materiais: Para a ligação ao suporte dos revestimento de impermeabilização baseados em produtos líquidos é normalmente necessário a aplicação de um primário que permite a correta aderência da membrana líquida ao suporte. Esse primário deverá ser o apropriado para o suporte em questão e deverá ser quimicamente compatível com a membrana líquida que se for utilizar para que o comportamento dos materiais seja o esperado. A falta de compatibilidade química entre os materiais poderá levar à vulnerabilização e à corrosão do material de impermeabilização levando ao aparecimento de fissuras.
- Fissuração do suporte: Os sistemas de impermeabilização baseados em produtos líquidos são na sua maioria totalmente aderentes ao suporte e por isso, a fissuração causada por retração inicial do suporte, pelas variações térmicas que este sofre ao longo do tempo ou pelas deformações estruturais que possam existir, são um grande fator da ocorrência de fissuração no revestimento de impermeabilização pois, mesmo existindo membranas líquidas com boas capacidades elásticas e com boa resistência à fissuração, quando as fissuras no suporte são significativas há fissuração do revestimento de impermeabilização. Existem sistema de impermeabilização baseados em produtos líquidos que são semi-aderidos e que somam vantagens na resistência à fissuração do suporte no entanto, são igualmente passiveis de fissurar quando as fissuras no suporte são mais severas.

5.2.3. PERFURAÇÃO DO REVESTIMENTO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A perfuração do revestimento de impermeabilização nas coberturas planas pode ser devido às cargas pontuais que podem ser dinâmicas ou estáticas e que podem ocorrer durante a execução da impermeabilização ou durante o tempo de utilização ou devido aos agentes biológicos como os animais e as plantas.

- Cargas pontuais (dinâmicas ou estáticas): As cargas pontuais podem ter origem dinâmica, de curta duração ou estática, de longa duração. As cargas pontuais dinâmicas são a principal causa da rotura da impermeabilização por perfuração e são normalmente derivadas do impacte mecânico como é o caso da queda de objetos pesados ou cortantes. As cargas pontuais estáticas são aquelas que resultam da colocação de equipamentos sobre a impermeabilização que provocam a deformação contínua e de longa duração podendo levar à perfuração do revestimento de impermeabilização. Este problema é mais significativo quando não existe camada de proteção pesada sobre o revestimento de impermeabilização e quando não existe qualquer cuidado em se fazer a distribuição uniforme das cargas pontuais.
- Agentes biológicos: As raízes das plantas que são criadas nas coberturas por falta de manutenção, os animais principalmente os pássaros e os roedores podem dar origem à rotura da impermeabilização.

5.2.4 .EMPOLAMENTOS

Os empolamentos existentes nos sistemas de impermeabilização baseados em produtos líquidos são normalmente devido à ação do vapor de água. Quando a impermeabilização não está protegida por nenhum isolamento térmico, a radiação solar transmite calor aumentando a temperatura e na existência de humidade nas camadas inferiores à camada de impermeabilização ocorre vaporização da água. Se não houver barreira para vapor antes do revestimento de impermeabilização e se o produto utilizado não for permeável ao vapor de água ocorre o empolamento deste revestimento.

5.2.5 DEGRADAÇÃO/ENVELHECIMENTO DO REVESTIMENTO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A degradação e o envelhecimento acelerado dos revestimentos de impermeabilização pode ter várias origens. Como foi referenciado no capítulo 2, existe um grande número de agentes de degradação do sistema de impermeabilização, de entre eles a ação prolongada da água, os agentes químicos a radiação solar e os microrganismos são os que mais afetam a degradação do revestimento de impermeabilização.

A ação prolongada da água devido à falta de pendente ou correto sistema de drenagem das águas ou a falta de manutenção que leva à obstrução dos sistemas de drenagem, pode levar à remoção de componentes solúveis dos produtos de impermeabilização, à perda de aderência e resistência dos materiais e ao aparecimento de microrganismos (fungos e bactérias) que por sua vez degradam os revestimentos de impermeabilização. Os agentes químicos podem ser responsáveis pela oxidação, corrosão, fragilização e endurecimento dos materiais. Quando o revestimento de impermeabilização é exposto à radiação solar poderá ocorrer a mudança de cor do material, a redução da sua resistência e a consequente degradação da superfície exposta.

5.3. ANOMALIAS EM PONTOS SINGULARES DA COBERTURA

5.3.1. NOTAS PRÉVIAS

Os pontos singulares das coberturas são pontos que necessitam maior cuidado na execução em obra, são trabalhos mais minuciosos e passiveis de ocorrência de anomalias. Com base em Grandão Lopes [74] os pontos singulares considerados são os seguintes:

- Platibandas, paredes, muretes e rufos;
- Juntas de dilatação;

- Pontos de drenagem e evacuação de águas pluviais:
  - Tubos de queda;
  - Caleiras;
- Tubagem emergente;
- Soleira de portas;
- Chaminés/claraboias;
- Bases de apoio de equipamentos diversos.

5.3.2. PLATIBANDAS, PAREDES, MURETES (RUFOS)

A principal causa da ocorrência de anomalias na ligação das coberturas com paredes emergentes, muretes e platibandas é a insuficiência altura de aplicação do sistema de impermeabilização. É aconselhada uma altura mínima de 15cm de altura para que seja garantida a estanquidade da cobertura. Nos muretes ou platibandas onde existam rufos, a impermeabilização deve ser feita até à máxima cota possível. Outra anomalia é a aplicação insuficiente de produto (sem o consumo aconselhado pelo produtor) que por vezes faz com que a última camada do sistema de impermeabilização comece a perder a aderência e a degradar o sistema, na figura 5.1 está representada um exemplo desta anomalia.



Fig. 5.1. – Degradação do sistema de impermeabilização em murete (caso de estudo apresentado no capítulo 6)

Os pormenores construtivos seguintes mostram duas das soluções possíveis para a realização correta da aplicação do sistema de impermeabilização com base em produtos líquidos em paredes emergentes.

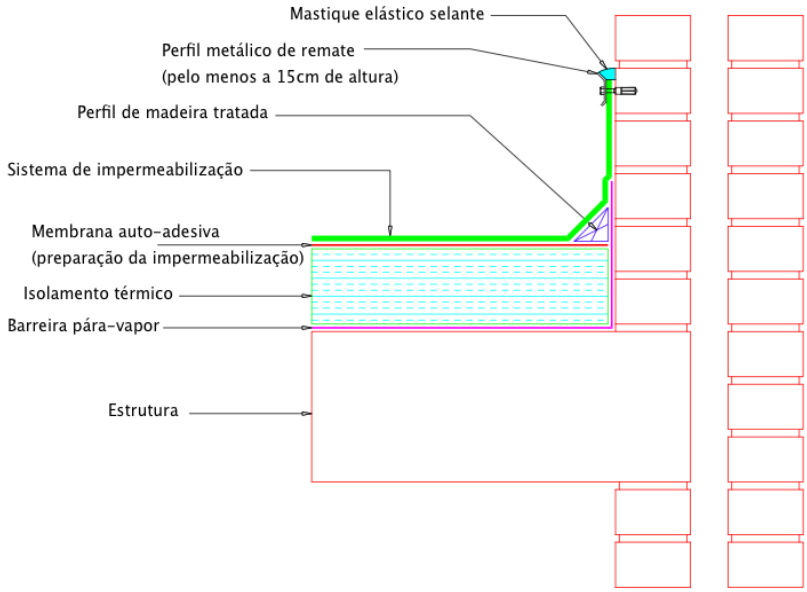


Fig. 5.2. – Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização do remate de cobertura plana com parede emergente e com finalização em perfil metálico, adaptado [30]

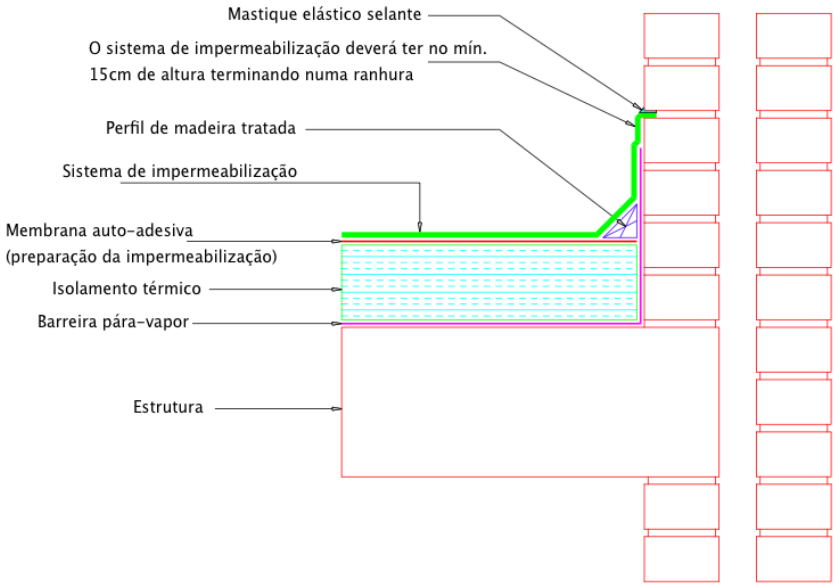


Fig. 5.3. – Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização do remate de cobertura plana com parede emergente, adaptado [30]

5.3.3. JUNTAS DE DILATAÇÃO

As juntas de dilatação num cobertura plana são indispensáveis para assegurar o bom funcionamento e evitar fissuração dos seus elementos, principalmente em coberturas de área razoavelmente grande. A

principal anomalia que ocorre em juntas de dilatação quando o sistema de impermeabilização é baseado em produtos líquidos é a fissuração deste sistema quando a sua capacidade de deformação é excedida.

A fissuração do sistema de impermeabilização resulta dos movimentos diferenciais dos dois corpos do edifício ou dos dois edifícios que definem a junta de dilatação. Os remates de juntas de dilatação ao nível da superfície corrente da cobertura, principalmente em coberturas acessíveis, é uma solução a evitar pois ficam mais sujeitos a ações mecânicas devidas da utilização e a probabilidade de fissurar é maior em comparação com os remates sobrelevados da superfície corrente da cobertura. No caso das coberturas acessíveis onde existe uma camada de proteção pesada rígida sobre o sistema de impermeabilização, sem interrupção sobre a junta de dilatação mas com a execução de uma junta de largura idêntica, esta deverá estar também separada da impermeabilização através de uma camada de dessolidarização para diminuir o risco de ocorrer fissuração do sistema de impermeabilização [74].

Uma das soluções construtivas possíveis é a realização da junta de dilatação sobrelevado como é representado na figura 5.4. No entanto, mesmo não sendo muito aconselhável, por vezes é necessário realizar o remate de junta de dilatação ao nível da superfície corrente da cobertura. A realização desse tipo de remates deverá garantir uma dessolidarização para cada lado da junta de forma a que as tensões instaladas no sistema de impermeabilização sejam inferiores ao limite admissível do material. Com produtos líquidos de impermeabilização é possível realizar este tipo de remates colando um reforço de armadura (a mais adequada para o tipo de membrana líquida que se esteja a utilizar) numa faixa de pelo menos 15cm para cada lado da junta. No interior da junta de dilatação é comummente utilizado um perfil de neoprene ou mastique de poliuretano para permitir as retrações e contrações da estrutura sem que haja transmissão de movimento entre estruturas.

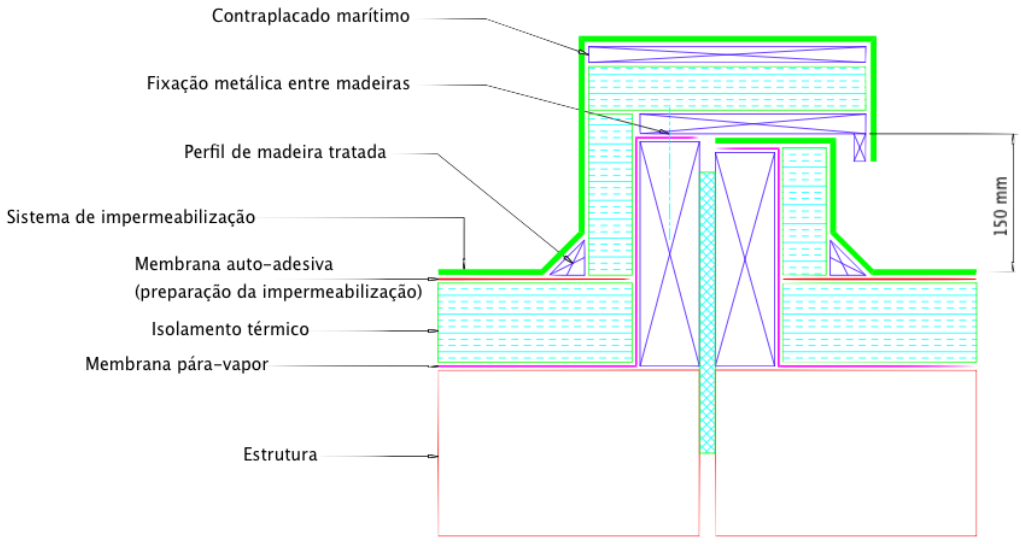


Fig. 5.4. – Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização numa junta de dilatação sobrelevada do nível da superfície de uma cobertura plana, adaptado [30]

5.3.4. PONTOS DE DRENAGEM E EVACUAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

As principais anomalias relativas a estes pontos singulares são a obstrução dos pontos de evacuação das águas devido à acumulação de resíduos e a deficiente ligação do sistema de impermeabilização com os dispositivos de evacuação de água.

A acumulação de resíduos juntos às embocaduras das condutas de evacuação ou dos tubos de queda que pode dar origem à obstrução parcial ou total das mesmas pode ser devido à falta de manutenção das coberturas ou da inadequada conformação de pendentes nas zonas circundantes das embocaduras. Nestas zonas é necessário existir um rebaixamento na camada de suporte para compensar a espessura extra dos acessórios e dos materiais de impermeabilização de forma a evitar a sobrelevação do revestimento de impermeabilização nessas zonas. As zonas de embocadura devem estar protegidas com um ralo para evitar o entupimento das condutas de evacuação.

A aplicação do sistema de impermeabilização nestes pontos singulares, deverá ser feita de forma a que a impermeabilização entre o mais possível na conduta para evitar que hajam infiltrações nestes pontos. Deverá também ser garantido o diâmetro necessário para o tubo de queda de forma a que a evacuação das águas da cobertura seja feita de forma correta. Na figura 5.5 está representado um exemplo construtivo da ligação do sistema de impermeabilização sobre uma conduta de evacuação.

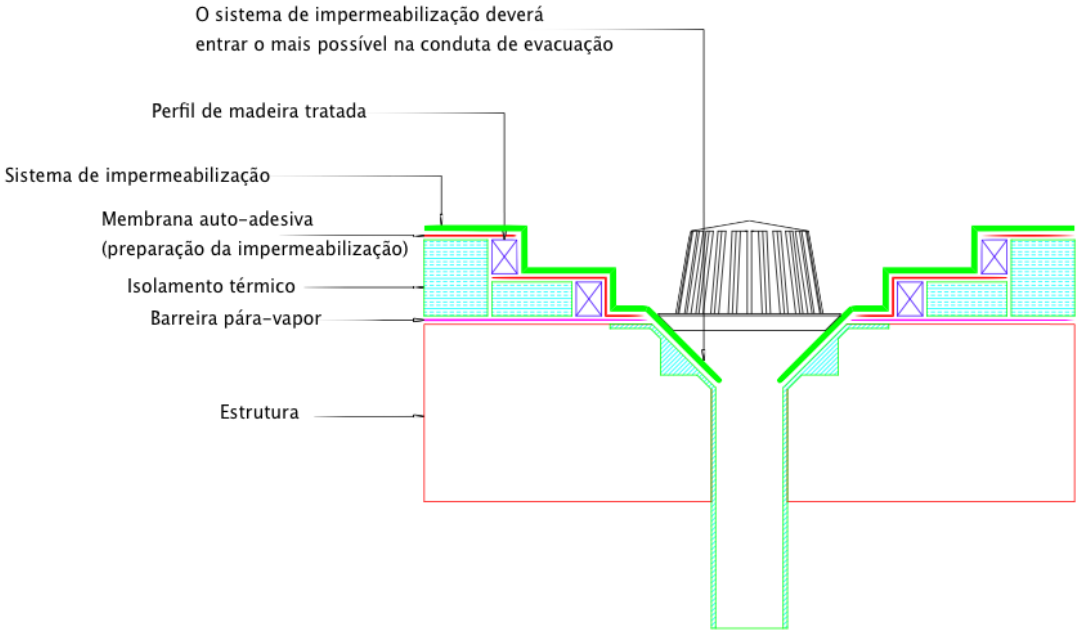


Fig. 5.5. – Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização da ligação sobre uma conduta de evacuação de águas numa cobertura plana, adaptado [30]

As anomalias que se podem verificar na ligação das coberturas e do revestimento de impermeabilização com as caleiras, podem ter três causas possíveis: a inadequação das disposições construtivas das caleiras, a utilização inadequada dos acessórios ou o deficiente processo de fixação dos remates. Na figura 5.6 está representado um exemplo de um pormenor construtivo onde a cobertura plana tem descarga direta sobre uma caleira.

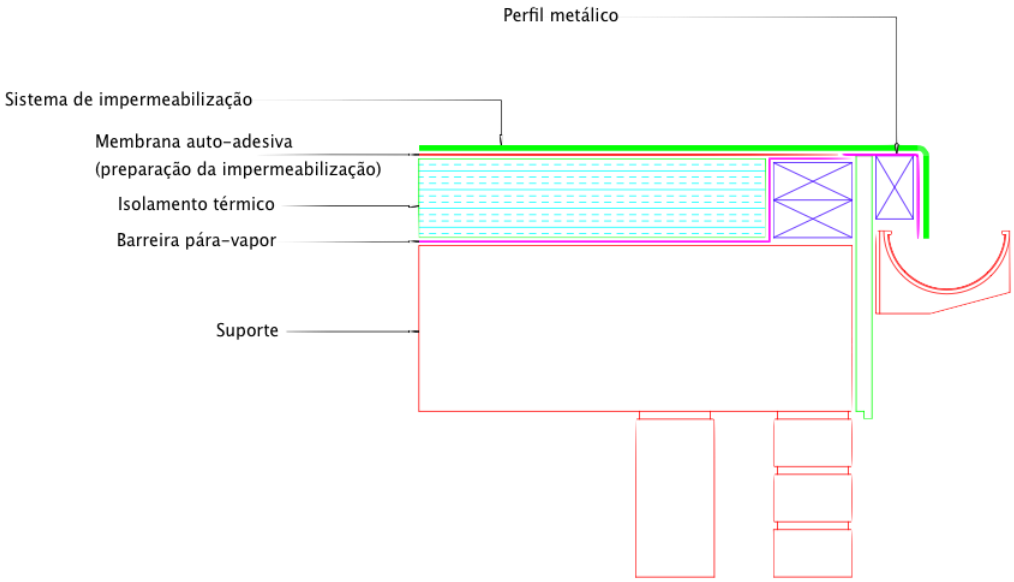


Fig. 5.6. – Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização de uma cobertura plana com descarga direta sobre uma caleira, adaptado [30]

5.3.5. TUBAGEM EMERGENTE

As anomalias verificadas nestes pontos singulares podem ser devidos à má execução, à deficiente altura da impermeabilização, ao mau isolamento na parte superior da impermeabilização no tudo e devido à radiação solar tanto da ação da temperatura como da ação dos raios UV a que o sistema de impermeabilização fica sujeito.

Tal como acontece nas paredes emergentes, a impermeabilização dos tubos emergentes deve ser feita até pelo menos 15cm de altura e deve ser devidamente isolada utilizando, por exemplo, uma abraçadeira metálica selada com mastique elástico de poliuretano como está exemplificado no pormenor construtivo da figura 5.7. A má execução deste pormenor poderá levar à ocorrência infiltrações através da parte superior do acabamento. A radiação solar incidente nestes ponto singulares poderá degradar o material impermeabilizante e consequentemente poderá existir perda da resistência e da estanquidade do sistema originando infiltrações.

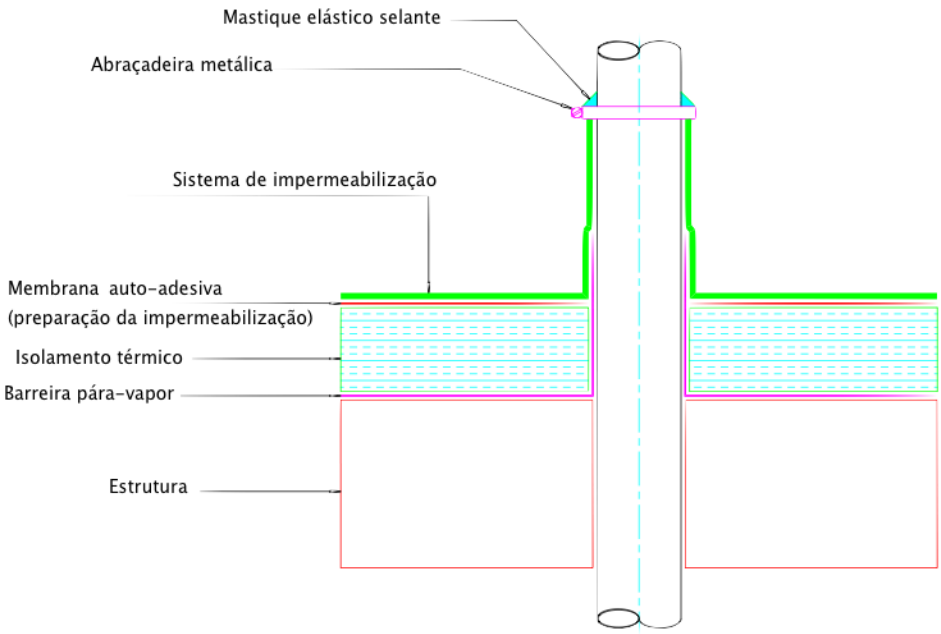


Fig. 5.7. – Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização de uma cobertura plana com tubos emergentes, adaptado [30]

5.3.6. SOLEIRA DE PORTAS

As anomalias que se podem verificar no remate em soleiras de portas acontecem normalmente por falta de uma boa execução da impermeabilização. Antes da aplicação da soleira é necessário que o sistema de impermeabilização seja prolongado suficientemente para o interior.

A falta de manutenção cuidada sobre a drenagem das soleiras, que normalmente é constituída por condutas de diâmetro muito reduzido, pode provocar a acumulação de águas que por sua vez poderá causar efeitos nefastos para o sistema de impermeabilização mesmo que este tenha sido devidamente executado. Estas anomalias podem causar a infiltração de água no interior dos edifícios e na parte inferior da impermeabilização da cobertura ficando assim anulada a sua função de estanquidade.

5.3.7. CHAMINÉS/CLARABOIAS

As chaminés ou claraboias emergentes nas coberturas planas, no que toda à impermeabilização, são de execução similar às paredes emergentes. As anomalias que aqui se verificam devem-se sobretudo à falta de altura suficiente da impermeabilização, à espessura da camada a aplicar (de acordo com o consumo preconizado pelo fabricante) e à possível incompatibilidade entre o material impermeabilizante o material que constitui a claraboia ou chaminé. A radiação solar a que o sistema de impermeabilização fica exposto, também pode degradar o sistema de impermeabilização e acelerar o seu envelhecimento.

Na figura 5.8 está representado um exemplo construtivo da ligação de uma cobertura plana com uma claraboia.

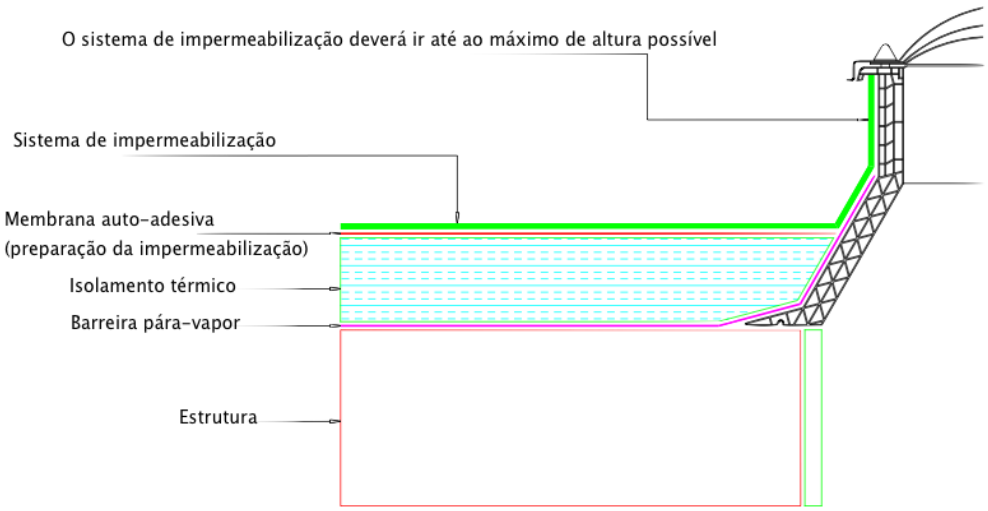


Fig. 5.8. – Exemplo de pormenor construtivo do sistema de impermeabilização de uma cobertura plana na ligação a uma claraboia, adaptado [30]

5.3.8. BASES DE APOIO DE EQUIPAMENTOS DIVERSOS

As bases de apoio de equipamentos diversos constituem um dos pontos singulares que se devem ter em atenção aquando da execução com especial destaque aos equipamentos que emitem fortes vibrações às coberturas. Essas vibrações produzem um efeito negativo na aderência do sistema de impermeabilizações ao longo do tempo, reduzindo assim a durabilidade prevista dos materiais aplicados.

Durante a execução dos trabalhos, os equipamentos que são necessários à obra e que são postos na cobertura posteriormente à aplicação do sistema de impermeabilização podem causar cargas pontuais, que não sendo estas uniformemente distribuídas provocam o rompimento do revestimento de impermeabilização. Este problema é agravado quando a camada inferior ao sistema de impermeabilização é bastante deformável e quando é carregada com cargas pontuais pode sofrer uma deformação plástica ou elástica propiciando o rompimento da impermeabilização caso a deformação seja maior que a capacidade elástica dos materiais que compõem este sistema.

Para evitar que haja o rompimento do sistema de impermeabilização durante as manutenções é aconselhado que se criem caminhos próprios para esse efeito.

5.4 ANOMALIAS ASSOCIADAS

Quando existe a ocorrência de alguma ou de várias anomalias anteriormente referidas neste capítulo, podem dar origem à ocorrência de outras anomalias através principalmente da ocorrência de infiltrações.

As infiltrações provocadas pelo mau funcionamento da impermeabilização das coberturas podem causar danos nos próprios elementos constituintes da cobertura assim como em outros elementos adjacentes a esta. Dependendo da severidade das infiltrações podemos ter problemas desde o conforto interior da habitação até problemas estruturais devido da ação da água. As infiltrações põem então em causa o cumprimento das exigências funcionais exigidas às coberturas como o caso das exigências de

segurança estrutural, às exigências de durabilidade, às exigências de estanquidade e às exigências de conforto higrotérmico e de aspecto referidas às exigências de habitabilidade.

O aparecimento de anomalias devido às infiltrações de água ocorre principalmente depois de períodos de intensa precipitação ou de longa duração. As anomalias que ocorrem no interior dos edifícios manifestam-se através de escorrimentos de água e de manchas de humidade ou eflorescências [75]. Na figura seguinte está representado o tecto interior de uma habitação cuja cobertura é plana e o sistema de impermeabilização foi baseado em produtos líquidos.



Fig. 5.8 – Exemplo do interior de uma habitação com infiltrações causadas pelo mau funcionamento do sistema de impermeabilização de uma cobertura interior (caso de estudo número 1)

6
INSPEÇÃO DE EDIFÍCIOS

6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com o objetivo de analisar o estado de conservação e de degradação dos revestimentos de impermeabilização à base de membranas líquidas em coberturas planas, optou-se por uma metodologia de inspeção visual do estado dos revestimentos de impermeabilização em função das condições de uso através da inspeção de edifícios.

A inspeção consiste na deslocação até ao edifício, mais propriamente à cobertura do edifício, analisar o estado e aspeto físico dos revestimentos de impermeabilização, preencher a ficha de inspeção de edifícios que será descrita neste capítulo, fazer o levantamento fotográfico e retirar informações através dos contactos feitos. O objetivo deste levantamento de informações é de tentar perceber se o comportamento que o sistema de impermeabilização tem tido ao longo do tempo está a ser o esperado.

A ficha de inspeção de edifícios é uma ferramenta que faz parte da maioria dos estudos que são realizados para avaliação e diagnóstico dos edifícios e dos seus componentes. Esta ferramenta consiste em estabelecer os dados e as informações que necessitam ser recolhidos *in situ* de forma a que essa recolha seja rápida e sistemática. Posteriormente ao preenchimento das fichas de inspeção de edifícios, as informações que foram recolhidas devem ser tratadas e analisadas para se obter algumas conclusões sobre a durabilidade que as membranas líquidas de impermeabilização têm tido.

A obtenção da amostra dos edifícios não foi uma tarefa fácil. Inicialmente começou-se por tentar entrar em contacto com alguns fabricantes e distribuidores de membranas líquidas de impermeabilização para a aquisição de informações, tais como:

- Qual o conhecimento que tinham da aplicação destes produtos em coberturas planas.
- Indagar sobre empreiteiros que em obras com coberturas planas, tenham utilizado a respetiva aplicação do produto.

Através do que foi transmitido pelos empreiteiros e donos de obra fez-se o preenchimento das fichas de inspeção para subsequente análise de resultados.

No início, como se depende sempre da disponibilidade de terceiros, só foram conseguidos dois edifícios onde se pudesse realizar a inspeção de edifícios. No entanto, depois de várias tentativas, conseguiu-se entrar em contacto com uma empresa que executa impermeabilizações de coberturas e que emprega em grande parte, as membranas líquidas para impermeabilização. Através dessa empresa, obtiveram-se informações sobre sete edifícios onde aplicaram membranas líquidas de impermeabilização. Contudo, foi apenas possível realizar a inspeção em quatro edifícios que se encontram na zona do Porto. Aos restantes três que se situam na zona de Lisboa não foi exequível agendarem uma visita.

Pesquisou-se também na internet, nas páginas de fabricantes de vários tipos de membranas líquidas, obras de referência onde tenham sido aplicadas essas membranas. Após várias tentativas para se realizar, nalguns desses edifícios mais próximos da zona do Porto, uma visita às suas coberturas, esta não foi permitida.

Para realizar a análise da durabilidade das membranas líquidas para a impermeabilização em coberturas planas através da inspeção de edifícios, a escolha dos edifícios em estudo deveria ser criteriosa, principalmente tendo em conta a data da aplicação destas membranas. No entanto, visto a dificuldade de encontrar edifícios cuja cobertura fosse plana com revestimento de impermeabilização à base de produtos líquidos e fosse possível fazer a visita às respetivas coberturas, a escolha da amostra de edifícios baseou-se apenas nos edifícios onde foi possível fazer-se a inspeção.

6.2. FICHA DE INSPEÇÃO

6.2.1. NOTAS PRÉVIAS

Como foi dito anteriormente, para se possuir uma recolha de informação organizada e sistematizada, houve a necessidade de elaborar uma ficha de inspeção de edifícios. A identificação da informação a recolher em cada edifício teve em conta os vários fatores que influenciam o bom funcionamento do sistema de impermeabilização em coberturas. Esta ficha tem o propósito de registar as informações gerais do edifício e da cobertura, identificar o tipo de impermeabilização que foi utilizado (sendo sempre utilizados produtos líquidos de impermeabilização), identificar as possíveis anomalias e registar fotograficamente.

A ficha de inspeção tem os seguintes itens:

- Identificação do edifício;
- Circunstâncias da inspeção;
- Características do edifício;
- Característica gerais da cobertura;
- Impermeabilização;
- Anomalias;
- Notas e observações;
- Registo fotográfico.

Nos subcapítulos seguintes estão descritos cada um destes itens assim como uma imagem exemplificativa de como a informação é disposta na ficha de inspeção que estará na sua totalidade no anexo A.

6.2.2. CABEÇALHO

No cabeçalho está identificada a faculdade, o título da ficha de inspeção de edifícios, o número da ficha, a data da inspeção e a referencia (M.U. x – Moradia unifamiliar x, Ed. x – Edifício x, Res. – Restaurante).

U.PORTO FEUP	**Ficha de Inspeção de Edifícios - Impermeabilização de Coberturas Planas**	Nº	Ref.ª:
		Data da Inspeção:	

Fig. 6.1. – Ficha de inspeção de edifícios, cabeçalho

6.2.3. IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO

Neste item identifica-se o nome do edifício, a sua localização geográfica e os contactos que foram efetuados aquando da visita e/ou os contactos que solicitaram informações sobre o edifício.

1 - Identificação do Edifício

1.1 - Nome

1.2 - Morada

1.3 - Localidade

1.4 - Contactos efetuados:

Proprietário ☐ Condómino ☐ Empreiteiro ☐ Outro ☐

Nome

Fig. 6.2. – Ficha de inspeção de edifícios, identificação do edifício

6.2.4. CIRCUNSTÂNCIAS DA INSPEÇÃO

Importa saber, principalmente no caso de existir acumulação de água nas coberturas, quais as condições climatéricas em que foi feita a visita e por isso, aquando da inspeção deverão ser registadas as informações sobre as condições climatéricas. Deverá também registar-se a hora do inicio da inspeção.

2 - Circunstâncias da Inspeção

2.1 - Hora (h:min) ☐ **2.2 - Temperatura Ambiente** ☐ ºC **2.3 - Humidade Relativa** ☐ %

2.4 - Condições Atmosféricas

Sol ☐ Nublado ☐ Chuva ☐ Notas

Fig. 6.3. – Ficha de inspeção de edifícios, circunstâncias da inspeção

6.2.5. CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO

Os dados referentes à caracterização do edifício são bastante relevantes para o estudo do estado de conservação do sistema de impermeabilização. Para se fazer a caracterização do edifício deve ser registada a data de construção do edifício, o tipo de utilização, o número de pisos elevados, a envolvente do edifício, a sua proximidade ao mar, a zona climática em que se encontra e se o edifício tem alguma tipologia de manutenção ou se já teve alguma manutenção e em que data.

O tipo de utilização do edifício e o número de pisos elevados não interferem com o sistema de impermeabilização, no entanto deve ficar registado para caracterizar o edifício.

A envolvente, a proximidade ao mar e a zona climática, são características a considerar nos edifícios que interferem diretamente no sistema de impermeabilização. A membrana líquida para a impermeabilização das coberturas deverá ser escolhida tendo em conta as condições que estas três características proporcionam. Por exemplo a zona climática do edifício deverá corresponder à categoria da zona climática classificada para a membrana líquida (segundo a ETAG 005).

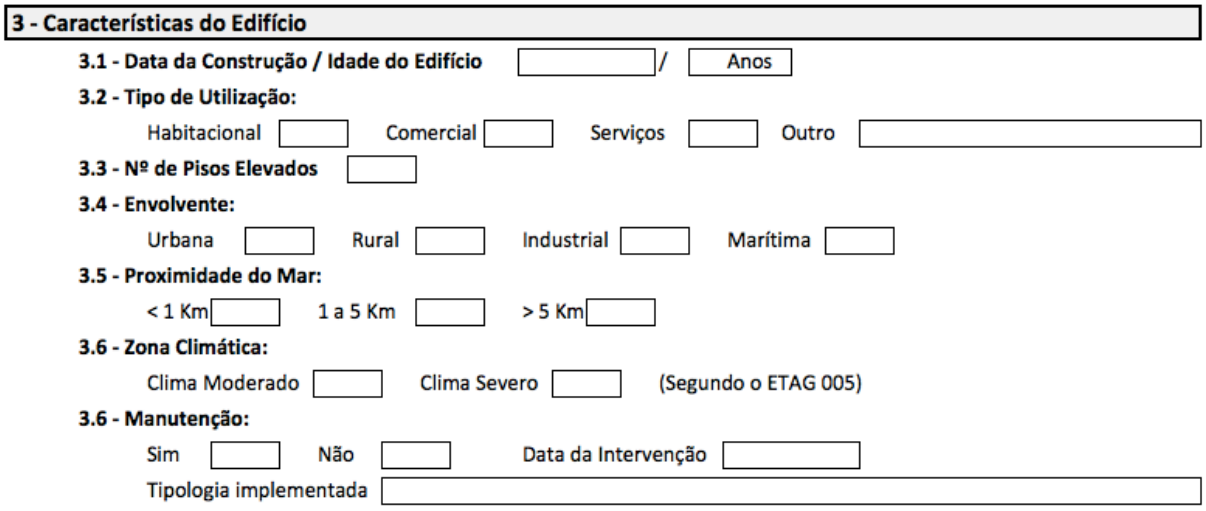


Fig. 6.4. – Ficha de inspeção de edifícios, características do edifício

6.2.6. Características Gerais da Cobertura

Neste item importa saber qual a área da cobertura (normalmente um valor aproximado), qual o revestimento de proteção dos sistema de impermeabilização, qual o suporte desse mesmo sistema, se existe isolamento térmico ou não e qual a posição que ocupa na cobertura, qual a carga de serviço da cobertura e qual a sua pendente. A carga de serviço e a pendente da cobertura podem ser comparadas com a classificação da categoria da carga de serviço e de pendente da membrana líquida e verificar se foi uma escolha adequada da membrana líquida para a correspondente cobertura segundo estes dois critérios.

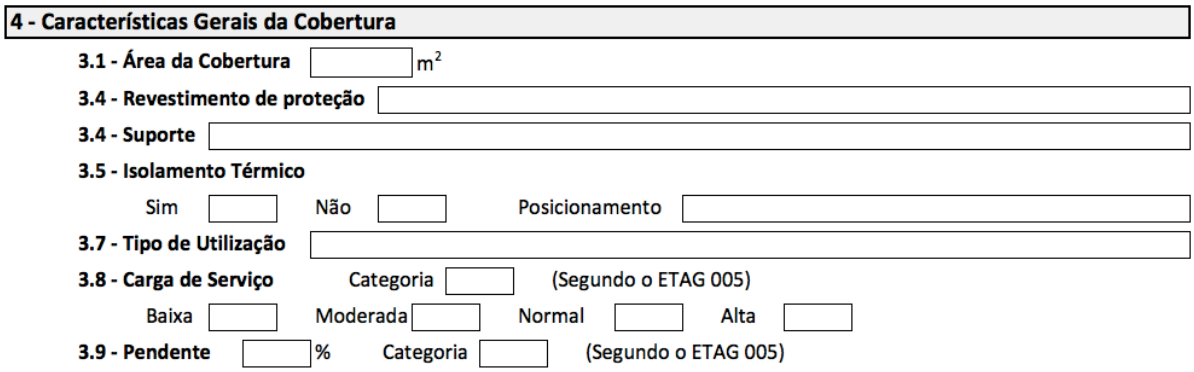


Fig. 6.5. – Ficha de inspeção de edifícios, características gerais da cobertura

6.2.7. Impermeabilização

Neste item deverá ser identificado qual o tipo de membrana líquida de impermeabilização utilizado, qual o sistema de impermeabilização, a data em que foi aplicado na cobertura, qual o motivo da escolha do produto aplicado, se durante a aplicação foram seguidas todas as regras de aplicação (informação que muitas vezes é desconhecida). Por fim verificar se o produto continua a ser eficaz, ou seja, mesmo que possam existir algumas anomalias se a função principal de garantir estanquidade do

revestimento de impermeabilização continuar a ser cumprida é assumido que o produto continua a ser eficaz.

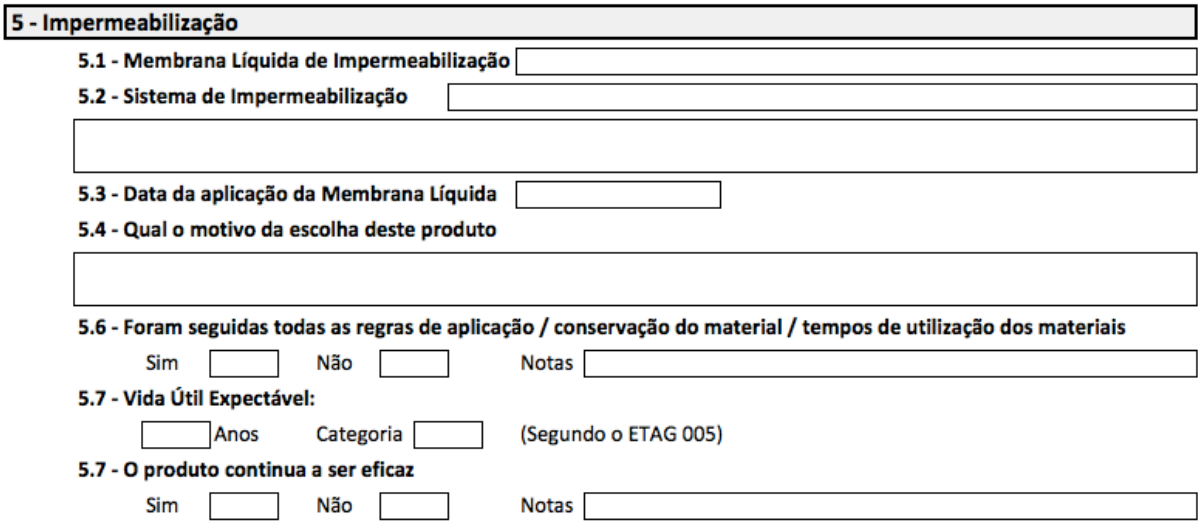


Fig. 6.6. – Ficha de inspeção de edifícios, impermeabilização

6.2.8. ANOMALIAS

Nas anomalias deve ser registado se existem ou existiram infiltrações (por vezes sabe-se que existe ocorrência de infiltrações apenas pela informação obtida pelos moradores mas sem possibilidade de registo fotográfico), as anomalias em superfície corrente da cobertura e em pontos singulares e se existe alguma anomalia derivada do mau funcionamento do sistema de impermeabilização.

A ocorrência de anomalias é a principal causa para que o sistema de impermeabilização deixe de cumprir com as exigências funcionais e dessa forma diminuir a durabilidade do sistema.

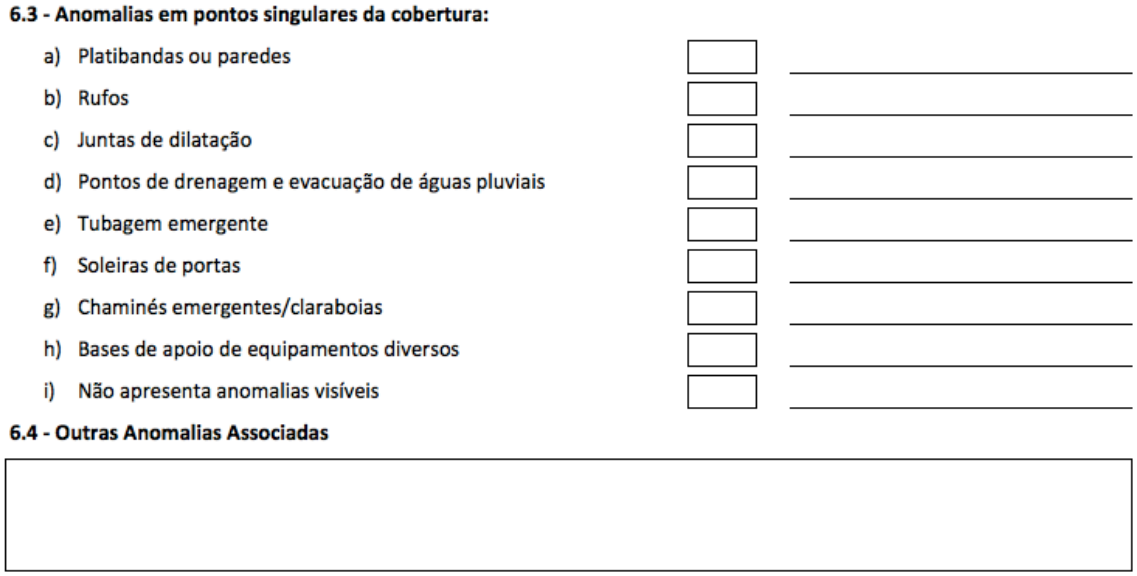


Fig. 6.7. – Ficha de inspeção de edifícios, anomalias

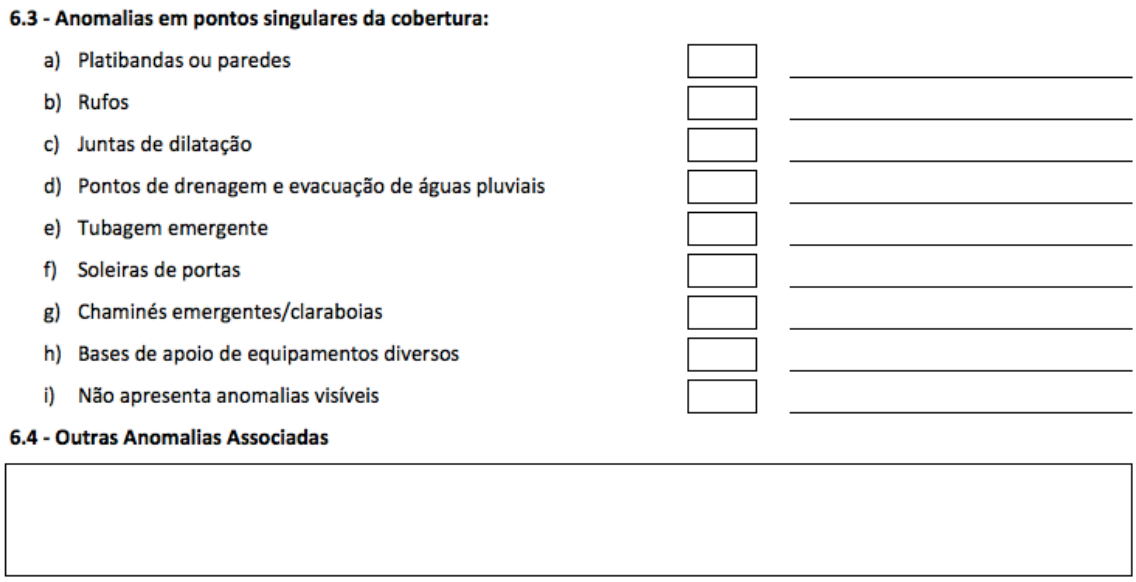


Fig. 6.8. – Ficha de inspeção de edifícios, continuação de anomalias

6.2.9. Notas e Observações

Por vezes existe a necessidade de colocar alguma informação extra que não consta na ficha para se poder entender o que poderá ter acontecido ou outros pormenores que sejam relevantes.

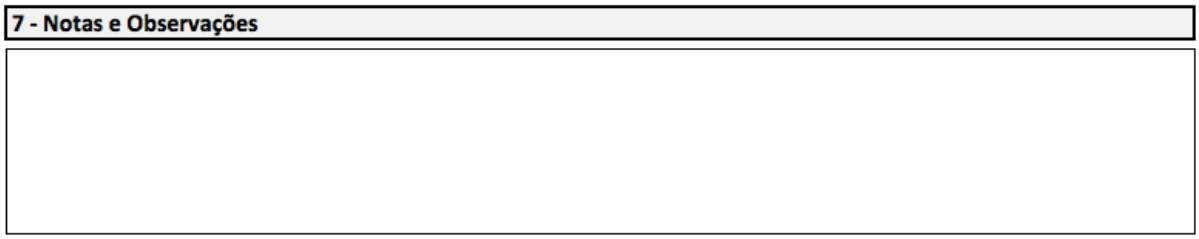


Fig. 6.9. – Ficha de inspeção de edifícios, notas e observações

6.2.10. Registo Fotográfico

Neste item deverão ser colocadas as fotografias das anomalias e pormenores relevantes, assim como poderão também ser colocadas fotografias para o enquadramento do local e para um melhor entendimento.

6.3. A Amostra dos Edifícios Estudados

6.3.1. Notas prévias

Neste subcapítulo irá ser descrita a amostra dos edifícios estudados e a respetiva inspeção.

Foram estudados seis edifícios diferentes localizados no distrito do Porto. Dois desses edifícios têm duas coberturas com as camadas superiores ao sistema de impermeabilização diferentes pelo que se consideraram 8 coberturas (8 fichas de inspeção Anexo B). Na figura 6.1 estão representadas as localizações dos edifícios onde foram feitas as inspeções às coberturas planas. A correspondência dos números com os edifícios é a seguinte:

1. Moradia Unifamiliar A –Nevogilde, Porto
2. Moradia Unifamiliar B –Nevogilde, Porto
3. Restaurante Mauritânia Grill –Leça da Palmeira
4. Moradia Unifamiliar C –Pedrouços, Maia
5. Edifício A –Maia
6. Edifício B –Vila Nova de Gaia

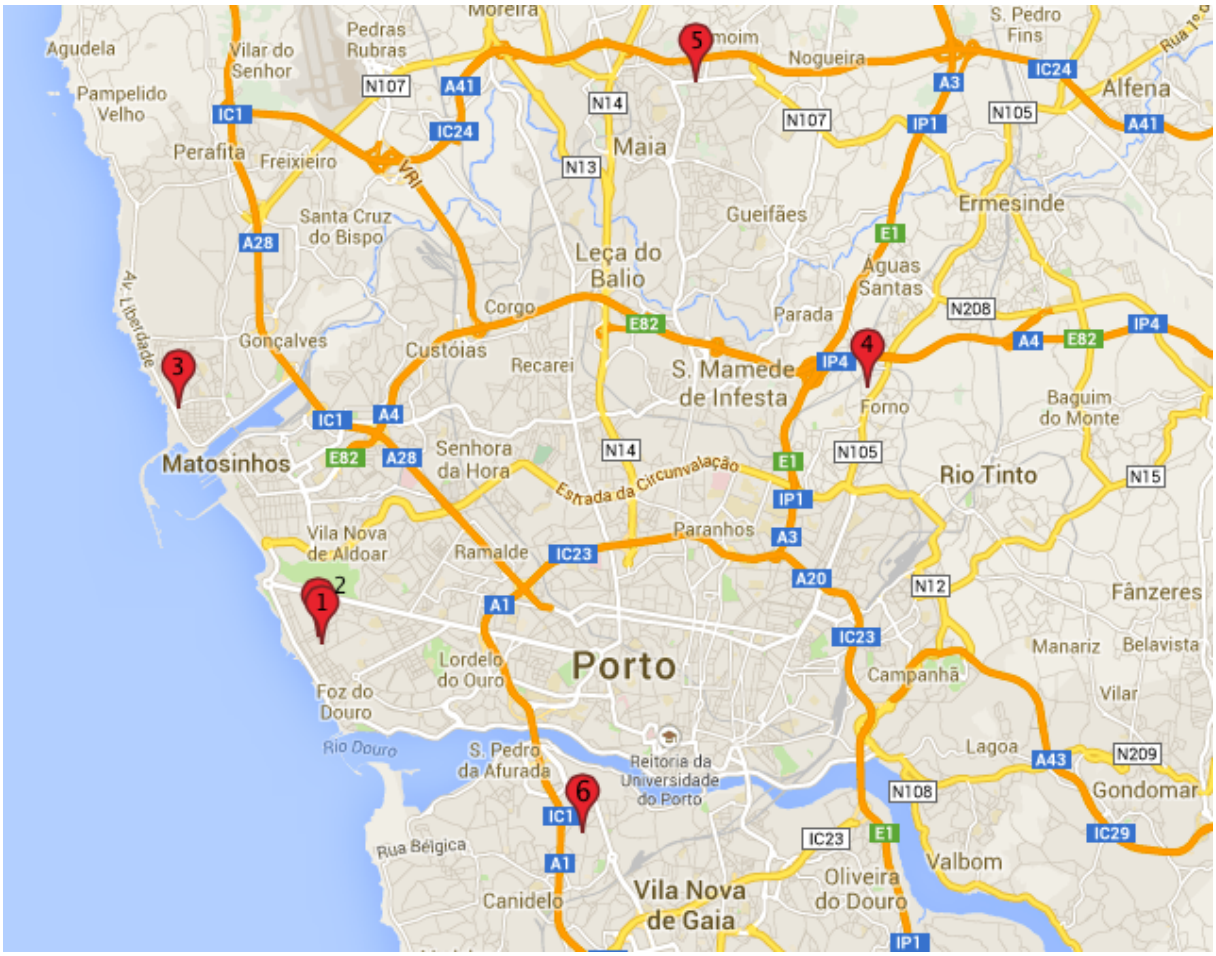


Fig. 6.10. – Localização geral dos 6 edifícios onde se realizou a inspeção dos edifícios (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)

As moradias unifamiliares A e a B fazem parte de um conjunto de 13 habitações divididas em 3 blocos de casas em bandas. Todas elas têm coberturas planas cuja a impermeabilização foi feita com a mesma membrana líquida de impermeabilização. Com o acesso permitido à cobertura destas duas moradias que fazem parte de dois blocos diferentes de casas em banda (constituindo 9 das 13 habitações), conseguiu-se verificar o estado das demais coberturas desses dois blocos constatando assim que embora em menor grau de intensidade as problemáticas, explicadas nos pontos seguintes, são patentes em todas elas. Como são coberturas similares, foram registadas as informações em pormenor apenas destas duas moradias pois foram as únicas onde existe queixa de infiltrações de água no interior.

Como vai ser explicado mais à frente, estas duas moradias têm uma das coberturas com camadas diferentes das outras duas pelo que se optou por fazer duas fichas de inspeção para cada moradia.



Fig. 6.11. – Moradias Unifamiliares em banda. A – Bloco de 4 casas em banda onde se encontra a moradia unifamiliar A; B – Bloco de 5 casas em banda onde se encontra a moradia unifamiliar B (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)

6.3.2. MORADIA UNIFAMILIAR A

6.3.2.1. Caracterização Geral do Edifício

Esta moradia unifamiliar de três pisos elevados situada no concelho do Porto da freguesia de Nevogilde, faz parte de um conjunto de quatro casas em banda. Como está representado na figura 6.13., esta moradia delimitada a vermelho é a moradia de canto esquerdo das casas em banda. A imagem retirada do Google Maps é apenas figurativa visto não estar atualizada. Já houveram algumas modificações na moradia como por exemplo, em 2010, para o aproveitamento do espaço exterior que aparece na imagem com formato quadrado a meio da moradia, foi colocado uma cobertura em vidro

de baixa emissividade com estrutura metálica e com cortinas de vidro de forma a fazer ligação direta para o interior da habitação.



Fig. 6.12. – Localização geral da moradia unifamiliar A (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)



Fig. 6.13. – Moradia Unifamiliar A. “a” – Cobertura de cota inferior; “b” – cobertura de cota intermédia; “c” – cobertura de cota superior. (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)

Esta moradia foi construída no ano de 2006 o que lhe confere uma idade de aproximadamente 8 anos e no ano 2012 foi feita uma manutenção corretiva no sistema de impermeabilização da cobertura.

A moradia tem proximidade ao mar inferior a 1 km o que significa que a envolvente é marítima e para além disso é situada numa zona de clima severo pelo que a impermeabilização aplicada deverá ser adequada a estas condições climatéricas.



Fig. 6.14. – Moradia Unifamiliar A, fachada exterior lateral esquerda

A visita à cobertura desta moradia foi feita acompanhada por um especialista da marca das membranas líquidas de impermeabilização aplicadas, por um representante do dono de obra e por uma engenheira e encarregado da empresa que aplicou o produto. Proporcionou-se esta visita pois houve queixa por parte dos moradores, de infiltrações de água no interior da habitação e portanto era necessária a presença destes elementos para averiguação do problema.

A primeira ocorrência de infiltrações no interior da habitação foi no inicio do ano 2012. Nesse mesmo ano realizou-se a reabilitação do sistema de impermeabilização na área que se pensava ter sido o local da ocorrência de anomalia (pois não existiam anomalias visíveis). Para a reabilitação da zona da cobertura em questão foram retirados e substituídos o rufo e a betonilha e foram reutilizados o godo e o isolamento térmico existente. Para a reabilitação do sistema de impermeabilização propriamente dito foi aplicado um camada da mesma membrana líquida por cima da existente, tendo apenas o cuidado de que a superfície onde foi aplicada a nova membrana estava completamente limpa sem pós ou gorduras.

Como se pode ver nas duas imagens seguintes, foi utilizada na reabilitação do sistema de impermeabilização uma cor diferente da membrana líquida existente, cor de telha em vez da cor branca existente (com o único propósito de se conseguir uma camada de produto de acordo com o consumo aconselhado pelo fabricante).





Fig. 6.15. – Murete da cobertura plana sem ter sofrido manutenção onde se pode ver a membrana líquida de impermeabilização de cor branca (imagem da esquerda)

Fig. 6.16. – Murete da cobertura plana onde foi feita manutenção e se pode ver a membrana líquida de impermeabilização de cor de telha (imagem da direita)

6.3.2.2. Caracterização da cobertura e da respetiva impermeabilização

Como foi dito anteriormente, esta moradia tem três coberturas distintas, cada uma com uma cota diferente. A cobertura do rés-do-chão ("a" na fig. 6.13) e a cobertura de cota superior ("c" na fig.6.13) são idênticas mas com áreas diferentes. A cobertura do piso intermédio ("b" na fig.6.13) difere das anteriores apenas na camada de proteção do sistema de impermeabilização.

A cobertura correspondente à ficha de inspeção número 1 é a do rés-do-chão ("a" na figura 6.13), foi num dos compartimentos abrangidos por essa cobertura que ocorreram infiltrações. Esta cobertura tem aproximadamente 80 metros quadrados de área e é uma cobertura acessível apenas para manutenção. A cobertura é constituída por laje maciça de betão armado, camada de forma, sistema de impermeabilização, geotêxtil, betonilha, isolamento térmico, betonilha, geotêxtil e godo.

A ficha de inspeção número 2 diz respeito à cobertura intermédia ("b" na figura 6.13). Esta cobertura de cerca de 50 metros quadrados é acessível ao tráfego pedonal e as únicas diferenças em termos de constituição desta cobertura com as anteriores são que em vez da última camada de geotêxtil e godo, o revestimento é feito por placas pré-fabricadas de betão com acabamento em godo lavado (fig. 6.17.).

O sistema de impermeabilização é um sistema armado com tela de fibra de vidro entre as duas camadas da membrana líquida aplicado depois de um primário. A membrana líquida é da família dos produtos pastosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa. A primeira e a segunda camada foram realizadas com a mesma membrana líquida mas de cores diferentes, branca e cor de telha. A vida útil expectável deste sistema, dada pelo fabricante, é de 5 anos (categoria W1 segundo a ETAG 005).



Fig. 6.17. – Revestimento da cobertura do piso intermédio, placas pré-fabricadas de betão com acabamento em godo lavado (moradia unifamiliar A)

6.3.2.3. Anomalias Detetadas

Na cobertura correspondente à ficha número 2 não foram detetadas quaisquer anomalias.

Na cobertura "a" da figura 6.13. (ficha de inspeção número 1) não foram encontradas quaisquer anomalias visíveis, no entanto, existem infiltrações de água numa zona localizada no compartimento abaixo da cobertura. Na figura 6.18. está indicado com circunferência azul o local da possível anomalia do sistema de impermeabilização e da ocorrência da infiltração de água no interior.



Fig. 6.18. – Moradia unifamiliar A, localização da possível anomalia (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)

Nas figuras seguintes está apresentado o resultado das infiltrações de água no tecto do compartimento interior.





Fig. 6.19. – Moradia unifamiliar A. Anomalia interior (imagem da esquerda)

Fig. 6.20. – Moradia unifamiliar A. Pormenor anomalia interior (Imagem da direita)

Como o sistema de impermeabilização estava revestido, apenas foi possível registar fotograficamente o local da cobertura onde poderá existir uma anomalia (fig. 6.21. e fig 6.22.).





Fig. 6.21. – Cobertura da moradia unifamiliar A. Imagem geral do local de possível ocorrência de anomalia (imagem da esquerda)

Fig. 6.22. – Cobertura da moradia unifamiliar A. Imagem de pormenor do local de possível anomalia (Imagem da direita)

6.3.2.4. Causas Possíveis

Com as informações que se obtiveram uma das causas possíveis da ocorrência de anomalias é a má ligação do sistema de impermeabilização ao rufo. Outra causa poderá ser a má aplicação do produto naquele local, por exemplo, não terem sido cumpridos os consumos de produtos preconizados pelo fabricante.

O facto de se ter construído, posteriormente à finalização da obra, uma estrutura para aproveitamento do espaço e essa construção ter ligação à zona onde há ocorrência de infiltrações, poderá constituir mais uma causa da anomalia. A execução desta estrutura poderá ter causado algum tipo de dano no sistema de impermeabilização da cobertura.

6.3.3. MORADIA UNIFAMILIAR B

6.3.3.1. Caracterização Geral do Edifício

Situada na freguesia de Nevogilde do concelho do Porto, esta moradia unifamiliar é bastante similar à anterior. Tem igualmente três pisos e faz parte de um conjunto de cinco casas em banda. Como se pode ver na figura 6.24. a moradia delimitada a vermelho tem moradias contíguas tanto do seu lado esquerdo e do seu lado direito.

Esta moradia encontra-se a cerca de 100 metros de distância da moradia unifamiliar A apresentada no ponto anterior, pelo que as condições climatéricas são as mesmas nas duas moradias.



Fig. 6.23. – Localização geral da moradia unifamiliar B. (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)



Fig. 6.24. – Moradia Unifamiliar B. “a” – Cobertura de cota inferior; “b” – cobertura de cota superior; “c” – cobertura de cota intermédia. (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)



Fig. 6.25. – Moradia Unifamiliar B, fachada exterior traseira

Aquando da visita a esta moradia, a cobertura de cota inferior encontrava-se no inicio da obra de reabilitação, como se pode ver na figura seguinte, estavam a começar a retirar as camadas superiores à camada de impermeabilização para se poder proceder aos trabalhos de reabilitação desta.



Fig. 6.26. – Moradia Unifamiliar B, levantamento das camadas superiores do sistema de impermeabilização (cor de telha)

6.3.3.2. Caracterização da cobertura e da respetiva impermeabilização

Esta moradia da mesma forma que a anterior, tem igualmente três coberturas com cotas diferentes, duas delas são apenas acessíveis para manutenção (“a” e “b” da fig. 6.23) constituídas exatamente pelas mesmas camadas e a outra, a cobertura de cota intermédia (“c” da fig. 6.23), apenas difere na camada de proteção do sistema de impermeabilização e no seu tipo de utilização pois é acessível a tráfego pedonal (fig. 6.27.).

As camadas constituintes destas coberturas são as seguintes: laje maciça de betão armado, camada de forma, sistema de impermeabilização, geotêxtil, betonilha, isolamento térmico, betonilha, geotêxtil e godo ou, na cobertura de cota intermédia, em vez destas duas últimas camadas temos placas pré-fabricadas de betão com acabamento em godo lavado. A ficha número 3 diz respeito ao primeiro tipo de cobertura e a ficha número 4 diz respeito ao segundo tipo de cobertura.





Fig. 6.27. – Moradia Unifamiliar B, cobertura de cota intermédia com placas pré-fabricadas de betão com acabamento em godo lavado (imagem à esquerda)

Fig. 6.28. – Coberturas, do grupo de 5 moradias em banda onde se encontra a moradia unifamiliar B, de cota inferior com revestimento de godo (imagem à direita)

O sistema de impermeabilização é um sistema armado. Foi aplicado um primário seguido da aplicação de duas camadas da membrana líquida de impermeabilização (com cores diferentes) reforçadas com uma tela de fibra de vidro entre as camadas. A membrana líquida de impermeabilização aplicada faz parte da família dos produtos pastosos de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa. A vida útil expectável deste sistema, dada pelo fabricante, é de 5 anos (categoria W1 segundo a ETAG 005).

A escolha do sistema de impermeabilização baseado em produtos líquidos em detrimento de outros sistemas de impermeabilização foi feita pelo projetista, com conhecimento do dono de obra, tendo em conta a utilização de materiais na cobertura e nas fachadas com boa compatibilidade química entre materiais, optou-se por se utilizar um produtos da mesma marca.

6.3.3.3. Anomalias Detetadas

Foram detetadas anomalias visíveis nas coberturas com a cota mais baixa e mais alta que correspondem às coberturas com acabamento de geotêxtil com godo (ficha de inspeção número 3). Na figura 6.29. pode-se ver a localização das anomalias registadas. A anomalia localizada com o número 1 nessa imagem corresponde à perfuração do revestimento de impermeabilização devido à criação de raízes que leva à degradação do sistema de impermeabilização (fig.6.29), no entanto apesar de se ter registado fotograficamente a anomalia nesse local pode-se verificar pela figura 7.8 que existem plantas espalhadas por toda a cobertura. No número 2 da figura 7.6 está representada a localização de uma anomalia num murete que como se pode ver na figura 7.9 a última camada da membrana de impermeabilização está degradada. Na cobertura com revestimento em placas pré-fabricadas de betão

com acabamento em godo lavado não foram registadas quaisquer anomalias (ficha de inspeção número 4).



Fig. 6.29. - Moradia unifamiliar A, localização de anomalias. (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)





Fig. 6.30. – Degradação do sistema de impermeabilização devido à criação de vegetação. Pormenor do ponto 1 da fig.6.28 (imagem à esquerda)

Fig. 6.31. – Degradação da última camada do sistema de impermeabilização. Pormenor do ponto 2 da fig. 6.28 (imagem à direita)

Nas demais coberturas tanto deste bloco de casas em banda como o bloco de casas em banda onde se encontra a moradia unifamiliar A, o que se pode notar visualmente foi que também existe a criação de planta nas coberturas revestidas a godo o que significa que também não existe manutenção da cobertura e que é provável que venham a ocorrer infiltrações no interior das habitações. Já nas coberturas com revestimento em placas pré-fabricadas de betão com acabamento em godo lavado não foi registada nenhuma anomalia em todas as coberturas.

6.3.3.4. Causas Possíveis

No caso da anomalia provocada pelas raízes das plantas, as causas possíveis são a falta de manutenção da cobertura, a falta de tratamento do sistema de impermeabilização contra raízes ou o mau funcionamento do sistema de evacuação de água que provoca o acumulamento de água propiciando o aparecimento de plantas.

A degradação da camada superficial do sistema de impermeabilização, pode ser causada pela falta de proteção ou de resistência à radiação solar ou a má aplicação do produto, não cumprindo com os consumos preconizados pelo fabricante. Visto que a anomalia está localizada num murete virado a sul a causa mais provável será a falta de proteção ou de resistência à radiação solar.

6.3.4. RESTAURANTE

6.3.4.1. Caracterização Geral do Edifício

O restaurante (ficha de inspeção número 5) fica situado em Leça da Palmeira. É um edifício com um andar mais uma cobertura acessível, visto que o edifício é utilizado como restaurante o primeiro andar tem um ampla sala com uma grande esplanada exterior e a cobertura acessível com dois patamares também serve como esplanada do restaurante.

Na figura 6.33. retirada do Google maps, encontra-se delimitado a vermelho o restaurante com a aparência física que tinha antes da reabilitação de 2011 onde foi colocado o novo sistema de impermeabilização, tanto na parte de cobertura plana como nas zonas de cobertura inclinada. Este edifício possui uma tipologia de manutenção corretiva, ou seja, a manutenção é feita apenas para corrigir anomalias existentes. Este edifício tem uma envolvente marítima, encontra-se a menos de um quilómetros do mar e encontra-se num clima severo (segundo as características para a classificação da categoria da zona climática presente na ETAG 005).



Fig. 6.32. – Localização geral do restaurante. (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)



Fig. 6.33. – Restaurante. (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)

A figura 6.34. é a fachada principal do edifício, o restaurante.



Fig. 6.34. – Restaurante, fachada principal

A inspeção da cobertura deste edifício foi feita acompanhada por um empregado local que deu algumas informações sobre se existe ou existiu alguma ocorrência de infiltrações ou outras problemáticas associadas à impermeabilização da cobertura. Posteriormente foi entrado em contacto com o empreiteiro para saber alguns detalhes da aplicação do produto líquido de impermeabilização.

A visita foi feita num dia em que a humidade relativa do ar era de cerca de 95% e no dia anterior houve ocorrência de chuva não muito intensa.

Como já foi referenciado a cobertura deste edifício foi reabilitada em 2011. Foram retiradas as telas de impermeabilização antigas e substituídas pelo sistema de impermeabilização utilizando membranas líquidas. A escolha por este sistema foi principalmente por questões estéticas. Foi requerido que a impermeabilização pudesse ficar exposta, sem a necessidade de qualquer revestimento principalmente nas coberturas inclinadas e nas caleiras da parte das coberturas planas e que ficasse. Apesar de na parte da cobertura plana ter sido utilizado um revestimento com deck de madeira para proteção do sistema de impermeabilização (visto ser necessário a colocação de mesas e cadeiras e o frequente tráfego pedonal) a membrana líquida de impermeabilização sugerida pelo representante de uma das marcadas comercializadas em Portugal foi a solução adoptada.

6.3.4.2. Caracterização da cobertura e da respetiva impermeabilização

Da informação que se obteve através do empreiteiro, as coberturas planas têm a sua estrutura em laje maciça de betão, o sistema de impermeabilização foi aplicado diretamente sobre o betão e na zona de transito corrente da cobertura a impermeabilização é revestido por um deck de madeira cor escura (fig. 6.35). Na zona das caleiras (fig. 6.36.) e nas coberturas inclinadas o sistema de impermeabilização está exposto, ou seja, não possuí qualquer tipo de revestimento posterior à última camada da membrana líquida de impermeabilização. A área total das duas coberturas planas é de cerca de 300 metros quadrados com pendente de cerca de 4,5%.

Para a impermeabilização foi utilizada uma membrana líquida de poliuretano em sistema armado. O sistema foi aplicado sobre um primário e é constituído por duas camadas da membrana líquida reforçadas com tela de fibras dispersas aplicada em fresco na primeira camada. Por se ter de cumprir com os tempos de secagem do produto esta aplicação foi feita em dois dias, no primeiro dia foi aplicado o primário, a primeira camada da membrana líquida e a tela de fibras dispersas. No segundo dia foi aplicada a ultima camada da membrana líquida de impermeabilização. A espessura deste sistema é de aproximadamente 2 milímetros.

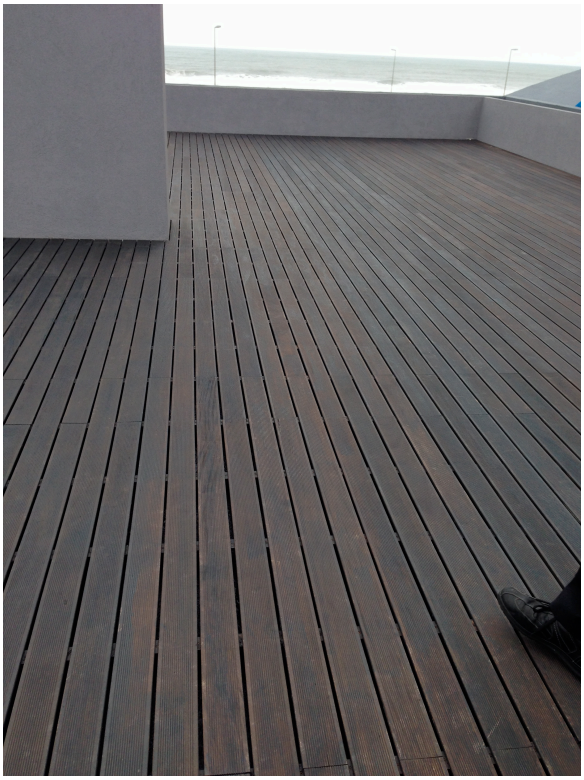




Fig. 6.35. – Restaurante, cobertura plana com revestimento em deck de madeira cor escura (imagem da esquerda)

Fig. 6.36. – Restaurante, canteiro para jardim inativo da cobertura plana sem revestimento para além da membrana líquida de impermeabilização (imagem da direita)

6.3.4.3. Anomalias detetadas

Aquando da visita (31 de Abril de 2014) não foram detetadas nenhumas anomalias, no entanto, foi possível verificar que existe alguma acumulação de água nas caleiras como se pode ver nas figuras 6.35 e 6.36 e existe também alguma falta de limpeza (figuras 6.38. e 6.39.). A falta de limpeza poderá vir a provocar entupimento do sistema de evacuação de água e aumentar assim a acumulação de água na cobertura. Apesar do produto aplicado ser resistente à presença constante de água, esta poderá propiciar o aparecimento de vegetação ou de microrganismos o que resultará no aparecimento de anomalias no sistema de impermeabilização.





Fig. 6.37. - Restaurante, acumulação de água no canteiro inativo da cobertura plana sem revestimento para além da membrana líquida de impermeabilização (imagem da esquerda)

Fig. 6.38. - Restaurante, ponto de evacuação de águas da cobertura plana (imagem da direita)



Fig. 6.39. - Restaurante, acumulação de detritos na ligação da cobertura inclinada com parede emergente

6.3.4.4. Causas possíveis

A acumulação de água pode ser devido à fraca pendente ou de falta de pendente constante. A acumulação de detritos é devido à falta de manutenção da cobertura.

6.3.5. MORADIA UNIFAMILIAR C

6.3.5.1. Caracterização Geral do Edifício

Esta moradia situa-se na freguesia de Pedrouços do concelho da Maia, à data da inspeção do edifício (14 de Maio de 2014) encontrava-se em construção no entanto a execução da cobertura foi terminada cerca de um mês antes da visita. É uma casa com dois pisos elevados, com envolvente urbana e clima severo.

Na imagem seguinte está representada a localização desta moradia, a imagem retirada do Google maps está desatualizada pelo que não aparece nenhuma construção no local desta moradia.



Fig. 6.40. - Localização da moradia unifamiliar C. (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)



Fig. 6.41. – Moradia Unifamiliar C, fachada principal (ainda em construção)

As informações obtidas sobre a construção da cobertura desta moradia foram obtidas diretamente do empreiteiro que a executou. Da mesma forma foram conseguidos alguns registos fotográficos durante a execução da obra. Esta cobertura teve algumas anomalias precoces logo após 6 dias da finalização da mesma e por isso foi necessário alterar a solução proposta inicialmente.

6.3.5.2. Caracterização da cobertura e da respetiva impermeabilização

Esta cobertura (ficha de inspeção número 6) com cerca de 150 metros quadrados, tem pendente de aproximadamente 3,5%, é acessível apenas para manutenção e é constituída por laje de betão armado, isolamento térmico e betonilha antes da aplicação do sistema de impermeabilização.

Inicialmente o sistema de impermeabilização, como está representado na figura 6.42., não tinha revestimento de proteção na zona corrente da cobertura (cor mais escura) e nos muretes, na finalização das claraboias e na cobertura da caixa de escadas tinha-se um revestimento com membrana líquida de poliuretano (cor branca). No entanto como houveram algumas anomalias precoces (apresentadas no ponto seguinte) a solução teve que ser alterada e para além de se aplicar o revestimento com membrana líquida de poliuretano em toda a cobertura (fig. 6.43.), foi decidido posteriormente colocar geotêxtil, camada drenante, geotêxtil e terra de forma a se poder plantar e tornar esta cobertura ajardinada. (fig. 6.44.)

O sistema de impermeabilização é baseado em produtos cimentícios de dois componentes à base de resinas de acrilatos com tratamento antialcalino e é um sistema armado. Depois de aplicado o primário foi colocada a rede de fibra de vidro e os acessórios necessários para as zonas de remate em pontos de drenagem e evacuação de água, de seguida foi aplicada a primeira demão da membrana líquida de impermeabilização e por fim foi aplicada a segunda demão da membrana de impermeabilização.

O revestimento com membrana de impermeabilização de poliuretano foi executado posteriormente e, como se pode ver na figura 6.45., foi realizado um teste de carga que consiste na colocação de água até uma altura de 5 centímetros (tapando convenientemente todas as zonas de evacuação de água) durante dois dias de forma a garantir que a cobertura e totalmente estanque à água.





Fig. 6.42. – Moradia unifamiliar C, aspeto inicial da cobertura sem revestimento de proteção na zona corrente (imagem da esquerda), (imagem fornecida pelo empreiteiro)

Fig. 6.43. – Moradia unifamiliar C, Cobertura com revestimento de poliuretano, teste de carga (imagem da direita), (imagem fornecida pelo empreiteiro)





Fig. 6.44. – Moradia unifamiliar C, aspeto da cobertura, à data da inspeção, com proteção do sistema de impermeabilização (imagem da esquerda)

Fig. 6.45. – Moradia unifamiliar C, cobertura caixa de escadas sem revestimento de proteção do sistema de impermeabilização (imagem da direita)

6.3.5.3. Anomalias detetadas

Aquando da visita à obra não foram detetadas quaisquer anomalias no sistema de impermeabilização. No entanto, 6 dias depois da colocação da solução inicial do sistema de impermeabilização, ocorreram fissuras e microfissuras em zonas correntes da cobertura como se pode verificar nas imagens seguintes.





Fig. 6.46. – Moradia unifamiliar C, fissura no sistema de impermeabilização em zona corrente da cobertura (imagem da esquerda), (imagem fornecida pelo empreiteiro)

Fig. 6.47. – Moradia unifamiliar C, microfissura no sistema de impermeabilização em zona corrente da cobertura (imagem da direita), (imagem fornecida pelo empreiteiro)

Para se poder ver o aspeto da camada de betonilha inferior à impermeabilização, o sistema de impermeabilização foi cortado nas zonas onde apareceram as fissuras e constatou-se que a betonilha também apresentava fissuração como se pode ver nas figuras 6.48. e 6.49..





Fig. 6.48. – Moradia unifamiliar C, fissura na betonilha inferior ao sistema de impermeabilização em zona corrente da cobertura (imagem da esquerda), (imagem fornecida pelo empreiteiro)

Fig. 6.49. – Moradia unifamiliar C, fissura na betonilha inferior ao sistema de impermeabilização em zona próxima a uma claraboia (imagem da direita), (imagem fornecida pelo empreiteiro)

A correção das fissuras foi feita como está representado na figura 6.50 e para evitar a ocorrência de novas fissurações foi colocado então o revestimento com a membrana de poliuretano de cor branca com maior refletância da radiação solar e maior resistência aos raios UV.



Fig. 6.50. – Moradia unifamiliar C, aplicação de reforço para correção de fissuras (imagem fornecida pelo empreiteiro)

6.3.5.4. Causas possíveis

As causas possíveis do aparecimento precoce das fissuras no sistema de impermeabilização podem ser devidas à falta de flexibilidade e elasticidade do produto. A fissuração da betonilha entende-se que poderá ter sido devido à existência de fissuração não tratada e não estabilizada antes da colocação do sistema de impermeabilização.

6.3.6. EDIFÍCIO A

6.3.6.1 Caracterização Geral do Edifício

Este edifício encontra-se na Maia na Avenida D. Manuel II do concelho do Porto. É um edifício de 2004 com lojas e serviços no rés-do-chão e com seis pisos de habitações. Em 2012 foi reabilitada a cobertura plana retirando o sistema de impermeabilização de telas asfálticas e substituindo por membranas líquidas de impermeabilização. Para além de substituírem o sistema de impermeabilização, as pendentes da cobertura também foram alteradas. A pendente em vez de estar em duas direções (para as fachadas principal e traseiras do edifício) passou a ter pendente apenas para uma das fachadas onde foram reforçados os diâmetros dos tubos de queda. Nesse mesmo ano foi reabilitada também a fachada principal de uma parte do edifício e à data da inspeção (4 de Junho de 2014) estavam a decorrer obras de reabilitação da outra parte da fachada principal. A tipologia de manutenção deste edifício é corretiva, só atuam quando existe alguma anomalia que prejudique o bom funcionamento dos elementos do edifício.

Este edifício tem uma envolvente urbana, situa-se numa zona de clima severo e encontra-se a mais de cinco quilómetros do mar. Como se pode ver nas figuras 6.51. e 6.52. o edifício tem dois edifícios contíguos a este tanto do lado esquerdo como do lado direito.



Fig. 6.51 – Localização geral do edifício A. (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)



Fig. 6.52 – Edifício A (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)

Na figura 6.53. pode-se ver a fachada principal do edifício e verificar que a parte esquerda da fachada se encontra em obras de reabilitação.



Fig. 6.53 – Edifício A, fachada exterior principal

A inspeção à cobertura deste edifício foi possível de se realizar depois de ter conseguido contacto com um dos representantes do condomínio do edifício e este fornecer algumas informações do edifício e o acesso à cobertura.

As informações relativas à obra de reabilitação do sistema de impermeabilização da cobertura assim como alguns registo fotográficos foram conseguidos através do contacto direto com o empreiteiro que realizou a obra.

6.3.6.2. Caracterização da cobertura e da respetiva impermeabilização

Esta cobertura (ficha de inspeção número 7) é acessível apenas para manutenção e tem cerca de 800 metros quadros. Antes da reabilitação do sistema de impermeabilização, no início de 2012, o aspeto da cobertura era o que se encontra na figura 6.54. Na figura 6.52 está apresentado o aspeto da cobertura à data da inspeção.

Esta cobertura é constituído por laje aligeirada, isolamento térmico, betonilha e o sistema de impermeabilização. A impermeabilização foi executada com duas membranas líquidas de famílias diferentes. Foi aplicado um primário sobre a betonilha, de seguida aplicou-se a primeira demão da membrana líquida de impermeabilização da família de produtos cimentícios de dois componentes à base de resinas de acrilatos com tratamento antialcalino e aplicou-se a tela de fibra de vidro em fresco nesta camada. Seguidamente foi aplicada uma segunda camada da mesma membrana e para finalizar, a camada final foi feita com uma membrana líquida da família dos poliuretanos de cor branca para aumentar a resistência aos raios solares e à radiação UV assim como reduzir a temperatura superficial da cobertura.





Fig. 6.54. – Edifício A, cobertura antiga antes da reabilitação (imagem da esquerda) (imagem fornecida pelo empreiteiro)

Fig. 6.55. – Edifício A, aspeto atual da cobertura (imagem da direita)

A reabilitação total do sistema de impermeabilização desta cobertura foi executada por estarem a ocorrer infiltrações no interior da habitação e não se ter detetado quais as zonas em concreto que estavam a provocar as infiltrações. A escolha pela utilização de produtos líquidos para a impermeabilização da cobertura foi feita pelo projetista.

6.3.6.3 Anomalias detetadas

As anomalias detetadas visualmente foram apenas em três locais distintos. Nas figuras 6.56. e 6.57. vê-se uma pequena degradação da camada superior do sistema de impermeabilização em zona corrente da cobertura. Ainda em zona corrente da cobertura na figura 6.58 consegue-se ver a degradação na mesma camada da impermeabilização mas com empolamento dessa mesma camada nas zonas adjacentes, o que leva a pensar que a degradação do material pode ter sido provocada inicialmente pelo empolamento do material.

Na figura 6.59., na zona de evacuação das águas da cobertura vê-se bastante sujidade acumulada e uma pequena degradação do material de impermeabilização.





Fig. 6.56. – Edifício A, localização da anomalia da imagem seguinte (imagem da esquerda)

Fig. 6.57. – Edifício A, degradação do revestimento de impermeabilização da cobertura (imagem da direita)





Fig. 6.58. – Edifício A, degradação e empolamento do revestimento de impermeabilização em zona corrente da cobertura (imagem da esquerda)

Fig. 6.59. – Edifício A, acumulação de detritos e degradação do revestimento de impermeabilização na zona de evacuação das águas (imagem da direita)

Apesar de existirem poucas anomalias, a informação dada pelo condomínio é que as habitações do último andar têm tido ocorrência de infiltrações de água no interior passados cerca de 12 meses da

obra de reabilitação ter sido executada (no entanto, não se obteve autorização para fazer o registo fotográfico dessas anomalias).

6.3.6.4. Causas possíveis

Nesta cobertura foram utilizadas membranas líquidas de famílias diferentes logo, apesar de serem da mesma marca, a incompatibilidade química entre elas é sempre uma possibilidade para a causa das anomalias. Cada uma dessas membranas têm características diferentes, dessas diferenças as que podem contribuir para o aparecimento de anomalias são a diferença da capacidade de elasticidade e flexibilidade e a permeabilidade ao vapor água. Os produtos cimentícios de dois componentes à base de resinas de acrilatos são mais permeáveis ao vapor de água do que as membranas de poliuretano, essa diferença poderá ser a causa dos empolamentos e da degradação da camada superior deste sistema de impermeabilização. Outra causa possível é que nas zonas onde ocorreram anomalias, a aplicação da última camada não tenha tido a espessura que os fabricantes aconselham.

Na zona de evacuação de água as causas mais prováveis são a falta de manutenção ou a falta de pendente para que não se acumulem detritos nessa zona.

6.3.7. EDIFÍCIO B

6.3.7.1 Caracterização Geral do Edifício

Este edifício situa-se em Vila Nova de Gaia a cerca de cinco de quilómetros de distância em linha reta do mar com envolvente urbana. É um edifício antigo de 1988, em 2002 foi substituída a impermeabilização da cobertura de telas asfálticas por membranas líquidas de impermeabilização e em 2010 houve uma manutenção desse sistema de impermeabilização.

Apesar de não se ter tido acesso a informações da história do funcionamento do edifício, sabe-se que por existirem duas minas de água por baixo de grande parte do edifício têm existido vários problemas devido ao aparecimento de fissuras ao longo do tempo. Pelo que se percebeu a tipologia de manutenção neste edifício é curativa, só se atua quando é necessário corrigir anomalias.

Na figura 6.61. retirada do Google maps o edifício está delimitado a vermelho e como se pode ver é um grande edifício com cerca de 2000 metros quadrados de cobertura. A superfície das coberturas não se encontram todas à mesma cota.



Fig. 6. 60. – Edifício A, fachada exterior principal (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)



Fig. 6.61. – Edifício B (Imagem obtida com o auxilio do Google Maps)



Fig. 6.62. – Edifício B, fachada exterior

Depois de várias tentativas de entrar em contacto com o condomínio foi autorizada a visita à cobertura acompanhada pela chefe de limpezas que forneceu algumas informações sobre a ocorrência ou não de infiltrações de água no interior das habitações. Através do contacto direto com empreiteiro que realizou a reabilitação da impermeabilização das coberturas foram obtidas algumas informações construtivas e alguns registos fotográficos da obra.

6.3.7.2. Caracterização da cobertura e da respetiva impermeabilização

Esta é a cobertura (ficha de inspeção número 8) com maior área de toda a amostra de edifícios neste estudo, tem cerca de 2000 metros quadrados. É uma cobertura acessível apenas para manutenção e têm pendente de aproximadamente 2%. A cobertura é constituída por laje aligeirada, isolamento térmico, betonilha e o sistema de impermeabilização.

O sistema de impermeabilização foi realizado com dois tipos de membranas líquidas de impermeabilização, as membranas da famílias dos produtos cimentícios de dois componentes à base de resinas de acrilatos com tratamento antialcalino e duas membranas líquidas de poliuretano com características um pouco diferentes. A aplicação foi feita pela aplicação das seguintes camadas, primário, tela de fibra de vidro, duas camadas do produto cimentício de dois componentes à base de resinas de acrilatos, uma camada da membrana de poliuretano e por fim uma segunda camada da membrana de poliuretano com características melhoradas em relação a anterior.

A escolha por esta solução em detrimento de outro tipo de telas de impermeabilização foi por existirem muitas infiltrações com o sistema anterior e não se conseguir localizar as anomalias que levaram a ocorrência de infiltrações. Neste sistema de impermeabilização com utilização de produtos líquidos a localização das anomalias é normalmente uma tarefa fácil pois as anomalias são fáceis de detetar apenas com uma inspeção visual.

Nas figuras seguintes estão representadas o aspeto da cobertura antes da manutenção do sistema de impermeabilização em 2010 (fig. 6.63.) , o estado da cobertura logo depois de finalizada a manutenção do sistema de impermeabilização (fig. 6.64.) e o aspeto que a cobertura apresenta nos dias de hoje (fig. 6.65.)





Fig. 6.63, – Edifício B, aspeto de parte da cobertura antes do reforço do sistema de impermeabilização, 2009 (imagem fornecida pelo empreiteiro) (imagem da esquerda)

Fig. 6.64. – Edifício B, aspeto de parte da cobertura depois do reforço do sistema de impermeabilização baseado em produtos líquidos, 2010 (imagem fornecida pelo empreiteiro) (imagem da direita)



Fig. 6.65. – Edifício A, aspeto atual de uma parte da cobertura

As zonas que aparecem de cor diferente na fig. 6.65 são remendos feitos ao sistema de impermeabilização pelo aparecimento de fissuras (sem informações sobre o ano em que aparecerem as fissuras e sobre quando foi feita a sua correção). Estas correções são constantes ao longo do resto ca cobertura.

6.3.7.3. Anomalias detetadas

Sabe-se que esta cobertura é bastante propicia ao aparecimento de fissuras estruturais devido das movimentações provocadas pelas minas de água presentes de baixo do edifício. No entanto aquando da inspeção do edifício não foi registada nenhuma fissura visível, apenas se pode ver as correções de fissura que foram feitas ao longo do tempo na cobertura como por exemplo se pode ver na figura seguinte.



Fig. 6.66. – Edifício B, zonas mais claras representam as zonas onde houve correção de fissuras

Nas zonas de pontos singulares, existem algumas anomalias nas bases dos vários equipamentos presentes na cobertura. Na figura 6.67. podemos ver a degradação do sistema de impermeabilização à volta da base de apoio de um dos equipamentos. Já na figura 6.69. consegue-se ver que o sistema de impermeabilização está a começar a ficar degradado devido à ferrugem do apoio de um dos equipamentos da cobertura.

Na figura 6.68., está representado um dos pontos de drenagem e evacuação de água que apresenta acumulação de resíduos, isto acontece na maioria destes pontos e mesmo em alguns cantos da cobertura onde não existem pontos de evacuação de água.





Fig. 6.67. – Edifício B, anomalia na base de equipamento (imagem da esquerda)

Fig. 6.68. – Edifício B, acumulamento de detritos na zona de evacuação de água (imagem da direita)

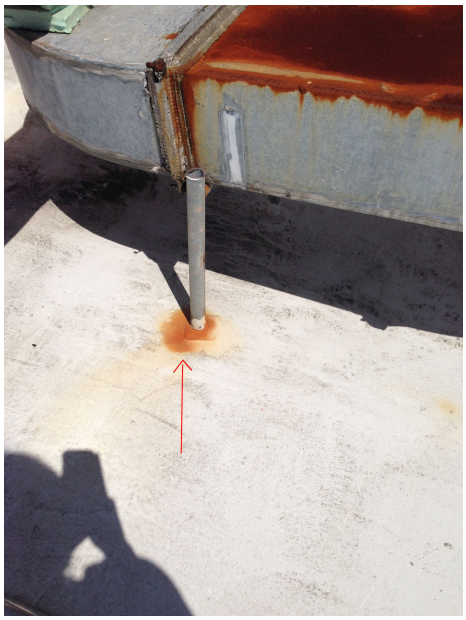


Fig. 6.69. – Edifício B, aparecimento de ferrugem na base de equipamento

Na zona corrente da cobertura as anomalias que se verificaram foram o empolamento e a degradação do sistema de impermeabilização assim como alguma mudança de cor. Da figura 6.71. até à figura 6.74. estão representadas os registos fotográficos de algumas dessas anomalias.



Fig. 6.70. – Edifício B, degradação do sistema de impermeabilização em zona corrente da cobertura



Fig. 6.71. – Edifício B, anomalias em zona corrente da cobertura(imagem da esquerda)



Fig. 6.72. – Edifício B, pormenor da anomalia da fig. 6.67 na zona corrente da cobertura (imagem da direita)

Nas figuras 6.73. e 6.74. pode-se ver que existe vários empolamentos do sistema de impermeabilização e que o sistema já se encontra todo degradado.





Fig. 6.73. – Edifício B, empolamentos e degradação do sistema de impermeabilização em zona corrente da cobertura (imagem da esquerda)

Fig. 6.74. – Edifício B, pormenor da anomalia da fig. 6.68 na zona corrente da cobertura (imagem da direita)

6.3.7.4. Causas possíveis

Nas bases dos equipamentos da cobertura a causa que parece ser mais provável é a falta de proteção do sistema de impermeabilização na ligação a estes elementos. A falta de manutenção e da fraca pendente parecem ser as causas que provocam a acumulação de resíduos nas zonas de evacuação de água e nas zonas de canto da cobertura.

Na superfície corrente da cobertura os empolamentos e a degradação do sistema de impermeabilização podem ser causados pelas diferenças que existem nas características das membranas utilizadas. Como as membranas superiores são de poliuretano com fraca permeabilidade ao vapor de água e as outras membranas utilizadas, os produtos cimentícios de dois componentes à base de resinas de acrilatos, são permeáveis ao vapor de água, parece provocar o empolamento das membranas superiores e a posterior degradação dos materiais. Como se verificou na figura 6.74., a degradação do material não é só nas camadas superiores mas também nas camadas inferiores, ou seja, todo o sistema de impermeabilização está degradado.

7
TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

7.1 NOTAS PRÉVIAS

Neste capítulo, depois de terem sido recolhidos todos dados e os elementos necessários, irá realizar-se uma análise dos dados de forma a se poderem tirar algumas conclusões do trabalho realizado.

O objetivo desta dissertação é estudar a durabilidade dos materiais líquidos para impermeabilização de coberturas planas. Como a amostra de coberturas recolhidas é limitada, a análise destes dados é pouco conclusiva em termos de representar a realidade da durabilidade efetiva das membranas líquidas para impermeabilização aplicadas em coberturas planas. Contudo, a metodologia de estudo adoptada nesta dissertação poderá servir de base para estudos posteriores, onde se consiga uma maior quantidade da amostra de edifícios, em que os sistemas de impermeabilização abranjam a totalidade das famílias de produtos líquidos de impermeabilização e que para cada tipo de membrana líquida existam uma variedade de amostras de edifícios cuja aplicação do produto tenha idades diferentes.

7.2 VIDA ÚTIL EXPECTÁVEL VS TEMPO DE VIDA DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO SEM OCORRÊNCIA DE INFILTRAÇÕES NO INTERIOR

Durante a inspeção de edifícios foram apontados os valores correspondentes à vida útil expectável dada pelo fabricante, das membranas líquidas de impermeabilização que foram aplicadas na cobertura em questão. Com a informação obtida sobre o ano em que começaram a ocorrer infiltrações no interior dos edifícios e o ano em que foi aplicado o sistema de impermeabilização consegue-se obter o tempo que o sistema de impermeabilização teve um bom funcionamento. A comparação deste dois itens está presente no gráfico 1.

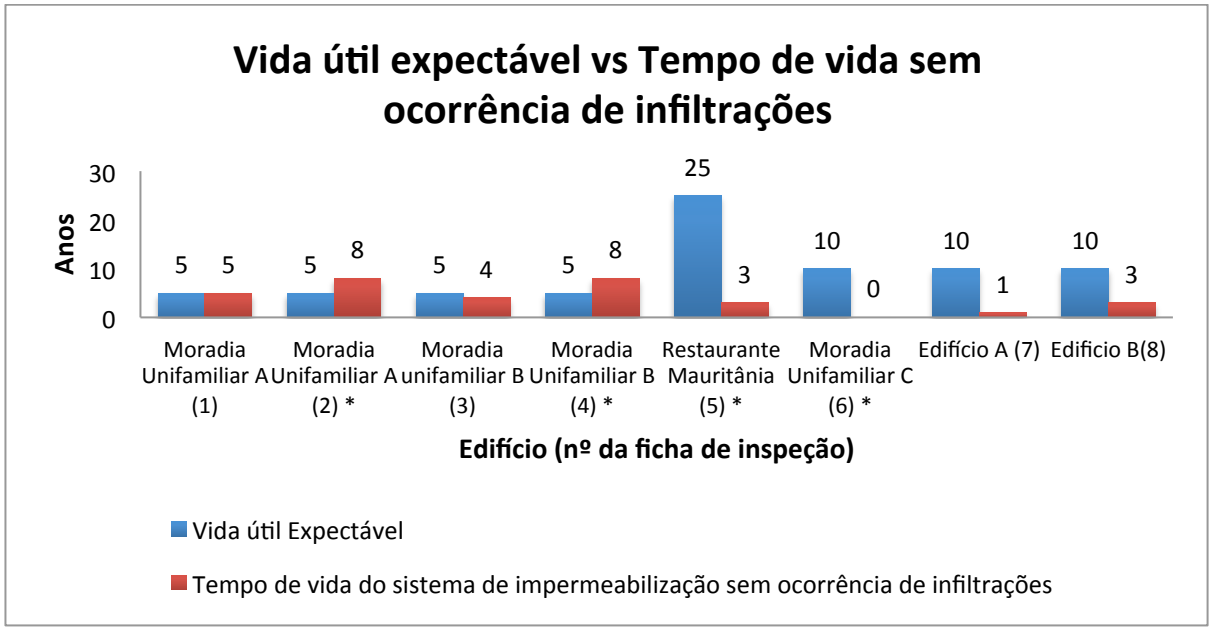


Fig. 7.1. – Comparação entre a vida útil expectável e o tempo de vida do sistema de impermeabilização sem ocorrência de infiltrações no interior dos edifícios.

* Não se registou ocorrência de infiltrações até à data da inspeção da cobertura

Pela análise deste gráfico pode-se verificar que existem duas coberturas em que os sistemas de impermeabilização à base de produtos líquidos excederam o valor da vida útil expectável, uma cobertura em que este sistema igualou esse tempo e as restantes coberturas, ou ainda não atingiram o fim da vida útil expectável e não se verificou a ocorrência de infiltrações ou sofreram infiltrações antes de atingir esse final.

As Moradias Unifamiliares A (2) e B (4) têm 8 anos de idade assim como o sistema de impermeabilização e até ao momento da inspeção não se verificou nenhuma ocorrência de infiltrações. A não ocorrência de infiltrações no interior do edifício é comum também no Restaurante Mauritânia, que desde a aplicação do sistema de impermeabilização com membrana líquida não teve ocorrência de infiltrações no interior.

Na Moradia Unifamiliar A (1) o sistema de impermeabilização cumpriu com a sua vida útil expectável, e na Moradia Unifamiliar B (3) apesar de ter estado quatro anos a cumprir com a sua função não cumpriu com a vida útil expectável.

A moradia Unifamiliar C é um caso muito particular, o valor zero não é significativo pois este edifício ainda se encontra em construção e a cobertura apenas tem 2 meses de idade. Faz parte deste estudo porque mesmo não tendo havido infiltrações de água (por não se ter verificado ocorrência de chuva quando houve a ocorrência de anomalias) ocorreram anomalias precoces como foi explicado no capítulo anterior.

O edifício A foi o que menos tempo teve de vida do sistema de impermeabilização sem ocorrências de infiltrações no interior do edifício, passou apenas 1 ano sem que existissem infiltrações no interior do edifício quando eram esperados 10 anos.

No Edifício B, a contabilização do tempo de vida do sistema de impermeabilização sem ocorrência de infiltrações no interior foi realizado feita após a reabilitação de 2010. Este sistema ficou muito aquém

do que era esperado, pois durou apenas 3 anos sem que ocorressem infiltrações no interior do edifício quando a vida útil expectável era de 10 anos.

Visto isto pode-se dizer que 50% das coberturas estudadas (4 coberturas) tiveram ocorrência de infiltrações e que apenas 12,5% (1 cobertura) registou infiltrações no ano em que o tempo de vida do sistema de impermeabilização igualava a vida útil expectável.

7.3 Ocorrência de anomalias

O registo de anomalias nos sistemas de impermeabilizações é uma das maneiras possíveis de analisar o comportamento destes sistema ao longo do tempo. Quando um material é aplicado em obra e não apresenta quaisquer anomalias visíveis durante alguns anos, é um bom indicador de que o material tem boa qualidade, foi aplicado corretamente e foi escolhido tendo em conta que as suas características fossem adequadas às condições de serviço previstas.

Como foi visto anteriormente neste trabalho, existem inúmeras anomalias que podem ocorrer nos sistemas de impermeabilização com membranas líquidas assim como as causas possíveis que estão por trás dessas anomalias. Neste ponto apenas irá ser analisado a quantidade de coberturas que têm ou tiveram ocorrência de anomalias durante o seu tempo de utilização até à data da inspeção da cobertura.

O gráfico 2 foi elaborado tendo em conta as informações que se obtiveram da ocorrência de anomalias nas 8 coberturas estudadas.

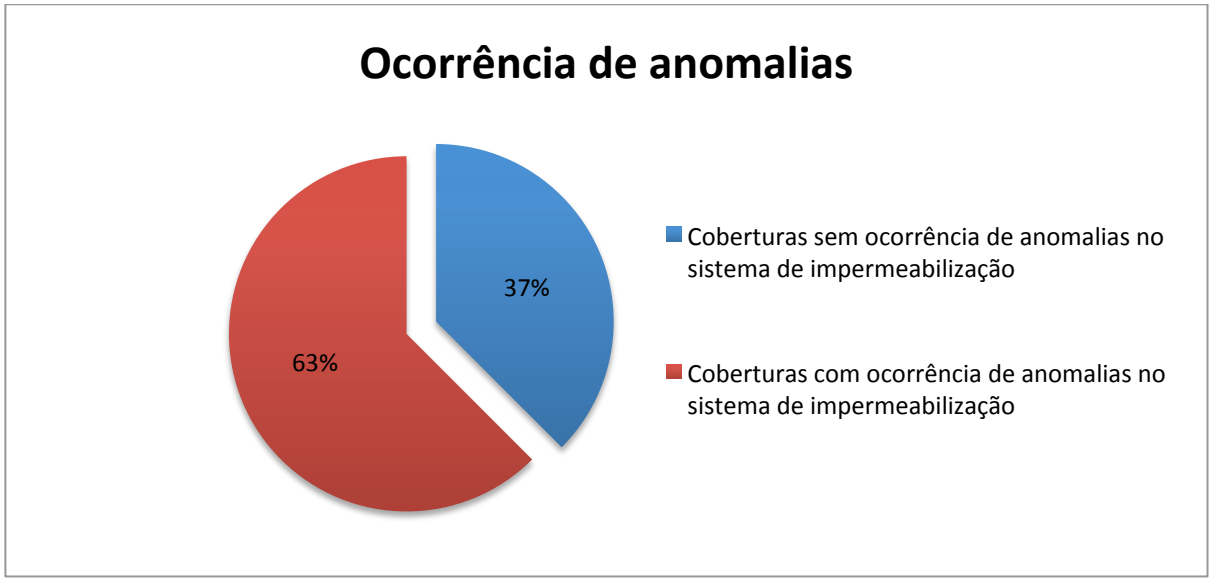


Fig. 7.2 – Percentagem de coberturas com e sem ocorrência de anomalias no sistema de impermeabilização

Pela análise deste gráfico pode-se verificar que em cerca de dois terços das coberturas analisadas ocorreram anomalias no sistema de impermeabilização. Este resultado está relacionado com os valores de tempo de vida do sistema de impermeabilização sem ocorrência de infiltrações verificados no gráfico anterior, sabe-se que em 50% das coberturas ocorreram infiltrações o que significa que em apenas 13% das coberturas que tiveram ocorrência de anomalias não foram registadas infiltrações no

interior. No entanto, estes 13% correspondem à cobertura onde ocorreram anomalias precoces e por isso foram corrigidas antes que pudesse ter existido infiltrações de água no interior do edifício.

7.4 APLICAÇÃO DESTE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO NOVA OU EM REABILITAÇÃO DE COBERTURAS

A aplicação dos sistemas de impermeabilização com membranas líquidas em coberturas planas, pode ser utilizada em construção nova ou em obras de reabilitação. Com o estudo que foi feito, desde saber as características principais das membranas líquidas de impermeabilização existentes até ao estudo de coberturas onde tenham sido aplicadas essas membranas, não se consegue perceber se este tipo de material é mais indicado para construção nova ou para reabilitação, pois essa análise deve ser feita caso a caso.

Existem algumas membranas líquidas de impermeabilização que são aptas para a reabilitação de sistemas de impermeabilização em coberturas planas sem a necessidade de remoção desses sistemas, como por exemplo, as membranas de poliuretano, os produtos de silicone em dispersão aquosa e a borracha líquida. Contudo, nos casos estudados de obras de reabilitação utilizando as membranas líquidas de impermeabilização, foi sempre realizada a remoção da totalidade do sistema de impermeabilização existente para a colocação do novo sistema de impermeabilização.

Na tabela 7.1 estão apresentados os anos de aplicação do sistema de impermeabilização assim como a idade desses sistema aquando da inspeção de edifícios e se a aplicação dos sistemas de impermeabilização utilizando as membranas líquidas nas coberturas dos edifícios foi feita em construção nova ou se foi uma obra de reabilitação.

Tabela 7.1 – Ano de aplicação e idade do sistema de impermeabilização das coberturas estudadas. Indicação se a aplicação do sistema de impermeabilização foi feita em construção nova ou reabilitação.

Nome do edifício (número da ficha de inspeção)	Ano de aplicação do sistema de impermeabilização	Idade do sistema de impermeabilização (anos)	Construção nova / Reabilitação
Moradia Unifamiliar A (1)	2006	8	Construção nova
Moradia Unifamiliar A (2)	2006	8	Construção nova
Moradia unifamiliar B (3)	2006	8	Construção nova
Moradia Unifamiliar B (4)	2006	8	Construção nova
Restaurante Mauritânia (5)	2011	3	Reabilitação
Moradia Unifamiliar C (6)	2014	2 meses	Construção nova
Edifício A (7)	2012	2	Reabilitação
Edifício B (8)	2010	4	Reabilitação

Com base nos dados presentes na coluna “Construção nova / Reabilitação” da tabela 7.1 foi elaborado o gráfico 3, para uma melhor percepção do peso de cada tipo de obra na amostra total.

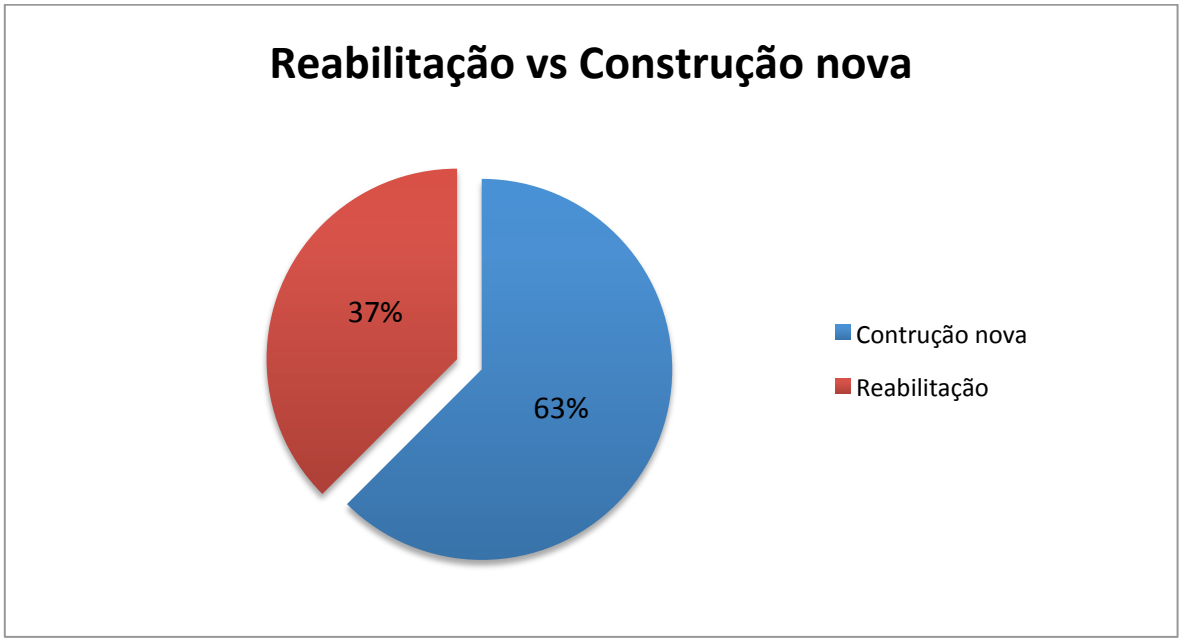


Fig. 7.3. – Percentagem da aplicação do sistema de impermeabilização em construção nova e em obras de reabilitação de coberturas

No gráfico 3 está representada a percentagem da utilização de membranas líquidas para impermeabilização que foram aplicadas em construção nova e em obras de reabilitação do sistema de impermeabilização em coberturas planas. Como se pode ver nesse gráfico, na amostra de coberturas estudadas, a percentagem da utilização destes produtos em construção nova é superior à utilização em obras de reabilitação.

A maior utilização destes produtos em construção nova significa que já existe um razoável número de pessoas na área de construção que optam por esta solução de impermeabilização em detrimento da utilização das telas de impermeabilização. E no caso da escolha da solução para a reabilitação dessas telas de impermeabilização quando estas têm ocorrência de anomalias e que provocam por si só outras anomalias em outros elementos da construção dos edifícios, como a ocorrência de infiltrações, as membranas líquidas de impermeabilização estão a ser cada vez mais utilizadas.

8
CONCLUSÕES FINAIS

8.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do Mestrado Integrado em Engenharia Civil frequentado na Faculdade de Engenharia da universidade do porto, o tema de impermeabilização de coberturas planas foi apresentado de uma forma geral na cadeira de *Tecnologia das Construções*. No entanto os sistemas de impermeabilização que aí foram apresentados cingiram-se apenas à utilização das várias telas de impermeabilização, dando somente a indicação de que existem muitas outras soluções. As membranas líquidas para impermeabilização de coberturas planas foram portanto, pouco abordadas ao longo de todo o curso pelo que na elaboração desta dissertação foi necessário, antes de tudo, perceber o que são membranas líquidas de impermeabilização, que tipo de membranas líquidas existem, quais as membranas que se podem encontrar no mercado e onde se poderia obter estas informações.

Como ponto de partida foi estudado em pormenor o livro "*Revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço*" de Grandão Lopes e várias teses de mestrado onde era abordado o tema de impermeabilização de coberturas planas. Visto que o livro data de 1994, houve uma grande evolução das membranas líquidas de impermeabilização até aos dias de hoje, tal como foi explicado no capítulo 4 e por isso, a pesquisa de informação sobre estas membranas teve que continuar. Para a obtenção de informações técnicas sobre as membranas líquidas de impermeabilização, foi pedido ajuda a especialistas de várias marcas de membranas líquidas de impermeabilização comercializadas em Portugal, assim como a empreiteiros que aplicam estas membranas. As fichas técnicas das membranas de impermeabilização, as várias partes da ETAG 005 e os vários documentos obtidos pelo LRWA (Liquid Roofing and Waterproofing Association) foram a base de estudo para se entender o funcionamento de cada tipo de membrana líquida, as suas características e os modos de aplicação. Foi também indicada, ainda que de forma sucinta, a evolução que estas membranas tiveram ao longo do tempo. Com estas informações foi possível estudar as vantagens da utilização destes produtos em detrimento de outros materiais como as telas de impermeabilização em geral, assim como as desvantagens da utilização de membranas líquidas para impermeabilização. Devido à complexidade química e à quantidade de membranas que existem, conseguir perceber e descrever estas membranas de forma clara e inequívoca foi uma tarefa morosa.

Depois de entendido e compreendido o objeto principal de estudo, as membranas líquidas de impermeabilização, foi necessário desenvolver uma metodologia que permitisse estudar a durabilidade destes materiais aplicados em obra. Estava pré-definido que se iria proceder à inspeção de edifícios de modo a se analisar o comportamento que estes materiais tiveram desde a sua aplicação até à data de inspeção. Antes de se poder analisar a durabilidade destes materiais, foi necessário perceber o conceito de durabilidade e a sua classificação, perceber as metodologias que existem de previsão de vida útil e

saber quais os agentes de degradação que aceleram o fim da vida útil destes materiais (capítulo 2). As membranas líquidas para impermeabilização de coberturas planas devem cumprir com determinados requisitos mínimos, as exigências funcionais. Visto isto, foram pesquisadas e descritas as exigências funcionais das coberturas planas e dos produtos de impermeabilização (que englobam as membranas líquidas). No capítulo 3, antes de ser feita esta descrição, é feito um pequeno enquadramento normativo e depois é apresentada a avaliação das membranas líquidas de impermeabilização segundo a EOTA (Organização Europeia para Avaliações Técnicas).

O passo seguinte foi estudar e analisar quais as anomalias que os sistemas de impermeabilização baseados em produtos líquidos aplicados em coberturas planas podem apresentar. A divisão das anomalias foi baseada no livro "*Anomalias em impermeabilizações de coberturas em terraço*" de Grandão Lopes e para além de retirar informações desta referência foi também estudado e retirado informações do documento "Code of Practice" de LRWA. No capítulo 5 são apresentados alguns exemplos de pormenores construtivos da aplicação de membranas líquidas de impermeabilização em coberturas planas.

Inicialmente para a escolha e seleção da amostra dos edifícios para inspeção, pensava-se em escolher edifícios com coberturas planas cujas as idades dos sistema de impermeabilização fossem variadas e que se escolhessem várias coberturas para cada tipos de membranas. Como já foi explicado ao longo desta dissertação, não foi tarefa fácil conseguir visitar e fazer a respetiva inspeção das coberturas dos edifícios. Para além de não se ter conseguido obter muitas informações sobre a existência de coberturas planas que tivessem a impermeabilização executada com membranas líquidas, na zona norte do país, a visita às coberturas estava sempre condicionada pela autorização e disponibilidade de terceiros. A amostra dos edifícios estudados limitou-se aos edifícios onde foi possível fazer a inspeção. Aquando dos contactos feitos com representantes de marcas de membranas líquidas e de empreiteiros que aplicassem as membranas líquidas para pedir informações técnicas, como foi anteriormente referenciado, foi também pedido auxilio, a todos esses contactos, no fornecimento de informações que tinham sobre a aplicação destes produtos em coberturas planas e se haveria possibilidade de me ajudarem a ter autorização de visitar as coberturas dos edifícios cuja a impermeabilização fosse feita com membranas líquidas.

Para auxiliar a inspeção de edifícios foi elaborada uma ficha de inspeção contendo toda a informação que seria necessário recolher aquando da visita, para posteriormente ser feita a análise desses dados. A inspeção de edifícios foi feita ao longo do tempo da realização desta dissertação. A descrição da ficha de inspeção e da amostra dos edifícios é feita no capítulo 6.

8.2. CONCLUSÕES

Todos os materiais utilizados na construção têm um vida útil finita, pelo que saber qual o comportamento esperado ao longo do tempo e a durabilidade de cada material são parâmetros de elevado interesse aquando da escolha de um produto. O objetivo principal desta dissertação foi estudar qual a durabilidade e qual o comportamento das membranas líquidas de impermeabilização de coberturas planas aplicadas em obra.

A durabilidade e o comportamento das membranas líquidas de impermeabilização dependem de vários fatores, desde a localização do edifício e dos agentes de degradação, às características próprias de cada tipo de membrana. Daí que, a previsão da vida útil dos sistemas de impermeabilização baseados em membranas líquidas, que está diretamente relacionada com a durabilidade e o comportamento dos mesmos, não seja uma tarefa fácil.

Através do preenchimento das 8 fichas de inspeção de edifícios, foi possível analisar alguns pontos fulcrais do comportamento que os sistemas de impermeabilização tiveram ao longo do tempo e daí, tirar algumas conclusões sobre a durabilidade dos mesmos. Embora a amostra de edifícios tenha sido pequena, sem dados suficientes para se estudar e obter uma previsão da vida útil das membranas líquidas utilizadas, existem algumas conclusões que se podem tirar sobre o comportamento das membranas líquidas aplicadas.

Depois de feita a analise dos dados recolhidos verificou-se que em 50% das coberturas estudadas ocorreram infiltrações e que em 37% dos casos as infiltrações ocorreram antes do tempo de vida útil expectável para o sistema de impermeabilização em causa. 37% dos casos com ocorrência de infiltrações que simbolizam 3 coberturas estudadas, duas dessas coberturas apresentam-se como casos graves, pois a ocorrência de infiltrações foi registada muito precocemente. Nestas coberturas, o sistema de impermeabilização apenas foi totalmente eficaz durante 1 ano, num caso e 3 anos no outro. A solução da impermeabilização adoptada nestas duas coberturas implica a utilização de duas membranas líquidas de famílias diferentes, ou seja, com características diferentes. Pensa-se que esta solução deverá ser revista e estudada com maior atenção pois o comportamento e a durabilidade destes sistemas de impermeabilização ficaram muito aquém do que seria esperado. Apesar destes dados desanimadores, dos 50% dos casos onde não ocorreram infiltrações até à data da inspeção, foram registadas duas coberturas cujo sistemas de impermeabilização (com 8 anos de idade) superou a vida útil expectável em 3 anos.

Como foi descrito no capítulo 5, existem inúmeras causas para a ocorrência de anomalias nos sistemas de impermeabilização. Com a análise que foi feita, pode-se concluir que a percentagem de ocorrência de anomalias nas coberturas estudadas foi de 63%, ou seja, em mais de metade dos sistemas de impermeabilização com base em membranas líquidas aplicados em coberturas planas apresentaram anomalias. Das anomalias verificadas, os empolamentos e a consequente degradação do sistema de impermeabilização (que poderá derivar de incompatibilidade entre os materiais, de más condições de aplicação ou de deficiente aplicação do material) são as anomalias que apresentaram maior gravidade, seguidas da degradação do sistema de impermeabilização provocado pelos agentes biológicos, principalmente pela ação das raízes.

Dos casos estudados, a aplicação das membranas líquidas para impermeabilização de coberturas planas foi mais utilizada em construção nova (63%) do que em obras de reabilitação (37%). Apesar de existirem membranas líquidas que são compatíveis quimicamente e que podem ser aplicadas diretamente às telas de impermeabilização existentes, verificou-se, que estas obras de reabilitação do sistema de impermeabilização das coberturas planas constaram sempre na substituição das telas de impermeabilização existentes pelas membranas líquidas.

Existem alguns problemas associados à aplicação das membranas líquidas de impermeabilização. Por ser uma tarefa aparentemente simples de ser executada existe uma desatenção na qualidade de mão de obra que é utilizada para a aplicação do produto. Isto, quer dizer que, apesar da aplicação da grande maioria das membranas ser feita a rolo (como se fosse uma tinta) é necessário que seja consciencializado entre os aplicadores, que é de extrema importância cumprir com as recomendações dadas pelos fabricantes, principalmente, no consumo do material que é utilizado e cumprir com as condições de aplicação. Não se pode esquecer que, apesar de tudo, estas membranas são produtos químicos que reagem de formas diferentes, principalmente, consoante a humidade do ar e do suporte e da temperatura ambiente aquando da aplicação, sem esquecer das condições de secagem e das compatibilidades químicas entre os materiais do suporte e do revestimento (caso exista). Concluiu-se assim, que é necessário que exista uma formação contínua de mão de obra especializada nesta área, para que as membranas líquidas sejam aplicadas de forma correta e evitar repercussões nefastas para a

saúde e conforto das edificações assim como, evitar que ocorram gastos indevidos em reparações precoces, ou seja, a formação de mão de obra especializada é um investimento, por parte dos empreiteiros, com retornos económicos.

Os resultados da durabilidade e do comportamento das membranas líquidas de impermeabilização dependem também, em grande parte, da qualidade do material, ou seja, deverão ser apenas utilizadas membranas líquidas de impermeabilização em conformidade com a ETAG 005 para que seja garantida a qualidade do produto. No entanto, apesar da amostra de edifícios estudados ser pequena e, em termos quantitativos, os valores obtidos poderem ter um desvio dos valores reais, foi possível observar que, em metade dos casos estudados, existe uma diferença entre a vida útil expectável dada pelos fabricantes e o tempo decorrido sem existência de infiltrações que se verificou nas coberturas onde foram aplicados. Visto que as membranas líquidas de impermeabilização se apresentam como um produto em evolução, é um tema que merece uma maior atenção do que tem sido dada, tanto no que diz respeito ao registo dos comportamentos em obra destes produtos, como no que diz respeito à passagem desses dados para laboratório de forma a que a qualidade dos produtos possa ser optimizada. Acredita-se que com a especialização de mão de obra, com um maior cuidado na escolha do tipo de solução a adoptar em cada caso em particular e com a evolução que tem existido nesta área, que as membranas líquidas de impermeabilização são um produto com potencial para crescer no mercado da impermeabilização de coberturas planas.

Assim sendo são sugeridos os seguintes temas para trabalhos futuros:

- Estudar o comportamento e a durabilidade para cada tipo de membrana líquida de impermeabilização separadamente, através da inspeção de edifícios (cuja a amostra de edifícios seja suficiente para se poder obter uma previsão da vida útil da membrana);
- Fazer a comparação técnico económica entre a utilização das membranas líquidas de impermeabilização e as restantes soluções de impermeabilização de coberturas planas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Lopes, J. M. G. - *Revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraç,* LNEC, Lisboa, 1994.

[2] Europeu, P. - *Regulamento (UE) Nº 305/2011, JOUE L 88*. Jornal Oficial da União Europeia, 2011.

[3] Diretiva 89/106/CEE DO CONSELHO de 21 de Dezembro de 1989 - Jornal Oficial da União Europeia nº L 040.

[4] Feiteira, J. - *Sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço com base em produtos líquidos ou pastosos - Caracterização experimental do comportamento mecânico dos sistemas*, Dissertação para obtenção de grau de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, 2009.

[5] Ginga, D. - *Sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço*, Dissertação para obtenção de grau de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

[6] Sousa, J. - *Soluções de reabilitação da impermeabilização de coberturas planas,* Dissertação para obtenção de grau de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

[7] Dias, T. - *Durabilidade de materiais utilizados nos sistemas de impermeabilização de coberturas planas,* Dissertação para obtenção de grau de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.

[8] Sá, A. - *Durabilidade de cimentos-cola*, Dissertação para obtenção de grau de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universiadade do Porto, 2005.

[9] Editora, P. - *Dicionário da língua portuguesa*, Porto Editora, Porto, 2008.

[10] ISO 15686-1: General Principles and Framework - Technical Specification. 2011.

[11] EOTA - *Guidance document 002 - Assumption of working life of construction products in Guidelines for European Technical Approval, European Technical Approvals and Harmonized Standards*. Guidance Document, 1999.

[12] ISO *15686-2: Service Life Prediction Procedures*, International Standard, Junho de 2012.

[13] ISO *15686-3: Performance audits and reviews*, International Standard, Agosto de 2002.

[14] ISO *15686-4 - Service Life Planning using Building Information Modelling*, International Standard, 2014.

[15] ISO *15686-5: Life-Cycle Costing*, International Standard, Junho de 2008.

[16] ISO *15686-6: Procedures for Considering Environmental Impacts*, International Standard, 2004.

[17] ISO *15686-7: Performance evaluation for Feedback of Service Life Practice,* International Standard. Março de 2006.

[18] ISO *15686-8: Reference service life and service-life estimation*, International Standard, Junho de 2008.

[19] ISO/TS *15686-9: Guidance on assessment of service-life data*, Technical Specification, 2008.

[20] ISO *15686-10: When to Assess Functional Performance,* International Standard, Junho de 2010.

[21] LRWA - *Guidance Note Nº 3 - Generic Types of Liquid Applied Waterproofing Systems For Roofs , Balconies and Walkways*. Guidance Note. 3 (2010) 1–7.

[22] LNEC - *Diretiva dos Produtos de Construção (DPC), LNEC* [Consult. 2 maio de 2014], Disponível em http://www.lnec.pt/qpe/marcacao/directiva_produtos_construcao.

[23] Decreto-Lei nº4/2007 de 8 de Janeiro - Diário da República nº5. 2007 pag. 116–126.

[24] Decreto-Lei nº 130/2013 - Diário da República 1ª Série Nº174. 2013 pag. 5664–5668.

[25] Regulamento (CE) Nº 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de Dezembro de 2006, Jornal Oficial da União Europeia, Dezembro de 2006, pag. 3 – 275.

[26] Diretiva 2004/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de Abril de 2004, Jornal Oficial da União Europeia. L 143, 2004 pag. 87–96.

[27] EOTA - *ETAG 005 - Guideline for European Technical Approval of Liquid Applied Roof Waterproofing Kits Part 6 : Specific Stipulations for Kits Based on Polyurethane*. Março de 2004.

[28] EOTA - *What is an ETA?* [Consult. 22 abr. 2014]. Disponível em http://www.eota.eu/en-GB/content/what-is-an-eta/18/.

[29] EOTA - *ETAG 005 - Guideline for European Technical Approval of Liquid Applied Roof Waterproofing Kits Part 1: General*, Março de 2004.

[30] LRWA - *Code of Practice - Specification and Use of Liquid Applied Waterproofing Systems for Roofs, Balconies and Walkways*. November de 2010.

[31] EOTA - *Determination of the resistance to dynamic indentation - TR 006*. Technical Report. Maio de 1999.

[32] EOTA - *Determination of impact resistance of panels and panel assemblies - TR 001*. Technical Report. Fevereiro de 2003.

[33] EOTA - *Exposure procedure for artificial weathering - TR 010*. Technical Report. Maio de 2004.

[34] EOTA - *Determination of impact resistance of panels and panel assemblies - TR 007*. Technical Report. Maio de 1999.

[35] EOTA - *Exposure procedure for accelerated ageing by hot water TR 012*. Technical Report. Maio de 2004.

[36] EOTA - *Determination of the resistance to fatigue movement - TR 008*. Technical Report. Maio de 2004.

[37] EOTA - *Determination of crack-bridging capability - TR 013*. Technical Report. Maio de 2004

[38] EOTA - *Determination of the resistance to sliding - TR 009*. Technical Report. Maio de 2004.

[39] EOTA - *Determination of the resistance to delamination - TR 004*. Technical Report. Maio de 2004.

[40] Cheremisinoff, N. P. - *Handbook of polymer science and technology*. New York : Marcel Dekker, 1989

[41] Meyer, T.; LinkKeurentjes, J.; Ed., L.-V. - *Handbook of polymer reaction engineering*. Weinheim : Wiley VCH Verlag GmbH & Co., [s.d.]. 2 vols.–2 vols. p. ISBN 3-527-31014-2.

[42] Ebewele, R. - *Polymer Science and Technology* [Em linha]. [S.l.] : CRC Press, 2000 Disponível em WWW:URL:http://www.crcnetbase.com/doi/book/10.1201/9781420057805. ISBN 978-0-8493-8939-9.

[43] LRWA - *History of Liquid Waterproofing* [Consult. 26 abr. 2014]. Disponível em http://www.lrwa.org.uk/History-of-Liquid-Waterproofing.

[44] *British Board of Agrement: Construction product approvals & inspection*, Innovation Digital, [Consult. 28 abr. 2014]. Disponível em http://www.bbacerts.co.uk/.

[45] SIKA Portugal - *SikaRoof ® MTC - Liberdade arquitectónica e soluções duráveis*, 2009.

[46] Kirn, W. A. - *Cool Roof Coating to Reduce Energy Demand and Temperature in an Urban Environment*, Interface, Julho de 2006, pag. 23–30.

[47] Gregory Chin, Andre Desjarlais, Maury Estes, David Hitchcock, Megan Lewis, Danny Parker, Joyce Rosenthal, Lorraine Ross, Steve Ryan, Rachel Schmeltz, Peter Turnbull, And B. Z. - *Reducing Urban Heat Islands : Compendium of Strategies Cool Roofs*. [s.d.]).

[48] Freita S., Ramos N., Freitas V. - *Coberturas Jardim - Influência na Temperatura Superficial Exterior*. Construção Magazine, Fevereiro de 2014, Disponível em http://www.construcaomagazine.pt/scid/webCM/includes/book/viewBook.asp?articleID=1706.

[49] Rosa, A. - *Sustentabilidade - Membranas líquidas SikaRoof MTC*. Sika Portugal. 2010.

[50] Cepsa - *Proalastic*. Ficha Técnica. 2014.

[51] Denver - *Denverpren sbs*. Ficha Técnica. 2014

[52] EOTA - *ETAG 005 - Guideline for European Technical Approval of Liquid Applied Roof Waterproofing Kits Part 2 : Specific Stipulations for Kits Based on Polymer Modified Bitumen Emulsions and Solutions*. Março de 2004.

[53] Kemper - *LEED Fact Sheet for Kemperol 2K- 2K - PUR Waterproofing and Roofing System*. Ficha Técnica. 2014.

[54] Kemper - *Kemperol BR - Waterproofing and Roofing System*. Ficha Técnica. Outubro de 2013

[55] EOTA - *ETAG 005 - Guideline for European Technical Approval of Liquid Applied Roof Waterproofing Kits Part 3 : Specific Stipulations for Kits Based on Glass Reinforce Resilient Unsaturated Polyester Resin*. Março de 2004.

[56] EOTA - *ETAG 005 - Guideline for European Technical Approval of Liquid Applied Roof Waterproofing Kits Part 4 : Specific Stipulations for Kits Based on FLexible Unsaturated Polyester*. Março de 2004.

[57] Enke - *Enkopur - Tela Líquida*. Ficha Técnica. 2010.

[58] Sika - *Sikalastic ® -621 TC*. Ficha de Segurança. 2012.

[59] Enke - *Enkopur*. Ficha de dados de segurança. 2010.

[60] Teprocil - *Teproseal 250*. Ficha Técnica. 2012.

[61] Sika - *Sikalastic -601 BC ®*. Ficha Técnica. 2012.

[62] EOTA - *ETAG 005 - Guideline for European Technical Approval of Liquid Applied Roof Waterproofing Kits Part 5 : Specific Stipulations for Kits Based on Hot Applied Polymer Modified Bitumen*. Março de 2004.

[63] Teprocil - *Emulsão Asfáltica*. Ficha Técnica. 2011.

[64] Teprocil - *Teproseal 100*. Ficha Técnica. 2012.

[65] Teprocil - *Teprocil - Cilastic ref. 475*. Ficha Técnica. 2012.

[66] Enke - *Enkryl*. Ficha Técnica. Agosto de 2005.

[67] Sika - *Sikagard ® -570 W Pele Elástica*. Ficha Técnica. 2007.

[68] Weber - *Weber.dry Lastic*. Ficha Técnica. 2009.

[69] Denver - *Denvercril top*. Ficha Técnica. Janeiro de 2014.

[70] Henkel - *Rubson Silicone Líquido ® SL3000*. Ficha Técnica. Maio de 2011.

[71] Henkel - *Rubson Sl3000 aditivo p3*. Ficha Técnica. 2014.

[72] Rubson - *Renovação e impermeabilização de cobertura, sobre tela de xisto*. [Consult. 22 maio. 2014]. Disponível em http://www.rubson.pt/Homepage/Obras-de-referencia/Reabilitacao/Renovacao-e-impermeabilizacao-de-cobertura,-sobre-tela-de-xisto/Work.aspx?tabid=2496&code=pt.

[73] Rubson - *Borracha Líquida - LR 2000*. Ficha Técnica. Maio de 2011.

[74] Lopes, J. M. G. - *Anomalias em impermeabilizações de coberturas em terraço*Informação Técnica Edifícios. LNEC, Lisboa, 1994.

[75] Paiva J., Aguiar, J., Pinho A., LNEC - *Guia técnico de reabilitação habitacional*. Instituto Nacional de Habitação, Lisboa, 2006.

Anexo 1

Ficha de inspeção

U.PORTO FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO	**Ficha de Inspeção de Edifícios - Impermeabilização de Coberturas Planas**	Nº	Ref.ª:
		Data da Inspeção:	

1 - Identificação do Edifício

1.1 - Nome

1.2 - Morada

1.3 - Localidade

1.4 - Contactos efetuados:

Proprietário ☐ Condómino ☐ Empreiteiro ☐ Outro ☐

Nome

2 - Circunstâncias da Inspeção

2.1 - Hora (h:min) ☐ **2.2 - Temperatura Ambiente** ☐ ºC **2.3 - Humidade Relativa** ☐ %

2.4 - Condições Atmosféricas

Sol ☐ Nublado ☐ Chuva ☐ Notas

3 - Características do Edifício

3.1 - Data da Construção / Idade do Edifício ☐ / Anos

3.2 - Tipo de Utilização:

Habitacional ☐ Comercial ☐ Serviços ☐ Outro ☐

3.3 - Nº de Pisos Elevados ☐

3.4 - Envolvente:

Urbana ☐ Rural ☐ Industrial ☐ Marítima ☐

3.5 - Proximidade do Mar:

< 1 Km ☐ 1 a 5 Km ☐ > 5 Km ☐

3.6 - Zona Climática:

Clima Moderado ☐ Clima Severo ☐ (Segundo o ETAG 005)

3.6 - Manutenção:

Sim ☐ Não ☐ Data da Intervenção ☐

Tipologia implementada

4 - Características Gerais da Cobertura

3.1 - Área da Cobertura ☐ m^2

3.4 - Revestimento de proteção

3.4 - Suporte

3.5 - Isolamento Térmico

Sim ☐ Não ☐ Posicionamento

3.7 - Tipo de Utilização

3.8 - Carga de Serviço Categoria ☐ (Segundo o ETAG 005)

Baixa ☐ Moderada ☐ Normal ☐ Alta ☐

3.9 - Pendente ☐ % Categoria ☐ (Segundo o ETAG 005)

5 - Impermeabilização

5.1 - Membrana Líquida de Impermeabilização

5.2 - Sistema de Impermeabilização

5.3 - Data da aplicação da Membrana Líquida ☐

5.4 - Qual o motivo da escolha deste produto

5.6 - Foram seguidas todas as regras de aplicação / conservação do material / tempos de utilização dos materiais

Sim ☐ Não ☐ Notas

5.7 - Vida Útil Expectável:

☐ Anos Categoria ☐ (Segundo o ETAG 005)

5.7 - O produto continua a ser eficaz

Sim ☐ Não ☐ Notas

6 - Anomalias

6.1 - Existencia de infiltrações

Sim ☐ Não ☐ Data ☐ Severidade ☐

6.2 - Anomalias em superfície corrente da cobertura:

a)	Fissuração do revestimento de impermeabilização	☐
	a.1) Ação da camada de proteção	☐
	a.1.1) Inexistência da camada de dessolidarização	☐
	a.1.2) Deslocamento da camada de proteção pesada solta	☐
	a.1.3) Desprendimento do granulado mineral	☐
	a.1.4) Fissuração da camada de proteção pesada rígida	☐
	a.2) Ação do suporte do revestimento de impermeabilização	☐
	a.2.1) Ligação do revestimento de impermeabilização / compatibilidade química entre os materiais	☐
	a.2.2) Fissuração do suporte	☐
b)	Perfuração do revestimento de impermeabilização	☐
	b.1) Cargas pontuais	☐
	b.2) Agentes biológicos	☐
c)	Empolamentos ou bolsas de ar	☐
d)	Degradação / Envelhecimento do revestimento de imp.	☐
e)	Não apresenta anomalias visíveis	☐

6.3 - Anomalias em pontos singulares da cobertura:

a)	Platibandas ou paredes	☐
b)	Rufos	☐
c)	Juntas de dilatação	☐
d)	Pontos de drenagem e evacuação de águas pluviais	☐
e)	Tubagem emergente	☐
f)	Soleiras de portas	☐
g)	Chaminés emergentes/claraboias	☐
h)	Bases de apoio de equipamentos diversos	☐
i)	Não apresenta anomalias visíveis	☐

6.4 - Outras Anomalias Associadas

7 - Notas e Observações

8 - Registo Fotográfico

Anexo 2

Fichas de Inspeção preenchidas

U.PORTO FEUP Faculdade de Engenharia Universidade do Porto	**Ficha de Inspeção de Edifícios - Impermeabilização de Coberturas Planas**	Nº 1	Ref.ª: M.U. A
		Data da Inspeção: 14/05/2010	

1 - Identificação do Edifício

1.1 - Nome Moradia Unifamiliar A

1.2 - Morada

1.3 - Localidade Nevogilde - Porto

1.4 - Contactos efetuados:

Proprietário [ ] Condómino [ ] Empreiteiro [ ] Outro [Fornecedor do material]

Nome [Filipe Sambento (especialista)]

2 - Circunstâncias da Inspeção

2.1 - Hora (h:min) [10:30] **2.2 - Temperatura Ambiente** [21] ºC **2.3 - Humidade Relativa** [ ] %

2.4 - Condições Atmosféricas

Sol [X] Nublado [ ] Chuva [ ] Notas [Muito Ventoso]

3 - Características do Edifício

3.1 - Data da Construção / Idade do Edifício [2006] / [8 Anos]

3.2 - Tipo de Utilização:

Habitacional [X] Comercial [ ] Serviços [ ] Outro [ ]

3.3 - Nº de Pisos Elevados [3]

3.4 - Envolvente:

Urbana [ ] Rural [ ] Industrial [ ] Marítima [X]

3.5 - Proximidade do Mar:

< 1 Km [X] 1 a 5 Km [ ] > 5 Km [ ]

3.6 - Zona Climática:

Clima Moderado [ ] Clima Severo [X] (Segundo o ETAG 005)

3.6 - Manutenção:

Sim [X] Não [ ] Data da Intervenção [2012]

Tipologia implementada [Corretiva]

4 - Características Gerais da Cobertura

3.1 - Área da Cobertura [80] m^2

3.4 - Revestimento de proteção [Geotêxtil - Betonilha- XPS - Betonilha - Geotêxtil - Godo (sem tratamento contra raízes)]

3.4 - Suporte [Laje maciça + Camada de forma]

3.5 - Isolamento Térmico

Sim [X] Não [ ] Posicionamento [Por cima do sistema de impermeabilização]

3.7 - Tipo de Utilização [Acessível apenas para manutenção]

3.8 - Carga de Serviço Categoria [P2] (Segundo o ETAG 005)

Baixa [ ] Moderada [X] Normal [ ] Alta [ ]

3.9 - Pendente [4] % Categoria [S1] (Segundo o ETAG 005)

5 - Impermeabilização

5.1 - Membrana Líquida de Impermeabilização [Produto pastoso de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa]

5.2 - Sistema de Impermeabilização [Sistema armado]

Primário + 1ºdemão da membrana (cor branca) + Tela de fibra de vidro + 2ºdemão da membrana (cor telha)

5.3 - Data da aplicação da Membrana Líquida [2006]

5.4 - Qual o motivo da escolha deste produto

Escolha do projetista (com conhecimento do dono de obra) - Mesma marca de produto utilizada nas fachadas, melhor compatibilidade de materiais

5.6 - Foram seguidas todas as regras de aplicação / conservação do material / tempos de utilização dos materiais

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

5.7 - Vida Útil Expectável:

[5] Anos Categoria [W1] (Segundo o ETAG 005)

5.7 - O produto continua a ser eficaz

Sim [X] Não [ ] Notas [Salvo locais pontuais]

6 - Anomalias

6.1 - Existência de infiltrações

Sim	Não	Data	Severidade
X		2011	Pouca

6.2 - Anomalias em superfície corrente da cobertura:

a)	Fissuração do revestimento de impermeabilização	
a.1)	Ação da camada de proteção	
a.1.1)	Inexistência da camada de dessolidarização	
a.1.2)	Deslocamento da camada de proteção pesada solta	
a.1.3)	Desprendimento do granulado mineral	
a.1.4)	Fissuração da camada de proteção pesada rígida	
a.2)	Ação do suporte do revestimento de impermeabilização	
a.2.1)	Ligação do revestimento de impermeabilização / compatibilidade química entre os materiais	
a.2.2)	Fissuração do suporte	
b)	Perfuração do revestimento de impermeabilização	
b.1)	Cargas pontuais	
b.2)	Agentes biológicos	
c)	Empolamentos ou bolsas de ar	
d)	Degradação / Envelhecimento do revestimento de imp.	
e)	Não apresenta anomalias visíveis	X

6.3 - Anomalias em pontos singulares da cobertura:

a)	Platibandas ou paredes	
b)	Rufos	
c)	Juntas de dilatação	
d)	Pontos de drenagem e evacuação de águas pluviais	
e)	Tubagem emergente	
f)	Soleiras de portas	
g)	Chaminés emergentes/claraboias	
h)	Bases de apoio de equipamentos diversos	
i)	Não apresenta anomalias visíveis	X

6.4 - Outras Anomalias Associadas

7 - Notas e Observações

Em 2012 foi reabilitado o sistema de impermeabilização com reforço da membrana líquida por cima da existente na pequena parte da cobertura que na altura se pensava ser o local lesado que causou a infiltração .A anomalia no sistema de impermeabilização não é visível, apenas se consegue ver o resultada da infiltração no teto do interior da habitação. Pensa-se que a causa poderá ser o remate da membrana com o rufo ou então a má execução do rufo.

8 - Registo Fotográfico

a) Resultado da infiltração de água. Tecto interior da habitação





b) Local possível da ocorrência de anomalias no sistema de impermeabilização da cobertura





U.PORTO FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO	**Ficha de Inspeção de Edifícios - Impermeabilização de Coberturas Planas**	Nº 2	Ref.ª: M.U. A
		Data da Inspeção: 14/05/2010	

1 - Identificação do Edifício

1.1 - Nome Moradia Unifamiliar A

1.2 - Morada

1.3 - Localidade Nevogilde - Porto

1.4 - Contactos efetuados:

Proprietário [ ] Condómino [ ] Empreiteiro [ ] Outro [Fornecedor do material]

Nome [Filipe Sambento (especialista)]

2 - Circunstâncias da Inspeção

2.1 - Hora (h:min) [10:50] **2.2 - Temperatura Ambiente** [21] ºC **2.3 - Humidade Relativa** [ ] %

2.4 - Condições Atmosféricas

Sol [X] Nublado [ ] Chuva [ ] Notas [Muito Ventoso]

3 - Características do Edifício

3.1 - Data da Construção / Idade do Edifício [2006] / [8 Anos]

3.2 - Tipo de Utilização:

Habitacional [X] Comercial [ ] Serviços [ ] Outro [ ]

3.3 - Nº de Pisos Elevados [3]

3.4 - Envolvente:

Urbana [ ] Rural [ ] Industrial [ ] Marítima [X]

3.5 - Proximidade do Mar:

< 1 Km [X] 1 a 5 Km [ ] > 5 Km [ ]

3.6 - Zona Climática:

Clima Moderado [ ] Clima Severo [X] (Segundo o ETAG 005)

3.6 - Manutenção:

Sim [X] Não [ ] Data da Intervenção [2012]

Tipologia implementada [Corretiva]

4 - Características Gerais da Cobertura

3.1 - Área da Cobertura [50] m^2

3.4 - Revestimento de proteção [Geotêxtil - Betonilha- XPS - Betonilha - placas pré-fabricadas de betão]

3.4 - Suporte [Laje maciça + Camada de forma]

3.5 - Isolamento Térmico

Sim [X] Não [ ] Posicionamento [Por cima do sistema de impermeabilização]

3.7 - Tipo de Utilização [Acessível apenas para manutenção]

3.8 - Carga de Serviço Categoria [P3] (Segundo o ETAG 005)

Baixa [ ] Moderada [ ] Normal [X] Alta [ ]

3.9 - Pendente [4] % Categoria [S1] (Segundo o ETAG 005)

5 - Impermeabilização

5.1 - Membrana Líquida de Impermeabilização [Produto pastoso de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa]

5.2 - Sistema de Impermeabilização [Sistema armado]

Primário + 1ºdemão da membrana (cor branca) + Tela de fibra de vidro + 2ºdemão da membrana (cor telha)

5.3 - Data da aplicação da Membrana Líquida [2006]

5.4 - Qual o motivo da escolha deste produto

Escolha do projetista (com conhecimento do dono de obra) - Mesma marca de produto utilizada nas fachadas, melhor compatibilidade de materiais

5.6 - Foram seguidas todas as regras de aplicação / conservação do material / tempos de utilização dos materiais

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

5.7 - Vida Útil Expectável:

[5] Anos Categoria [W1] (Segundo o ETAG 005)

5.7 - O produto continua a ser eficaz

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

6 - Anomalias

6.1 - Existência de infiltrações

Sim		Não	X	Data		Severidade	

6.2 - Anomalias em superfície corrente da cobertura:

a)	Fissuração do revestimento de impermeabilização		
	a.1) Ação da camada de proteção		
	a.1.1) Inexistência da camada de dessolidarização		
	a.1.2) Deslocamento da camada de proteção pesada solta		
	a.1.3) Desprendimento do granulado mineral		
	a.1.4) Fissuração da camada de proteção pesada rígida		
	a.2) Ação do suporte do revestimento de impermeabilização		
	a.2.1) Ligação do revestimento de impermeabilização / compatibilidade química entre os materiais		
	a.2.2) Fissuração do suporte		
b)	Perfuração do revestimento de impermeabilização		
	b.1) Cargas pontuais		
	b.2) Agentes biológicos		
c)	Empolamentos ou bolsas de ar		
d)	Degradação / Envelhecimento do revestimento de imp.		
e)	Não apresenta anomalias visíveis	X	

6.3 - Anomalias em pontos singulares da cobertura:

a)	Platibandas ou paredes		
b)	Rufos		
c)	Juntas de dilatação		
d)	Pontos de drenagem e evacuação de águas pluviais		
e)	Tubagem emergente		
f)	Soleiras de portas		
g)	Chaminés emergentes/claraboias		
h)	Bases de apoio de equipamentos diversos		
i)	Não apresenta anomalias visíveis	X	

6.4 - Outras Anomalias Associadas

7 - Notas e Observações

Não foram registadas quaisquer anomalias visíveis aquando da inspeção.

8 - Registo Fotográfico

a) Aspeto geral da cobertura



U.PORTO FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO	**Ficha de Inspeção de Edifícios - Impermeabilização de Coberturas Planas**	Nº 3	Ref.ª: M.U. B
		Data da Inspeção: 14/05/2010	

1 - Identificação do Edifício

1.1 - Nome Moradia Unifamiliar B

1.2 - Morada

1.3 - Localidade Nevogilde - Porto

1.4 - Contactos efetuados:

Proprietário [ ] Condómino [ ] Empreiteiro [ ] Outro [Fornecedor do material]

Nome [Filipe Sambento (especialista)]

2 - Circunstâncias da Inspeção

2.1 - Hora (h:min) [11:15] **2.2 - Temperatura Ambiente** [22] ºC **2.3 - Humidade Relativa** [ ] %

2.4 - Condições Atmosféricas

Sol [X] Nublado [ ] Chuva [ ] Notas [Muito Ventoso]

3 - Características do Edifício

3.1 - Data da Construção / Idade do Edifício [2006] / [8 Anos]

3.2 - Tipo de Utilização:

Habitacional [X] Comercial [ ] Serviços [ ] Outro [ ]

3.3 - Nº de Pisos Elevados [3]

3.4 - Envolvente:

Urbana [ ] Rural [ ] Industrial [ ] Marítima [X]

3.5 - Proximidade do Mar:

< 1 Km [X] 1 a 5 Km [ ] > 5 Km [ ]

3.6 - Zona Climática:

Clima Moderado [ ] Clima Severo [X] (Segundo o ETAG 005)

3.6 - Manutenção:

Sim [X] Não [ ] Data da Intervenção [A ocorrer]

Tipologia implementada [Corretiva]

4 - Características Gerais da Cobertura

3.1 - Área da Cobertura [85] m^2

3.4 - Revestimento de proteção [Geotêxtil - Betonilha - XPS - Betonilha - Geotêxtil - Godo]

3.4 - Suporte [Laje maciça + Camada de forma]

3.5 - Isolamento Térmico

Sim [X] Não [ ] Posicionamento [Por cima do sistema de impermeabilização]

3.7 - Tipo de Utilização [Acessível apenas para manutenção]

3.8 - Carga de Serviço Categoria [P2] (Segundo o ETAG 005)

Baixa [ ] Moderada [X] Normal [ ] Alta [ ]

3.9 - Pendente [4] % Categoria [S1] (Segundo o ETAG 005)

5 - Impermeabilização

5.1 - Membrana Líquida de Impermeabilização [Produto pastoso de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa]

5.2 - Sistema de Impermeabilização [Sistema Armado]

Primário + 1ºdemão da membrana (cor branca) + Tela de fibra de vidro + 2ºdemão da membrana (cor telha)

5.3 - Data da aplicação da Membrana Líquida [2006]

5.4 - Qual o motivo da escolha deste produto

Escolha do projetista (com conhecimento do dono de obra) - Mesma marca de produto utilizada nas fachadas, melhor compatibilidade de materiais

5.6 - Foram seguidas todas as regras de aplicação / conservação do material / tempos de utilização dos materiais

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

5.7 - Vida Útil Expectável:

[5] Anos Categoria [W1] (Segundo o ETAG 005)

5.7 - O produto continua a ser eficaz

Sim [X] Não [ ] Notas [Salvo locais pontuais]

6 - Anomalias

6.1 - Existência de infiltrações

Sim	Não	Data	Severidade
X		2010	Pouca

6.2 - Anomalias em superfície corrente da cobertura:

a)	Fissuração do revestimento de impermeabilização	
a.1)	Ação da camada de proteção	
a.1.1)	Inexistência da camada de dessolidarização	
a.1.2)	Deslocamento da camada de proteção pesada solta	
a.1.3)	Desprendimento do granulado mineral	
a.1.4)	Fissuração da camada de proteção pesada rígida	
a.2)	Ação do suporte do revestimento de impermeabilização	
a.2.1)	Ligação do revestimento de impermeabilização / compatibilidade química entre os materiais	
a.2.2)	Fissuração do suporte	
b)	Perfuração do revestimento de impermeabilização	X
b.1)	Cargas pontuais	
b.2)	Agentes biológicos	X
c)	Empolamentos ou bolsas de ar	
d)	Degradação / Envelhecimento do revestimento de imp.	X
e)	Não apresenta anomalias visíveis	

6.3 - Anomalias em pontos singulares da cobertura:

a)	Platibandas ou paredes	X
b)	Rufos	
c)	Juntas de dilatação	
d)	Pontos de drenagem e evacuação de águas pluviais	
e)	Tubagem emergente	
f)	Soleiras de portas	
g)	Chaminés emergentes/claraboias	
h)	Bases de apoio de equipamentos diversos	
i)	Não apresenta anomalias visíveis	

6.4 - Outras Anomalias Associadas

7 - Notas e Observações

A cobertura encontra-se em reabilitação. A falta de revestimento de proteção contra raízes no sistema de impermeabilização e a não existência de manutenção parecem ser as causas do aparecimento da anomalia. Existe também uma anomalia num murete possivelmente devido à deficiente espessura da camada final da membrana líquida de impermeabilização.

8 - Registo Fotográfico

a) Aspeto geral da cobertura





a) Anomalias





U.PORTO FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO	**Ficha de Inspeção de Edifícios - Impermeabilização de Coberturas Planas**	Nº 4	Ref.ª: M.U. B
		Data da Inspeção: 14/05/2010	

1 - Identificação do Edifício

1.1 - Nome Moradia Unifamiliar B

1.2 - Morada

1.3 - Localidade Nevogilde - Porto

1.4 - Contactos efetuados:

Proprietário [ ] Condómino [ ] Empreiteiro [ ] Outro [Fornecedor do material]

Nome [Filipe Sambento (especialista)]

2 - Circunstâncias da Inspeção

2.1 - Hora (h:min) [11:30] **2.2 - Temperatura Ambiente** [22] ºC **2.3 - Humidade Relativa** [ ] %

2.4 - Condições Atmosféricas

Sol [X] Nublado [ ] Chuva [ ] Notas [Muito Ventoso]

3 - Características do Edifício

3.1 - Data da Construção / Idade do Edifício [2006] / [8 Anos]

3.2 - Tipo de Utilização:

Habitacional [X] Comercial [ ] Serviços [ ] Outro [ ]

3.3 - Nº de Pisos Elevados [3]

3.4 - Envolvente:

Urbana [ ] Rural [ ] Industrial [ ] Marítima [X]

3.5 - Proximidade do Mar:

< 1 Km [X] 1 a 5 Km [ ] > 5 Km [ ]

3.6 - Zona Climática:

Clima Moderado [ ] Clima Severo [X] (Segundo o ETAG 005)

3.6 - Manutenção:

Sim [X] Não [ ] Data da Intervenção [A ocorrer]

Tipologia implementada [Corretiva]

4 - Características Gerais da Cobertura

3.1 - Área da Cobertura [55] m^2

3.4 - Revestimento de proteção [Geotêxtil - Betonilha - XPS - Betonilha - Placas pré-fabricadas de betão]

3.4 - Suporte [Laje maciça + Camada de forma]

3.5 - Isolamento Térmico

Sim [X] Não [ ] Posicionamento [Por cima do sistema de impermeabilização]

3.7 - Tipo de Utilização [Acessível apenas para manutenção]

3.8 - Carga de Serviço Categoria [P3] (Segundo o ETAG 005)

Baixa [ ] Moderada [ ] Normal [X] Alta [ ]

3.9 - Pendente [4] % Categoria [S1] (Segundo o ETAG 005)

5 - Impermeabilização

5.1 - Membrana Líquida de Impermeabilização [Produto pastoso de copolímeros acrílicos em dispersão aquosa]

5.2 - Sistema de Impermeabilização [Sistema Armado]

Primário + 1ºdemão da membrana (cor branca) + Tela de fibra de vidro + 2ºdemão da membrana (cor telha)

5.3 - Data da aplicação da Membrana Líquida [2006]

5.4 - Qual o motivo da escolha deste produto

Escolha do projetista (com conhecimento do dono de obra) - Mesma marca de produto utilizada nas fachadas, melhor compatibilidade de materiais

5.6 - Foram seguidas todas as regras de aplicação / conservação do material / tempos de utilização dos materiais

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

5.7 - Vida Útil Expectável:

[5] Anos Categoria [W1] (Segundo o ETAG 005)

5.7 - O produto continua a ser eficaz

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

6 - Anomalias

6.1 - Existência de infiltrações

Sim		Não	X	Data		Severidade	

6.2 - Anomalias em superfície corrente da cobertura:

a)	Fissuração do revestimento de impermeabilização	
a.1)	Ação da camada de proteção	
a.1.1)	Inexistência da camada de dessolidarização	
a.1.2)	Deslocamento da camada de proteção pesada solta	
a.1.3)	Desprendimento do granulado mineral	
a.1.4)	Fissuração da camada de proteção pesada rígida	
a.2)	Ação do suporte do revestimento de impermeabilização	
a.2.1)	Ligação do revestimento de impermeabilização / compatibilidade química entre os materiais	
a.2.2)	Fissuração do suporte	
b)	Perfuração do revestimento de impermeabilização	
b.1)	Cargas pontuais	
b.2)	Agentes biológicos	
c)	Empolamentos ou bolsas de ar	
d)	Degradação / Envelhecimento do revestimento de imp.	
e)	Não apresenta anomalias visíveis	X

6.3 - Anomalias em pontos singulares da cobertura:

a)	Platibandas ou paredes	
b)	Rufos	
c)	Juntas de dilatação	
d)	Pontos de drenagem e evacuação de águas pluviais	
e)	Tubagem emergente	
f)	Soleiras de portas	
g)	Chaminés emergentes/claraboias	
h)	Bases de apoio de equipamentos diversos	
i)	Não apresenta anomalias visíveis	X

6.4 - Outras Anomalias Associadas

7 - Notas e Observações

Não foram registadas quaisquer anomalias visíveis aquando da inspeção.

8 - Registo Fotográfico

a) Aspeto geral da cobertura



U.PORTO FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO	**Ficha de Inspeção de Edifícios - Impermeabilização de Coberturas Planas**	Nº 5	Ref.ª: Res.
		Data da Inspeção: 31/04/2014	

1 - Identificação do Edifício

1.1 - Nome Restaurante Mauritânia Grill

1.2 - Morada

1.3 - Localidade Leça da Palmeira

1.4 - Contactos efetuados:

Proprietário [ ] Condómino [ ] Empreiteiro [X] Outro [Empregado do local]

Nome André Vieira - Moreira

2 - Circunstâncias da Inspeção

2.1 - Hora (h:min) 11:45 **2.2 - Temperatura Ambiente** 19 ºC **2.3 - Humidade Relativa** 95 %

2.4 - Condições Atmosféricas

Sol [ ] Nublado [X] Chuva [ ] Notas

3 - Características do Edifício

3.1 - Data da Construção / Idade do Edifício Desconhecida / Anos

3.2 - Tipo de Utilização:

Habitacional [ ] Comercial [ ] Serviços [X] Outro [ ]

3.3 - Nº de Pisos Elevados 2

3.4 - Envolvente:

Urbana [ ] Rural [ ] Industrial [ ] Marítima [X]

3.5 - Proximidade do Mar:

< 1 Km [X] 1 a 5 Km [ ] > 5 Km [ ]

3.6 - Zona Climática:

Clima Moderado [ ] Clima Severo [X] (Segundo o ETAG 005)

3.6 - Manutenção:

Sim [X] Não [ ] Data da Intervenção 2011

Tipologia implementada Corretiva

4 - Características Gerais da Cobertura

3.1 - Área da Cobertura 400 m^2

3.4 - Revestimento de proteção Deck de madeira (nas zonas de transito recorrente)

3.4 - Suporte Laje maciça betão armado

3.5 - Isolamento Térmico

Sim [ ] Não [X] Posicionamento

3.7 - Tipo de Utilização Acessível

3.8 - Carga de Serviço Categoria P3 (Segundo o ETAG 005)

Baixa [ ] Moderada [ ] Normal [X] Alta [ ]

3.9 - Pendente 4,5 % Categoria S1 (Segundo o ETAG 005)

5 - Impermeabilização

5.1 - Membrana Líquida de Impermeabilização Poliuretano

5.2 - Sistema de Impermeabilização Sistema Armado

Primário + 1º demão da membrana (cor cinza) + tela de fibra de vidro + 2ªdemão da membrana (cor cinza)

5.3 - Data da aplicação da Membrana Líquida 2011

5.4 - Qual o motivo da escolha deste produto

Motivo estético. Como o sistema de impermeabilização iria ficar expostos em algumas zonas da cobertura e outras zonas revestido apenas com deck de madeira, optou-se por esta solução.

5.6 - Foram seguidas todas as regras de aplicação / conservação do material / tempos de utilização dos materiais

Sim [X] Não [ ] Notas

5.7 - Vida Útil Expectável:

25 Anos Categoria W3 (Segundo o ETAG 005)

5.7 - O produto continua a ser eficaz

Sim [X] Não [ ] Notas

6 - Anomalias

6.1 - Existência de infiltrações

Sim		Não	X	Data		Severidade	

6.2 - Anomalias em superfície corrente da cobertura:

a)	Fissuração do revestimento de impermeabilização	
a.1)	Ação da camada de proteção	
a.1.1)	Inexistência da camada de dessolidarização	
a.1.2)	Deslocamento da camada de proteção pesada solta	
a.1.3)	Desprendimento do granulado mineral	
a.1.4)	Fissuração da camada de proteção pesada rígida	
a.2)	Ação do suporte do revestimento de impermeabilização	
a.2.1)	Ligação do revestimento de impermeabilização / compatibilidade química entre os materiais	
a.2.2)	Fissuração do suporte	
b)	Perfuração do revestimento de impermeabilização	
b.1)	Cargas pontuais	
b.2)	Agentes biológicos	
c)	Empolamentos ou bolsas de ar	
d)	Degradação / Envelhecimento do revestimento de imp.	
e)	Não apresenta anomalias visíveis	X

6.3 - Anomalias em pontos singulares da cobertura:

a)	Platibandas ou paredes	
b)	Rufos	
c)	Juntas de dilatação	
d)	Pontos de drenagem e evacuação de águas pluviais	
e)	Tubagem emergente	
f)	Soleiras de portas	
g)	Chaminés emergentes/claraboias	
h)	Bases de apoio de equipamentos diversos	
i)	Não apresenta anomalias visíveis	X

6.4 - Outras anomalias associadas

7 - Notas e Observações

Até à data de inspeção não se registou nenhuma anomalia no sistema de impermeabilização. Como está representado nas fotos seguintes, registou-se apenas alguma acumulação de água nos canteiros da cobertura e falta de limpeza nas zonas de evacuação de água.

8 - Registo Fotográfico

a) Acumulação de água nos canteiros





b) Acumulação de resíduos nas zonas de evacuação de água





U.PORTO FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO	**Ficha de Inspeção de Edifícios - Impermeabilização de Coberturas Planas**	Nº 6	Ref.ª: M.U. C
		Data da Inspeção: 14/05/2014	

1 - Identificação do Edifício

1.1 - Nome Moradia Unifamiliar C

1.2 - Morada

1.3 - Localidade Pedrouços - Maia

1.4 - Contactos efetuados:

Proprietário [ ] Condómino [ ] Empreiteiro [X] Outro [ ]

Nome Eng.º Nuno Amaral

2 - Circunstâncias da Inspeção

2.1 - Hora (h:min) 16:00 **2.2 - Temperatura Ambiente** 21 ºC **2.3 - Humidade Relativa** 62 %

2.4 - Condições Atmosféricas

Sol [X] Nublado [ ] Chuva [ ] Notas [ ]

3 - Características do Edifício

3.1 - Data da Construção / Idade do Edifício 10/04/14 / - Anos

3.2 - Tipo de Utilização:

Habitacional [X] Comercial [ ] Serviços [ ] Outro [ ]

3.3 - Nº de Pisos Elevados 2

3.4 - Envolvente:

Urbana [X] Rural [ ] Industrial [ ] Marítima [ ]

3.5 - Proximidade do Mar:

< 1 Km [ ] 1 a 5 Km [ ] > 5 Km [X]

3.6 - Zona Climática:

Clima Moderado [ ] Clima Severo [X] (Segundo o ETAG 005)

3.6 - Manutenção:

Sim [ ] Não [ ] Data da Intervenção [ ]

Tipologia implementada

4 - Características Gerais da Cobertura

3.1 - Área da Cobertura 150 m^2

3.4 - Revestimento de proteção Nenhum

3.4 - Suporte Laje de Betão armado + XPS + Betonilha

3.5 - Isolamento Térmico

Sim [X] Não [ ] Posicionamento Em baixo do sistema de impermeabilização

3.7 - Tipo de Utilização Acessível apenas para manutenção

3.8 - Carga de Serviço Categoria P2 (Segundo o ETAG 005)

Baixa [ ] Moderada [X] Normal [ ] Alta [ ]

3.9 - Pendente 3 a 4 % Categoria S1 (Segundo o ETAG 005)

5 - Impermeabilização

5.1 - Membrana Líquida de Impermeabilização Produtos cimentícios de dois componentes à base de resinas de acrilatos

5.2 - Sistema de Impermeabilização Sistema Armado

Rede fibra de vidro + 1ª demão da membrana (cor escura) + 2ª demão da membrana (cor escura)

5.3 - Data da aplicação da Membrana Líquida 10/04/14

5.4 - Qual o motivo da escolha deste produto

Escolha pela Arquiteta responsável pelo projeto por ter conhecimentos suficientes sobre o produto no que concerne à sua qualidade.

5.6 - Foram seguidas todas as regras de aplicação / conservação do material / tempos de utilização dos materiais

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

5.7 - Vida Útil Expectável:

5 Anos Categoria W1 (Segundo o ETAG 005)

5.7 - O produto continua a ser eficaz

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

6 - Anomalias

6.1 - Existência de infiltrações

Sim		Não	X	Data		Severidade	

6.2 - Anomalias em superfície corrente da cobertura:

a) Fissuração do revestimento de impermeabilização		
a.1) Ação da camada de proteção	X	Ausência de rev. de proteção
a.1.1) Inexistência da camada de dessolidarização		
a.1.2) Deslocamento da camada de proteção pesada solta		
a.1.3) Desprendimento do granulado mineral		
a.1.4) Fissuração da camada de proteção pesada rígida		
a.2) Ação do suporte do revestimento de impermeabilização	X	
a.2.1) Ligação do revestimento de impermeabilização / compatibilidade química entre os materiais		
a.2.2) Fissuração do suporte	X	
b) Perfuração do revestimento de impermeabilização		
b.1) Cargas pontuais		
b.2) Agentes biológicos		
c) Empolamentos ou bolsas de ar		
d) Degradação / Envelhecimento do revestimento de imp.		
e) Não apresenta anomalias visíveis		

6.3 - Anomalias em pontos singulares da cobertura:

a) Platibandas ou paredes		
b) Rufos		
c) Juntas de dilatação		
d) Pontos de drenagem e evacuação de águas pluviais		
e) Tubagem emergente		
f) Soleiras de portas		
g) Chaminés emergentes/claraboias		
h) Bases de apoio de equipamentos diversos		
i) Não apresenta anomalias visíveis	X	

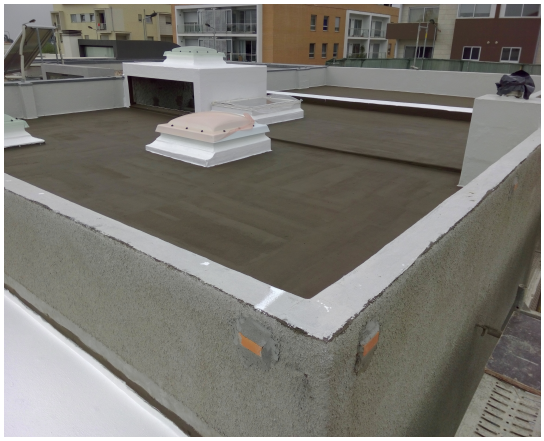
6.4 - Outras Anomalias Associadas

7 - Notas e Observações

O aparecimento de fissuras na membrana ocorreu a cerca de 5 dias depois da colocação. Este sistema de impermeabilização foi colocado sobre a betonilha, como tem cor escura a temperatura superficial da cobertura aumentou levando ao aparecimento de fissuras na betonilha e sendo o sistema de impermeabilização aderente a sua elasticidade não foi suficiente e fissurou. Esta anomalia já foi corrigida. Colocou-se armadura de reforço nas fissuras e revestiu-se a totalidade da cobertura com uma membrana de poliuretano cor clara com maior refletancia da radiação solar e maior resistência aos raios UV. Posteriormente decidiu-se colocar uma camada de terra com objetivo de se semear pequenas plantas.

8 - Registo Fotográfico

a) Aspecto geral da cobertura (antes da ocorrência de fissuras)



b) Fissuração do sistema de impermeabilização e da betonilha







c) Aspeto geral da cobertura depois da reparação das anomalias anteriores e da colocação de novo revestimento



c) Aspeto geral da cobertura à data da inspeção



U.PORTO FEUP Faculdade de Engenharia Universidade do Porto	**Ficha de Inspeção de Edifícios - Impermeabilização de Coberturas Planas**	Nº 7	Ref.ª: Ed. A
		Data da Inspeção: 04/06/2014	

1 - Identificação do Edifício

1.1 - Nome Edifício A

1.2 - Morada

1.3 - Localidade Maia

1.4 - Contactos efetuados:

Proprietário [ ] Condómino [ ] Empreiteiro [X] Outro [Chefe de limpezas]

Nome [Eng.º Nuno Amaral - Maria das Dores Teixeira]

2 - Circunstâncias da Inspeção

2.1 - Hora (h:min) [15:00] **2.2 - Temperatura Ambiente** [25] ºC **2.3 - Humidade Relativa** [51] %

2.4 - Condições Atmosféricas

Sol [X] Nublado [ ] Chuva [ ] Notas [ ]

3 - Características do Edifício

3.1 - Data da Construção / Idade do Edifício [2004] / [10 Anos]

3.2 - Tipo de Utilização:

Habitacional [X] Comercial [X] Serviços [ ] Outro [ ]

3.3 - Nº de Pisos Elevados [7]

3.4 - Envolvente:

Urbana [X] Rural [ ] Industrial [ ] Marítima [ ]

3.5 - Proximidade do Mar:

< 1 Km [ ] 1 a 5 Km [ ] > 5 Km [X]

3.6 - Zona Climática:

Clima Moderado [ ] Clima Severo [X] (Segundo o ETAG 005)

3.6 - Manutenção:

Sim [X] Não [ ] Data da Intervenção [2012 e 2013]

Tipologia implementada [Corretiva]

4 - Características Gerais da Cobertura

3.1 - Área da Cobertura [800] m^2

3.4 - Revestimento de proteção [Membrana líquida de poliuretano]

3.4 - Suporte [Laje aligeirada + XPS + Betonilha]

3.5 - Isolamento Térmico

Sim [X] Não [ ] Posicionamento [Em baixo do sistema de impermeabilização]

3.7 - Tipo de Utilização [Acessível]

3.8 - Carga de Serviço Categoria [P3] (Segundo o ETAG 005)

Baixa [ ] Moderada [X] Normal [ ] Alta [ ]

3.9 - Pendente [10] % Categoria [S2] (Segundo o ETAG 005)

5 - Impermeabilização

5.1 - Membrana Líquida de Impermeabilização [Produto cimentícios de dois componentes à base de resinas de acrilatos]

5.2 - Sistema de Impermeabilização [Sistema armado]

[1ªdemão da membrana + tela de fibra de vidro + 2ªdemão da membrana +1ª Camada de poliuretano + 2ª camada de poliuretano (maior qualidade que a anterior)]

5.3 - Data da aplicação da Membrana Líquida [2012]

5.4 - Qual o motivo da escolha deste produto

[Escolha do projetista]

5.6 - Foram seguidas todas as regras de aplicação / conservação do material / tempos de utilização dos materiais

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

5.7 - Vida Útil Expectável:

[10] Anos Categoria [W2] (Segundo o ETAG 005)

5.7 - O produto continua a ser eficaz

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

6 - Anomalias

6.1 - Existencia de infiltrações

Sim [X] Não [ ] Data [2013] Severidade [ ]

6.2 - Anomalias em superfície corrente da cobertura:

a)	Fissuração do revestimento de impermeabilização	
a.1)	Ação da camada de proteção	
a.1.1)	Inexistência da camada de dessolidarização	
a.1.2)	Deslocamento da camada de proteção pesada solta	
a.1.3)	Desprendimento do granulado mineral	
a.1.4)	Fissuração da camada de proteção pesada rígida	
a.2)	Ação do suporte do revestimento de impermeabilização	
a.2.1)	Ligação do revestimento de impermeabilização / compatibilidade química entre os materiais	
a.2.2)	Fissuração do suporte	
b)	Perfuração do revestimento de impermeabilização	
b.1)	Cargas pontuais	
b.2)	Agentes biológicos	
c)	Empolamentos ou bolsas de ar	
d)	Degradação / Envelhecimento do revestimento de imp.	
e)	Não apresenta anomalias visíveis	X

6.3 - Anomalias em pontos singulares da cobertura:

a)	Platibandas ou paredes	
b)	Rufos	
c)	Juntas de dilatação	
d)	Pontos de drenagem e evacuação de águas pluviais	
e)	Tubagem emergente	
f)	Soleiras de portas	
g)	Chaminés emergentes/claraboias	
h)	Bases de apoio de equipamentos diversos	
i)	Não apresenta anomalias visíveis	X

6.4 - Outras Anomalias Associadas

7 - Notas e Observações

Foram substituídas as telas de impermeabilização pelas membranas líquidas de impermeabilização. Foram retiradas as telas e foi tratado o suporte para efetuar a aplicação das respetivas membranas. Até à data não foram registadas quaisquer anomalias do sistema de impermeabilização.

8 - Registo Fotográfico

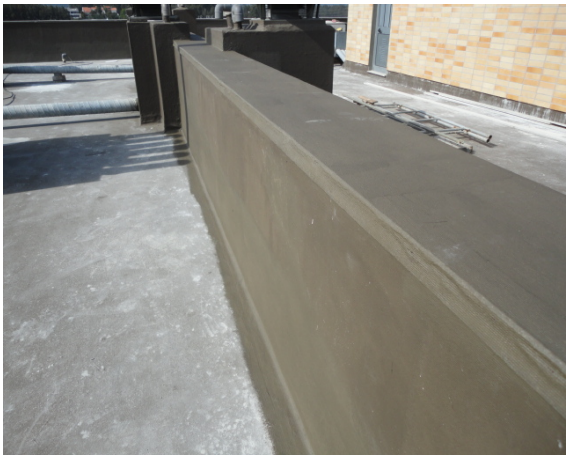
a) Aspecto geral da cobertura antes da reabilitação do sistema de impermeabilização





b) Aspecto geral da cobertura durante a aplicação do sistema de impermeabilização





c) Aspecto geral da cobertura à data da inspeção



d)Anomalias







U.PORTO FEUP Faculdade de Engenharia Universidade do Porto	**Ficha de Inspeção de Edifícios - Impermeabilização de Coberturas Planas**	Nº 8	Ref.ª: Ed. B
		Data da Inspeção: 06/06/2014	

1 - Identificação do Edifício

1.1 - Nome Edifício B

1.2 - Morada

1.3 - Localidade Vila Nova de Gaia

1.4 - Contactos efetuados:

Proprietário [ ] Condómino [ ] Empreiteiro [X] Outro [ ]

Nome Eng.º Nuno Amaral

2 - Circunstâncias da Inspeção

2.1 - Hora (h:min) 15:00 **2.2 - Temperatura Ambiente** 27 ºC **2.3 - Humidade Relativa** 54 %

2.4 - Condições Atmosféricas

Sol [X] Nublado [ ] Chuva [ ] Notas [ ]

3 - Características do Edifício

3.1 - Data da Construção / Idade do Edifício 1988 / 26 Anos

3.2 - Tipo de Utilização:

Habitacional [X] Comercial [ ] Serviços [ ] Outro [ ]

3.3 - Nº de Pisos Elevados 9

3.4 - Envolvente:

Urbana [X] Rural [ ] Industrial [ ] Marítima [ ]

3.5 - Proximidade do Mar:

< 1 Km [ ] 1 a 5 Km [X] > 5 Km [ ]

3.6 - Zona Climática:

Clima Moderado [ ] Clima Severo [X] (Segundo o ETAG 005)

3.6 - Manutenção:

Sim [ ] Não [ ] Data da Intervenção [ ]

Tipologia implementada [ ]

4 - Características Gerais da Cobertura

3.1 - Área da Cobertura 2000 m^2

3.4 - Revestimento de proteção Membrana de Poliuretano

3.4 - Suporte Laje aligeirada + XPS + Betonilha

3.5 - Isolamento Térmico

Sim [X] Não [ ] Posicionamento Em baixo do sistema de impermeabilização

3.7 - Tipo de Utilização Acessível

3.8 - Carga de Serviço Categoria P3 (Segundo o ETAG 005)

Baixa [ ] Moderada [ ] Normal [X] Alta [ ]

3.9 - Pendente 2 % Categoria S1 (Segundo o ETAG 005)

5 - Impermeabilização

5.1 - Membrana Líquida de Impermeabilização Produto cimentícios de dois componentes à base de resinas de acrilatos

5.2 - Sistema de Impermeabilização Sistema Armado

tela de fibra de vidro + 1ª demão da membrana + 2ª demão da membrana + 1 camada revestimento com membrana de poliuretano + 1 camada revestimento com membrana de poliuretano (com maior qualidade que a anterior)

5.3 - Data da aplicação da Membrana Líquida 2002 e 2010 (reforço)

5.4 - Qual o motivo da escolha deste produto

Trocar a solução pré-existente de telas asfálticas (difícil localização das anomalias que levavam à ocorrência de muitas infiltrações)

5.6 - Foram seguidas todas as regras de aplicação / conservação do material / tempos de utilização dos materiais

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

5.7 - Vida Útil Expectável:

10 Anos Categoria W2 (Segundo o ETAG 005)

5.7 - O produto continua a ser eficaz

Sim [X] Não [ ] Notas [ ]

6 - Anomalias

6.1 - Existência de infiltrações

Sim	Não	Data	Severidade
X			

6.2 - Anomalias em superfície corrente da cobertura:

a)	Fissuração do revestimento de impermeabilização	X
a.1)	Ação da camada de proteção	
a.1.1)	Inexistência da camada de dessolidarização	
a.1.2)	Deslocamento da camada de proteção pesada solta	
a.1.3)	Desprendimento do granulado mineral	
a.1.4)	Fissuração da camada de proteção pesada rígida	
a.2)	Ação do suporte do revestimento de impermeabilização	X
a.2.1)	Ligação do revestimento de impermeabilização / compatibilidade química entre os materiais	
a.2.2)	Fissuração do suporte	X
b)	Perfuração do revestimento de impermeabilização	
b.1)	Cargas pontuais	
b.2)	Agentes biológicos	
c)	Empolamentos ou bolsas de ar	
d)	Degradação / Envelhecimento do revestimento de imp.	X
e)	Não apresenta anomalias visíveis	

6.3 - Anomalias em pontos singulares da cobertura:

a)	Platibandas ou paredes		
b)	Rufos		
c)	Juntas de dilatação		
d)	Pontos de drenagem e evacuação de águas pluviais		
e)	Tubagem emergente		
f)	Soleiras de portas		
g)	Chaminés emergentes/claraboias		
h)	Bases de apoio de equipamentos diversos	X	Aparecimento de ferrugem
i)	Não apresenta anomalias visíveis		

6.4 - Outras Anomalias Associadas

7 - Notas e Observações

Passam duas minas de água por baixo do edifício. Ocorrência de grandes fissuras estruturais ao longo do tempo (possível erro de projeto de fundações. Foram substituídas as telas pré-existentes pelo sistema líquido de impermeabilização.

8 - Registo Fotográfico

a) Anomalias detetadas antes da reabilitação do sistema de impermeabilização





b) Aspeto geral da cobertura durante a reabilização do sistema de impermeabilização





b) Aspeto geral da cobertura à data da inspeção



c) Anomalias detetadas



