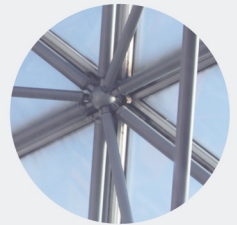




Aplicação do Método Fatorial a um Caso de Estudo e Elaboração de um Plano de Inspeção e Manutenção

MARIA DE LURDES MARTINS PEREIRA

novembro de 2022



Aplicação do Método Fatorial a um Caso de Estudo e Elaboração de um Plano de Inspeção e Manutenção

MARIA DE LURDES MARTINS PEREIRA

Outubro de 2022

APLICAÇÃO DO MÉTODO FATORIAL A UM CASO DE ESTUDO E ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

MARIA DE LURDES MARTINS PEREIRA

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Eng. José Manuel Martins Soares de Sousa

Supervisor Eng. Nuno Miguel Tavares de Oliveira (TFP, Vinhos, S A)

OUTUBRO DE 2022

Eu, Maria de Lurdes Martins Pereira, estudante nº 1161596, do Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, declaro que não fiz plágio nem auto-plágio, pelo que o trabalho intitulado “Aplicação do Método Fatorial a um Caso de Estudo e Elaboração de um Plano de Inspeção e Manutenção” é original e da minha autoria, não tendo sido usado previamente para qualquer outro fim. Mais declaro que todas as fontes usadas estão citadas, no texto e na bibliografia final, segundo as regras de referência adotadas na instituição.

Porto e ISEP, 28/10/2022

Maria de Lurdes Martins Pereira

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice de Texto	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Estado da arte	5
CAPÍTULO 3 Sistema de coberturas inclinadas	31
CAPÍTULO 4 Caso de estudo.....	55
CAPÍTULO 5 Considerações Finais.....	125
Referências Bibliográficas	129

RESUMO

Num contexto em que construções antigas são alvo de intervenções profundas como reabilitações, há interesse em otimizar as soluções aplicadas para que sejam duráveis e economicamente rentáveis. Todos os elementos construtivos apresentam uma vida útil, que corresponde ao período de tempo em que estes servem as funções para que são projetados (fase de serviço) e onde devem ser aplicadas operações aos elementos que cumpram o objetivo de prolongar essa mesma vida útil. Há, portanto, a necessidade de implementar estratégias de intervenção que otimizem a vida útil de um edifício, após uma ação de reabilitação. Revela-se interessante pelo panorama de construção em Portugal, que apresenta muitas construções antigas e degradadas que aliando a reabilitação a operações de manutenção, se obteria um cenário próspero e economicamente sustentável. Neste sentido, a manutenção ganha uma dimensão importante na fase de exploração de um edifício. Se estiverem sistematizadas, num plano, todas as operações a realizar e as suas periodicidades, consegue-se a otimização desejada com custos controlados, que é a grande vantagem do processo, pois permite obter a melhor solução de custos associados à utilização dos edifícios.

O presente relatório de estágio teve como objetivo o estudo da vida útil dos elementos fonte manutenção de um edifício reabilitado, recorrendo ao Método Fatorial e foi proposto um Plano de Inspeção e Manutenção (PIME) a ser implementado pela empresa que acolheu o estágio curricular de que trata este relatório, onde foram reunidas todas as operações consideradas relevantes para o bom desempenho dos elementos construtivos e respetivas periodicidades, recorrendo a pesquisa do estado da arte para a sua elaboração.

Foi possível avaliar a durabilidade dos elementos construtivos, com base numa série de fatores, adaptados ao caso de estudo, que condicionam as suas vidas úteis, chegando aos valores das vidas úteis estimadas desses elementos. O Plano de Inspeção e Manutenção foi elaborado na medida de servir como base de apoio para ser adaptado às necessidades do edifício. Por fim, foi apresentado um estudo comparativo de custos associados às ações de manutenção, onde se verificou uma clara vantagem no controlo e avaliação dos custos, para se proceder à escolha da melhor solução.

Palavras-chave: Durabilidade, Vida útil, Manutenção, Custos de Manutenção.

ABSTRACT

In a context where old buildings are the target of profound interventions such as rehabilitations, there is an interest in optimizing the solutions that are applied so that they are durable and cost-effective. All building elements have a service life, which corresponds to the period of time when they serve the functions for which they are designed (service phase) and where operations must be applied to the elements that achieve the goal of prolonging this same service life. There is, therefore, the need to implement intervention strategies that optimize the service life of a building, after a rehabilitation action. It is interesting to consider the construction panorama in Portugal, which presents many old and deteriorated buildings, that by combining rehabilitation with maintenance operations, a prosperous and economically sustainable scenario would be obtained. In this sense, maintenance takes on an important dimension in the operational phase of a building. If all the operations to be performed and their periodicities are systematized in a plan, the desired optimization with controlled costs is achieved, which is the great advantage of the process, since it allows obtaining the best solution for costs associated with the use of buildings.

The present report aimed to study the life cycle of the elements that will be source of maintenance actions of a rehabilitated building, using the Factorial Method. A Plan of Inspection and Maintenance was proposed to be implemented by the company that hosted the curricular internship that this report concerns, where all the operations considered relevant for the good performance of the constructive elements and their respective periodicities were gathered, using the state of the art research for its elaboration.

It was possible to evaluate the durability of the construction elements, based on a series of factors, adapted to the case of study, that condition their service lives, reaching the values of the estimated service lives of these elements. An Inspection and Maintenance Plan was elaborated to serve as a support basis to be adapted to the needs of the building. Finally, a comparative study of costs associated to maintenance actions was presented, where it was verified a clear advantage in the control and evaluation of costs, to proceed to the choice of the best solution.

Keywords: Durability, Service Life, Maintenance, Maintenance Costs.

ÍNDICE DE TEXTO

1.1	Enquadramento	1
1.2	Motivação e objetivos.....	2
1.3	Metodologia.....	3
1.4	Estrutura e organização	3
2.1	Introdução.....	5
2.2	Durabilidade.....	5
2.3	Vida útil	6
2.3.1	Vida útil física.....	7
2.3.2	Vida útil funcional.....	7
2.3.3	Vida útil económica	8
2.3.4	Fim da vida útil	8
2.4	Métodos de determinação da vida útil.....	9
2.4.1	Métodos determinísticos.....	10
2.4.2	Método fatorial	10
2.5	Custo do ciclo de vida	15
2.6	Manutenção de edifícios	19
2.6.1	Estratégias de manutenção	19
2.6.2	Operações de manutenção	25
2.6.3	Plano de inspeção e manutenção.....	27
2.6.4	Parâmetros com influência na eficácia de estratégias de manutenção.....	29
2.6.5	Custos de manutenção	29
3.1	Tecnologia construtiva.....	31

3.1.1	Tipologia das coberturas inclinadas.....	31
3.1.2	Elementos constituintes das coberturas inclinadas	32
3.1.3	Revestimento.....	35
3.1.4	Estrutura de suporte.....	37
3.1.5	Camada de isolamento	38
3.1.6	Sistema de ventilação	41
3.1.7	Camada de forro	45
3.1.8	Subtelha	46
3.1.9	Camada de ripado e fixações.....	46
3.1.10	Sistema de drenagem	47
3.1.11	Pontos singulares.....	48
3.2	Exigências funcionais	50
3.3	Fatores de alteração e degradação de coberturas	51
4.1	Empresa	55
4.2	Descrição do edifício	56
4.2.1	Trabalhos realizados nas coberturas/ Últimas intervenções nas coberturas.....	58
4.2.2	Os elementos de construção incorporados num espaço vinícola	60
4.3	Metodologia.....	61
4.4	Elementos fonte de manutenção – Coberturas armazém D	61
4.5	Aplicação do método fatorial.....	68
4.5.1	Fatores modificadores	69
4.6	Cálculo da vida útil dos elementos do sistema de cobertura	89
4.6.1	Cálculo da VUE do revestimento de telha cerâmica.....	90
4.6.2	Cálculo da vida útil estimada da subtelha	91
4.6.3	Cálculo da vida útil estimada da estrutura de suporte.....	93
4.6.4	Cálculo da vida útil estimada do sistema de drenagem de águas pluviais.....	95
4.6.5	Cálculo da vida útil estimada das claraboias	97

4.6.6	Cálculo da vida útil estimada dos elementos de fixação metálicos	98
4.6.7	Cálculo da vida útil estimada do isolamento térmico	100
4.6.8	Cálculo da vida útil estimada do sistema de remates	101
4.6.9	Quadro Resumo das VUE dos EFM.....	102
4.6.10	Análise dos resultados	102
4.7	Plano de inspeção e manutenção.....	103
4.7.1	Manutenção preditiva – avaliação das anomalias	104
4.7.2	Plano de inspeção e manutenção.....	108
4.8	Custos de manutenção	118
5.1	Conclusões	125
5.2	Desenvolvimentos Futuros	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Dados necessários para o cálculo do LCC. Fonte: Schade (2007).....	17
Figura 2.2 – Esquema ilustrativo das estratégias de manutenção. Fonte:(Morgado, 2012)	20
Figura 2.3 – Quadro resumo das estratégias de manutenção. Fonte: Baptista (2017)	25
Figura 3.1 - Esquemas representativos dos tipos de vertentes de coberturas inclinadas. Fonte: Cerâmica Torreense	32
Figura 3.2 – Esquema da estrutura de suporte em madeira. Fonte: Dias et al. (2018)	34
Figura 3.3 – Esquema elementos constituintes de cobertura. Fonte: Dias et al. (2018)	34
Figura 3.4 – Esquema da estrutura de suporte de uma cobertura. Fonte: Cerâmica Torreense.	35
Figura 3.6 - Estrutura de madeira. Fonte: https://www.guiadaengenharia.com/dimensionamento-madeira-esforcos/ (9 de setembro de 2022)	38
Figura 3.5 - Estrutura resistente em madeira. Fonte: (Morgado, 2012)	38
Figura 3.7 – Esquema de isolamento térmico contínuo, segundo a vertente. Fonte: Dias et al. (2018)...	40
Figura 3.8 – Esquema de isolamento térmico descontínuo, segundo a vertente. Fonte: Dias et al. (2018)	41
Figura 3.9 - Esquema de ventilação com telhas de ventilação. Fonte: Morgado (2012)	42
Figura 3.10 - Ação gelo-degelo. Fonte: Cerâmica Torreense	42
Figura 3.11 - Esquema da circulação do ar a partir de telhas de ventilação. Fonte: Cerâmica Torreense	43
Figura 3.12 – Circulação de ar e respetiva posição das ripas. Fonte: Cerâmica Torreense	44
Figura 3.13 – Esquema ilustrativo da disposição de elementos de modo a existir circulação de ar. Fonte: https://www.ceramicatorreense.pt/pt/suporte-tecnico/aplicacao-telha-lusa/ventilacao-das-coberturas/ (12 de setembro).....	44
Figura 3.14 – Esquema exemplificativo da aplicação de forro rígido (representado na zona superior da figura) e flexível (representado na zona inferior da figura) e respetiva legenda. Fonte: (Paulo & Brito)	45

Figura 3.15 - Aplicação de subtelha. Fonte: https://pt.onduline.com/pt-pt/particulares/produtos/825/subtelha-st150 (21 de julho de 2022).....	46
Figura 3.16 – Esquema da colocação do ripado. Fonte: Cerâmica Torreense	47
Figura 3.17 – Exemplo de sistema de drenagem de águas pluviais. Fonte: https://www.aecweb.com.br/revista/materias/por-que-sistemas-de-drenagem-de-aguas-pluviais-exigem-projeto-cuidadoso/17923 (15 de setembro de 2022).....	48
Figura 3.18 – Esquema onde são representadas as singularidades das coberturas, conforme legendado. Fonte: (Dias et al., 2018)	49
Figura 3.19 – Curva de deterioração de uma cobertura. Fonte Morgado (2012).....	52
Figura 4.1 - Vista aérea do edifício objeto de estudo.....	56
Figura 4.2 – Planta de arquitetura do armazém D.	57
Figura 4.3 - Foto da vista superior das coberturas do armazém D.....	57
Figura 4.4 – Esquema ilustrativo da colocação da telha cerâmica. Fonte: Retirado dos procedimentos para os trabalhos a realizar nas coberturas, fornecido pela empresa TFP.	59
Figura 4.6 - Pormenor construtivo das ligações da estrutura de suporte. Fonte: Fornecido pela empresa TFP.....	63
Figura 4.5 – Pormenor construtivo da estrutura de suporte. Fonte: Fornecido pela empresa TFP.	63
Figura 4.7 - Pormenor construtivo do apoio da asna na parede de alvenaria. Fonte: Fornecido pela empresa TFP.....	64
Figura 4.8 – Pormenor construtivo do cume. Fonte: Fornecido pela empresa TFP.....	64
Figura 4.9 – Pormenor construtivo caleira. Fonte: Fornecido pela empresa TFP.....	65
Figura 4.10 – Cobertura Armazém D.....	65
Figura 4.11 – Armazém D	65
Figura 4.12 – Asna de madeira	66
Figura 4.13 - Revestimento em telha cerâmica – cobertura Armazém D	66
Figura 4.15 - Elementos da cobertura, vista pelo interior.....	66
Figura 4.14 – Elementos da cobertura, vista pelo interior	66
Figura 4.16 – Asna de madeira	67
Figura 4.17 – Asna de madeira	67

Figura 4.18 – Clarabóia.....	67
Figura 4.19 – Elementos da cobertura, vista pelo interior.....	67
Figura 4.21 – Tubo de queda.....	68
Figura 4.20 – Caleira e tubo de queda	68
Figura 4.22 – Exemplo da marcação CE aplicada à madeira lamelada colada.....	70
Figura 4.23 – Registo fotográfico de duas medições realizadas em ambiente exterior (esquerda) e ambiente interior (direita).	81
Figura 4.24 - Zonamento do território proposta pelo R.S.A, desenvolvida por Sousa et al. (1998).	85
Figura 4.25 - zonamento climático do território de Portugal desenvolvido por Sousa et al. (1998).	86
Figura 4.26 - Número médio anual de dias com geada. (Sousa et al., 1998)	87

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Valores de desvio relativamente à condição de referência	13
Tabela 2.2 – Aplicação de estratégias de manutenção preventiva. Fonte: Flores & de Brito (2002)	23
Tabela 2.3 - Aplicação de estratégias de manutenção preditiva. Fonte: Flores & de Brito (2002).....	24
Tabela 2.4 - Estrutura de EFM de coberturas inclinadas, adaptado de Morgado (2012).	28
Tabela 3.1 - Quadro resumo das partes constituintes do sistema de cobertura e respetiva descrição....	32
Tabela 3.2 – Exigências funcionais de coberturas inclinadas. Fonte: (Brito & Rato, 2003)	50
Tabela 4.1 - Elementos Fonte de Manutenção do caso de estudo e respetiva vida útil de referência.	62
Tabela 4.2 – Fator A1 – Fornecimento o produto à obra. Fonte: Matos (2007).	69
Tabela 4.3 – Fator A2 – Qualidade da telha cerâmica.....	70
Tabela 4.4 – Fator A3 – Qualidade da subtelha.	71
Tabela 4.5 – Fator A4 - Qualidade da asna e madres.....	71
Tabela 4.6 - Fator A5 - Qualidade das ripas.	72
Tabela 4.7 - Fator A6 - Qualidade do varedo.	72
Tabela 4.8 - Fator A7 - Tratamento da madeira de abeto.....	72
Tabela 4.9 - Fator A8 - Tratamento da madeira de pinho.....	73
Tabela 4.10 – Fator A9 - Qualidade do material de caleira.....	73
Tabela 4.11 - Fator A10 - Qualidade do material dos tubos de queda.	73
Tabela 4.12 - Fator A11 - Qualidade do material dos ralos de pinha.....	74
Tabela 4.13 - Fator A12 - Qualidade da caixilharia das claraboias.....	74
Tabela 4.14 - Fator A13 - Qualidade dos parafusos e materiais de fixação.	75
Tabela 4.15 - Fator A14 - Tratamento dos parafusos e materiais de fixação.	75
Tabela 4.16 - Fator A15 - Qualidade do sistema de isolamento térmico.....	76

Tabela 4.17 – Fator A16 - Qualidade do sistema de remates	76
Tabela 4.18 - Fator B - Qualidade do projeto. Fonte: Valente (2016).	77
Tabela 4.19 – Fator C – Qualidade de aplicação. Fonte: Valente (2016).	78
Tabela 4.20 - Fator C1 - Qualidade da mão de obra. Fonte: Valente (2016).	78
Tabela 4.21 - Fator C2 - Regularidade da fiscalização em obra. Fonte: Valente (2016).	78
Tabela 4.22 – Medições da humidade relativa e temperatura em ambientes interior e exterior.	80
Tabela 4.23 – Classificação dos locais em função da sua higrometria. Fonte: (Matos, 2007).	82
Tabela 4.24 – Fator D – Higroscopicidade do produto. Fonte: Matos (2007).	82
Tabela 4.25 – Fator E - Condições do ambiente exterior.	83
Tabela 4.26 - Fator E1 - Exposição solar.	83
Tabela 4.27 - Fator E2 - Exposição à precipitação. Fonte: Sousa et al. (1998).	84
Tabela 4.28 - Fator E3 - Exposição ao vento. Fonte: Sousa et al. (1998).	84
Tabela 4.29 - Fator E4 - Ação combinada vento/precipitação. Fonte: Sousa et al. (1998).	85
Tabela 4.30 - Fator E5 - Exposição à geada. Fonte: Sousa et al. (1998).	86
Tabela 4.31 - Fator E6 - Caracterização da exposição ao vento. Fonte: Sousa et al. (1998).	87
Tabela 4.32 - Fator E7 - Exposição à poluição. Fonte: Valente (2016).	88
Tabela 4.33 - Fator F - Características do ambiente exterior. Fonte: Valente (2016).	88
Tabela 4.34 - Fator G1 - Ações de manutenção. Fonte: Valente (2016).	89
Tabela 4.35 - Fator G2 - Acessibilidade de manutenção. Fonte: Valente (2016).	89
Tabela 4.36 - Fatores modificadores da vida útil do revestimento de telha cerâmica.	90
Tabela 4.37 - Vida útil estimada com manutenção do revestimento de telha cerâmica.	90
Tabela 4.38 - Vida útil estimada sem manutenção do revestimento de telha cerâmica.	91
Tabela 4.39 - Fatores modificadores da vida útil da subtelha.	91
Tabela 4.40 - Vida útil estimada com manutenção da subtelha.	92
Tabela 4.41 - Vida útil estimada sem manutenção da subtelha.	92
Tabela 4.42 - Fatores modificadores da vida útil da estrutura de suporte.	93
Tabela 4.43 - Vida útil estimada com manutenção da estrutura de suporte.	94

Tabela 4.44 - Vida útil estimada sem manutenção da estrutura de suporte.....	94
Tabela 4.45 - Fatores modificadores da vida útil do sistema de drenagem de águas pluviais.	95
Tabela 4.46 - Vida útil estimada com manutenção do sistema de drenagem.	96
Tabela 4.47 - Vida útil estimada sem manutenção do sistema de drenagem.	96
Tabela 4.48 - Fatores modificadores da vida útil das claraboias.....	97
Tabela 4.49 - Vida útil estimada com manutenção das claraboias.	97
Tabela 4.50 - Vida útil estimada sem manutenção das claraboias.	98
Tabela 4.51 - Fatores modificadores da vida útil dos elementos de fixação.	98
Tabela 4.52 - Vida útil estimada com manutenção dos elementos de fixação.....	99
Tabela 4.53 - Vida útil estimada sem manutenção dos elementos de fixação.	99
Tabela 4.54 - Fatores modificadores da vida útil do isolamento térmico.....	100
Tabela 4.55 - Vida útil estimada com manutenção do isolamento térmico.	100
Tabela 4.56 - Vida útil estimada sem manutenção do isolamento térmico.	101
Tabela 4.57 - Fatores modificadores da vida útil do sistema de remates.....	101
Tabela 4.58 - Vida útil estimada com manutenção do sistema de remates.	102
Tabela 4.59 - Vida útil estimada sem manutenção do sistema de remates.	102
Tabela 4.60 – Resumo das VUE obtidas, com e sem manutenção.....	102
Tabela 4.61 - Compilação de anomalias mais comuns em coberturas inclinadas. Fonte: Afonso (2013); Dias et al. (2018); Morgado (2012)	106
Tabela 4.62 – Plano de Inspeção e Manutenção. Adaptado de Afonso (2013; Camacho (2018); Morgado (2012); Valente (2016)	110
Tabela 4.63 - Plano de Manutenção desenvolvido e fornecido pela empresa TFP.	119
Tabela 4.64 – Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 1, propostos pela empresa 1.....	119
Tabela 4.65 - Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 1, propostos pela empresa 2.	119
Tabela 4.66 - Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 2, propostos pela empresa 1.	120

Tabela 4.67 - Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 2, propostos pela empresa 2.	120
Tabela 4.68 - Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 3, propostos pela empresa 1.	120
Tabela 4.69 - Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 3, propostos pela empresa 2.	120
Tabela 4.70 – Custo unitário de cada ação de manutenção, fornecido pela empresa TFP, apresentados pela empresa externa 1.....	121
Tabela 4.71 - Custo unitário de cada ação de manutenção, fornecido pela empresa TFP, apresentados pela empresa externa 2.....	122

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Os espaços de armazenamento do vinho remetem para anos em que construção portuguesa estava pouco desenvolvida, limitada ao conhecimento dos materiais nessa época e pela falta de tecnologia, o que fazia com que os edifícios tivessem de ser projetados de acordo com os recursos disponíveis.

A presente dissertação foi motivada pela falta de acompanhamento nos edifícios quando estes sofrem intervenções de reabilitação, que se revelam essenciais em edifícios antigos. Para maximizar as potencialidades destas intervenções, é recomendável que as mesmas sejam acompanhadas de ações de manutenção ao longo do período de vida útil do edifício, de modo que esta se prolongue.

Existe a particularidade do edifício em estudo servir de espaço para armazenamento de vinho do Porto, onde existem necessidades específicas de espaço interior que têm de ser atendidas, para não comprometer o processo e consequentemente a qualidade do vinho.

A nível construtivo, a engenharia desempenha o papel de criar um espaço apropriado às atividades que nele são desenvolvidas e, ao longo a vida útil do edifício, a capacidade de manter o espaço apto para o correto funcionamento dessas atividades. Posto isto, torna-se importante o estudo dos fatores que afetam a degradação de um edifício, pois é de grande interesse assegurar o bom desempenho e a durabilidade do mesmo, ao longo da sua vida útil, recorrendo a ações de inspeção e manutenção com vista aos menores custos possíveis. A elaboração de planos de inspeção e manutenção torna-se indispensável para o controlo dos custos que surgem da aplicação das operações de manutenção necessárias a cada elemento construtivo e para assegurar o cumprimento e eficácia das mesmas.

1.2 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

O presente trabalho foi realizado em ambiente empresarial, no âmbito de um estágio curricular na empresa TFP, Vinhos, S A com o objetivo de desenvolver um estudo de caso, focado em 5 coberturas reabilitadas, baseando-se numa metodologia para atender aos objetivos propostos, de interesse da empresa de acolhimento. Os objetivos resumem-se nos seguintes pontos:

- ✓ Enquadramento teórico da metodologia a desenvolver no presente trabalho, onde são expostos os conceitos de durabilidade, vida útil e manutenção;
- ✓ Aplicação do método fatorial aos elementos fonte de manutenção do sistema de cobertura em estudo;
- ✓ Desenvolver um plano de inspeção e manutenção a adotar nas coberturas;
- ✓ Avaliação dos custos associados à manutenção.

A grande motivação deste estudo passa pelo interesse em rentabilizar intervenções profundas como a reabilitação, de modo que degradação dos edifícios não seja tão precoce, promovendo a durabilidade dos materiais e prolongando a vida útil dos elementos, atendendo a uma melhor monitorização dos custos durante a fase de utilização do edifício, que corresponde à fase de vida útil dos elementos construtivos, com recurso a um plano de inspeção e manutenção devidamente estruturado, que se pretende adotar.

É importante conhecer os agentes e mecanismos de degradação, assim como as características dos componentes de um sistema de cobertura, para perceber como os elementos se comportam ao longo da sua vida útil e como esta pode ser maximizada com recurso a ações de manutenção. A abordagem da vida útil é baseada no Método Fatorial, apresentado pela norma ISO 15686.

1.3 METODOLOGIA

Para elaboração do presente trabalho, seguiu-se uma metodologia de modo a atingir os objetivos expostos. Para uma contextualização das temáticas a desenvolver e para se conseguir aprofundar os conhecimentos relacionados a estas, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre a vida útil dos edifícios, a manutenção destes e os custos associados ao ciclo de vida de um edifício.

O edifício em estudo foi alvo de uma reabilitação, pelo que se procedeu à reunião de todas as intervenções que se realizaram na cobertura e os materiais utilizados. É fundamental o conhecimento dos materiais e elementos usados para perceber o funcionamento do sistema de cobertura em estudo. Os elementos constituintes vão ser avaliados de modo que seja possível o cálculo da vida útil estimada, utilizando um método conhecido como Método Fatorial.

O método mencionado tem como base a vida útil de referência dos elementos constituintes e fatores denominados modificadores, pois modificam o valor da vida útil de referência. Estes fatores apresentam todos os aspetos que condicionam o comportamento dos elementos a avaliar.

Com base nesta vida útil estimada, consegue-se obter o tempo em que cada elemento terá de ser substituído. A elaboração de um plano de manutenção depende, então, da vida útil estimada de cada elemento alvo de ações de manutenção. As inspeções aos elementos baseiam-se em anomalias prováveis de acontecer nos elementos de uma cobertura foi, portanto, necessário uma pesquisa sobre as anomalias ou patologias que possam surgir, tendo em conta, o sistema de cobertura em estudo. Reunidas as anomalias e as ações de manutenção a realizar, obteve-se o plano de inspeção e manutenção. Por último, serão avaliados os custos de manutenção.

Os elementos podem apresentar anomalias de diferentes níveis de gravidade que prejudicam não só o sistema de cobertura como outros elementos construtivos do edifício.

1.4 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO

A dissertação divide-se em 5 capítulos. Os primeiros 3 capítulos apresentam a toda a pesquisa bibliográfica necessária à realização do presente trabalho. O capítulo 4 refere-se à apresentação do caso de estudo, a sua metodologia e expostos todos os resultados obtidos. O capítulo final diz respeito às considerações finais e desenvolvimentos futuros do trabalho.

No presente capítulo, Capítulo 1, efetua-se um enquadramento às temáticas que vão ser abordadas nos restantes capítulos, assim como são apresentados os objetivos e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2, é o estado da arte sobre os temas a tratar, são apresentados os conceitos que sintetizam o estudo em causa. Primeiramente aborda-se a questão da durabilidade e o conceito de vida útil, que compõem uma introdução aos vários métodos que existem para determinação de vida útil de elementos construtivos, dando-se destaque ao método fatorial, que será o método utilizado neste trabalho. São também apresentadas estratégias de manutenção que serão aplicadas ao caso de estudo e os custos associados à manutenção.

O Capítulo 3, aborda o sistema de cobertura inclinada e é explicada a sua tipologia. É feita também uma descrição pormenorizada de todos os elementos constituintes. Aborda-se, também, as exigências funcionais das coberturas inclinadas e os fatores que interferem na sua degradação.

O Capítulo 4, compreende o caso de estudo. É apresentado o edifício em estudo, os elementos fonte de manutenção do sistema de cobertura e todo o desenvolvimento prático do estudo e os respetivos resultados. São expostas as Vidas Úteis de Referência (VUR) dos Elementos Fonte de Manutenção (EFM) para a aplicação do método fatorial, e definidos todos os parâmetros para os fatores modificadores, que afetam as VUR até se obter o valor das Vidas Úteis Estimadas (VUE). É exposto também o plano de inspeção e manutenção desenvolvido, com base em bibliografia e por fim, apresentado um estudo comparativo entre vários orçamentos para um plano de manutenção adaptado a várias dimensões diferentes de coberturas, que representam uma estimativa da área patrimonial de coberturas abrangida pela empresa TFP.

O último capítulo, Capítulo 5, refere-se às considerações finais do estudo desenvolvido e dos resultados obtidos. É também feita uma proposta dos trabalhos que se propõe a desenvolver no futuro.

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo trata de expor todos os conceitos abordados nesta dissertação.

Todos os sistemas de construção apresentam uma vida útil, que poderá ser quantificada a partir das vidas úteis de cada elemento constituinte. A vida útil apresenta-se como a durabilidade conferida a um elemento, de modo que este sofra o mínimo de degradação possível ao longo dos anos de modo a conservar as suas propriedades físicas e mecânicas. A partir do momento em que um elemento deixe de desempenhar as suas funções, indica-nos que este chegou ao fim da sua vida útil, tendo de ser substituído.

2.2 DURABILIDADE

(Matos, 2016) apresenta o conceito de durabilidade segundo a norma ISO 15686-1 (Buildings and constructed assets – Service life planning: general principles) onde define este conceito pela capacidade de um edifício ou de uma parte de um edifício desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo sob determinadas condições de serviço. Ou seja, a durabilidade traduz-se num conjunto de características que os elementos possuem que lhes permitem preservar, ao longo do tempo, as suas funções e exigências de desempenho. É por isso mesmo, um conceito quantificável pela vida útil (Silva, 2011).

Para estudar a durabilidade de um elemento de construção é necessário um conhecimento dos materiais constituintes e perceber como o comportamento dos componentes do elemento atuam perante as condições de degradação a que estará sujeito. Deste modo, surge a necessidade de definir fatores que terão impacto na durabilidade e no desempenho dos elementos ao longo do tempo (M. Matos, 2007).

(Matos, 2016) (apud Lopes, 2009) resume o estudo da durabilidade como a avaliação e previsão do estudo dos materiais, em que se definem estratégias de manutenção e substituição de elementos de construção, se prevê o impacte ambiental e energético das construções ao longo do tempo, se definem os custos de

manutenção ao longo da vida útil e as estratégias de projeto e obra mais sustentáveis e com maior qualidade das construções.

Entende-se que a durabilidade é um indicador de desempenho, que informa sobre a condição de um material, ou seja, se este mantém ou não, os seus requisitos ao longo do tempo. Quanto maior a sua durabilidade, menos recursos serão necessários e menos tempo para investir em ações de manutenção, que se traduz numa redução de custos e impactes ambientais, ao longo da vida útil da construção. A durabilidade contribui para a conservação do edificado. (Matos, 2016)

Camacho (2018) refere o conceito de durabilidade exposto pela *Australian Building Codes Board* (ABCB, 2015), que indica que a durabilidade não é uma propriedade inerente de um material ou componente, mas o resultado de interseções complexas de vários fatores, tais como:

- ✓ Condições de serviço do elemento;
- ✓ As características dos materiais utilizados;
- ✓ Projeto;
- ✓ Acabamentos;
- ✓ Manutenção.

2.3 VIDA ÚTIL

O ciclo de vida de um edifício compreende as várias fases porque este é constituído, atendendo que nem todas estas fases se baseiam no desempenho das funções a que o edifício foi concebido. Enquanto o edifício desempenhar essas funções, diz-se que está no seu período de vida útil. (Silva, 2011)

Camacho (2018) (apud Norma ISO 15686-1, 2011) define que o ciclo de vida são fases consecutivas e interligadas de um produto ou componente, desde aquisição da matéria prima até a sua eliminação, compreendendo todas as etapas de construção, operação e manutenção até fim de vida, incluindo a desativação, a desmontagem e a destruição.

O ciclo de vida de um edifício começa na fase de projeto, passando pela obra, a fase de serviço, até chegar o seu fim de vida. Como foi referido por Pereira et al. (2018), durante a fase de utilização (serviço) do edifício, a perda de desempenho é gradual, no entanto evidente, ao longo do tempo, manifestando-se patologias e anomalias, durante este período.

“Nesta fase, os edifícios podem passar por mudanças profundas, de acordo com diversos contextos. O limite físico de durabilidade de uma construção distingue-se do fim do tempo de serviço por poderem ocorrer em momentos distintos.” (Pereira et al., 2018, p.6)

Morgado (2012) (apud Norma ISO 15686-1, 2000) apresenta o conceito de vida útil como *“O período de tempo após a construção no qual o edifício ou os seus elementos igualam ou excedem as exigências mínimas de desempenho”*.

A vida útil de um elemento construtivo define-se pelo nível de desempenho ao longo de um período de tempo, em que esse elemento consegue manter as suas exigências funcionais mantendo um nível de qualidade mínimo. A partir do momento em que este não consiga mais corresponder a esse nível de qualidade mínimo exigido é quando atinge o fim da sua vida útil. Nesta fase do ciclo de vida, não existem intervenções corretivas ou preventivas que permitam reverter a degradação que o elemento atingiu, pelo que se procederá à sua substituição. A substituição é a última ação da vida útil de um elemento.

Para melhor compreensão do comportamento de um edifício durante a sua vida útil, (Silva, 2011) propõe decompor uma análise focando em três parâmetros: deterioração física, funcionalidade e economia.

2.3.1 Vida útil física

A vida útil física corresponde ao período de tempo em que determinado elemento consegue responder às exigências de serviço que lhe são impostas/previstas para determinadas condições de uso, sem sofrer desgaste físico irreversível. (Gaspar & Brito, 2007; Silva, 2011)

“A sua previsão é feita a partir do conhecimento do material e do seu grau de deterioração de acordo com determinadas propriedades mensuráveis, escolhidas como indicadores de degradação, normalmente traduzidas em funções teor/resposta (dose/resposta) que expressam o tipo de degradação em função do tempo”. (Gaspar & Brito, 2007)

Os valores obtidos na estimativa da vida útil física de uma construção ou elemento construtivo, serão indicativos do limite máximo do período de serviço.

“As mudanças de uso sofridas por um edifício ao longo do seu período de serviço, bem como a sua viabilidade económica de atividades de manutenção, nesse período, podem determinar o fim da vida útil.” (Silva, 2011, p.16)

Fatores que podem levar ao fim da vida útil física podem ser o desgaste corrente do uso, ações ambientais tendo em conta que existem ações de manutenção corrente, ou a degradação num cenário de ausência de manutenção. (Silva, 2011)

2.3.2 Vida útil funcional

Silva (2011) (apud Davies e Szigeti, 1999) admite que a vida útil funcional corresponde ao período de tempo durante o qual uma construção permite a sua utilização, independentemente do fim para que foi concebida, sem obrigar a alterações generalizadas.

A obsolescência funcional traduz-se na incapacidade de resposta de um edifício ou elemento em satisfazer as necessidades dos utilizadores, mesmo que se encontre em boas condições funcionais. Ou seja, não é capaz de desempenhar satisfatoriamente as suas funções devido a alterações no nível de desempenho exigido e não porque tenha perdido as suas aptidões (Choon Chai, 2011; Pereira et al., 2018; Silva, 2011). A obsolescência funcional ocorre quando um elemento de construção pode ser substituído por outro que desempenhe a mesma função de forma semelhante ou melhor (Choon Chai, 2011).

2.3.3 Vida útil económica

Silva (2011) (apud Brand, 1994) define a vida útil económica como o período de tempo que decorre:

- ✓ Até que uma construção seja substituída por outra ou por uma atividade mais rentável;
- ✓ Enquanto a edificação mantiver uma relação de custo/benefício anual inferior às alternativas;
- ✓ Até ao abandono da construção.

Na vida útil económica, o desempenho do edifício é analisado enquanto instrumento, ou seja, um bem que gera e consome recursos ao longo da sua vida útil. A partir do momento em que uma construção deixa de ser economicamente viável, mesmo que a sua integridade física se mantenha, nomeadamente se a manutenção apresentar custos que não a justifiquem ou pela existência de alternativas mais rentáveis ou a substituição de um elemento se apresente mais lucrativa do que a sua reparação, diz-se que a construção atingiu o fim da vida útil económica (Choon Chai, 2011).

No entanto, para que permaneçam no espaço e no tempo, torna-se igualmente necessário considerar os custos associados à sua exploração, decorrentes, por exemplo, dos investimentos associados à manutenção, que adiem a obsolescência técnica e funcional dos seus componentes e sistemas (Silva, 2011).

Silva (2011) (apud Gaspar e Brito, 2004) refere que a vida útil económica pode ser determinada pela ferramenta *Life Cycle Cost* (LCC), método que consiste na *“identificação e conversão para o momento presente do somatório dos diversos custos associados ao período de serviço de uma construção, incluindo o investimento inicial, os custos de manutenção, reparação e substituição de elementos, custos de gestão corrente e custos energéticos, traduzidos no valor quantitativo”*.

2.3.4 Fim da vida útil

O fim de vida de um edifício marca-se pela altura em que este deixa de conseguir responder às exigências funcionais que foram definidas na sua fase de projeto ou quando deixa de ser economicamente rentável ou por deterioração física dos seus elementos constituintes.

O fim da vida útil coincide com o limite de durabilidade de um elemento construtivo e atinge-se quando determinado fenómeno de degradação ou ação combinada de vários fenómenos, levam a que este elemento ultrapasse um valor limite crítico inaceitável, por obsolescência funcional, falta de rentabilidade económica ou pela degradação física desses elementos. Os critérios que determinam o que é aceitável, mudam ao longo do tempo e a forma de definir os estados limite pode variar consoante se considerem exigências de segurança, funcionalidade ou de aparência (Silva, 2011).

Apesar de se referir a obsolescência, este fator sozinho apenas justifica a alteração de usos ou o fim da vida útil funcional de componentes construtivos, no entanto raramente se encontra associado ao fim da vida útil do edifício.

Durante o ciclo de vida de um edifício, deve ser analisada a dinâmica dos critérios de desempenho e a escala de ocorrência destes critérios, sendo que os níveis de desempenho exigido aos edifícios atendendo ao uso a que se destinam, relaciona-se com a obsolescência em termos físicos ou funcionais. A obsolescência acontece ao nível dos elementos construtivos e relaciona-se apenas com o fim da vida útil funcional desses elementos, provocando uma alteração de usos, contudo, raramente se encontra associado ao fim de vida útil do edifício (Silva, 2011).

Sendo o conjunto de exigências a satisfazer para determinado produto da construção bastante alargado, torna-se difícil determinar o fim da sua vida útil (Silva, 2011).

2.4 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL

Para se determinar a vida útil de um elemento é necessário reunir informação sobre os materiais e componentes constituintes e o seu estado de conservação.

O objetivo da estimativa da vida útil de elementos, é determinar se a vida útil de um edifício é superior à sua vida útil de projeto, mantendo um nível mínimo de qualidade e de desempenho. Para a estimativa da vida útil procura-se reduzir as incertezas, utilizar dados fiáveis, considerar a viabilidade e ser usada como orientação e não como determinação. (Matos, 2007; Matos, 2016)

Existem vários métodos para a previsão da vida útil, distinguindo-se: os métodos determinísticos e probabilísticos. Os primeiros baseiam *“a vida útil de um elemento é função de uma durabilidade de referência (por exemplo, indicações do fabricante), posteriormente modificada através de fatores, de acordo com as condições de serviço espectáveis, obtendo-se um valor absoluto indicativo da durabilidade do elemento estudado”* (Gaspar & Brito, 2007). Os métodos probabilísticos definem-se por *“cálculo matricial ou probabilístico, que definem a probabilidade de ocorrência de uma mudança de estado de um elemento, procurando deste modo ultrapassar a incerteza relacionada com a sua forma de degradação e a própria imprevisibilidade das respetivas condições de serviço.”* (Gaspar & Brito, 2007).

“O objetivo de qualquer dos métodos referidos é a modelação do desempenho diferido dos materiais e componentes, com vista à estimativa de vidas úteis.” (Choon Chai, 2011)

2.4.1 Métodos determinísticos

São estudados os fatores de degradação que afetam os elementos que se quer avaliar, como estes atuam perante agentes de degradação e posteriormente, os fatores de degradação serão quantificados, para se perceber como afetam a vida útil dos elementos. Num artigo publicado, os autores referem que

“baseiam-se no estudo dos fatores de degradação que afetam os elementos estudados, da compreensão dos seus mecanismos de atuação e, por fim, da sua quantificação traduzida em funções de degradação. Cada um destes fatores é seguidamente ordenado de acordo com o seu peso específico e traduzido em fórmulas que expressam a sua ação ao longo do tempo, até se atingir o valor mínimo aceitável de desempenho do elemento estudado.”
(Gaspar & Brito, 2007)

Apesar da dificuldade que revela ser a determinação das funções referidas, este método apresenta-se de bastante fácil aplicação e interpretação, sendo os resultados obtidos em valores absolutos, no caso da vida útil dos elementos, são expressos em anos. O objetivo é identificar o momento de rotura ou que o elemento já não consegue preservar as suas características físicas e mecânicas. Gaspar & Brito referem os resultados obtidos como um ponto negativo associado a estes métodos, pois não é considerada toda a viabilidade associada aos processos de degradação.

Posto isto, a abordagem simplista da realidade complexa do processo de degradação de elementos causa algumas críticas a este método. No entanto, juntamente com os pontos positivos deste método mencionados, vêem-se outras vantagens como a rapidez de aplicação e *“a redundância de informação e o facto de manterem a sua operacionalidade mesmo quando não estão disponíveis todas as variáveis de um mesmo problema.”*(Gaspar & Brito, 2007)

2.4.2 Método fatorial

A norma ISO 15686 apresenta o método fatorial como metodologia de determinação da vida útil de elementos construtivos. Para se determinar a vida útil deve-se recorrer a dados como o comportamento do edifício a agentes de degradação e uma taxa de deterioração do edifício e dos seus componentes, ao longo de um período de vida útil previsto. No entanto, nem sempre é possível ter acesso a informação detalhada que permite estimar, de forma rigorosa e viável, a vida útil dos elementos. Nestes casos, com a informação a que se tem acesso é possível calcular a vida útil estimada.

“Para o planeamento da vida útil, os agentes de degradação a considerar são aqueles que provocam uma degradação gradual ao longo da vida útil do produto da construção. Causas acidentais de degradação total súbita não se enquadram no âmbito da metodologia” (Matos, 2007).

Existem três elementos base para a aplicação deste método: a vida útil de referência (VUR) de cada elemento, a vida útil estimada (VUE) e os fatores modificadores. A vida útil de referência define-se como a vida útil do elemento em condições normais de utilização; os fatores modificadores são um conjunto de fatores que introduzem desvios à vida útil de referência do material; a vida útil estimada é a vida útil determinada pela aplicação do método fatorial, em função da vida útil de referência e dos fatores modificadores (Gaspar & Brito, 2007).

A norma ISO 15686-1 define “vida útil de referência” como a vida útil de um edifício ou dos seus componentes num contexto de referência, que se refere à vida expectável do componente em anos em condições normais de uso e manutenção. A mesma norma define “vida útil estimada” como a vida útil esperada de um edifício ou dos seus componentes num determinado contexto, calculada através do ajustamento de uma vida útil de referência a partir de fatores relacionados com os materiais, o projeto, condições ambientais, de utilização e manutenção.

O Método Fatorial permite avaliar o comportamento dos elementos a partir de fatores que vão condicionar a vida útil dos elementos que vão ser avaliados. São estas condições que são definidas pelos fatores modificadores, usados para modificar a vida de referência dos elementos, por multiplicação de fatores.

$$VUE = VUR \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \quad (2.1)$$

VUE – Vida útil estimada;

VUR – Vida útil de referência;

A – Fator material/componente;

B – Fator de projeto;

C – Fator de qualidade de execução;

D – Fator das condições de ambiente interior;

E – Fator das condições de ambiente exterior;

F – Fator de uso;

G – Fator de manutenção.

Expostos estes fatores, uma particularidade deste método passa por adequar os fatores às condições particulares de cada projeto. Este método providencia uma estrutura bem definida para determinar se os fatores vão diminuir ou prolongar a vida útil estimada de cada elemento (Bourke, 1999).

De entre os métodos determinísticos, o método fatorial é o que apresenta mais aceitação e maior aplicação prática. O método é utilizado quando não é possível uma previsão mais científica, por falta de dados e é indicado para casos em que os dados de um determinado projeto se apresentam insuficientes. Revela-se um método credível, nestas condições, para a estimativa da vida útil. No entanto, a incerteza associada aos processos de degradação pode ser suscetível a críticas devido à variabilidade dos fenómenos ser traduzida num único resultado de valor absoluto que corresponde ao fim de vida útil de um elemento, mas não é contabilizada a possível dispersão dos resultados e a forma como os fatores avaliados se relacionam, nem o nível de risco associado ao resultado obtido. Isto acontece por diversas razões, tais como (Gaspar & Brito, 2007).

- ✓ a utilização dos fatores modificadores como variáveis absolutas o que prevê que o ritmo de degradação é constante ao longo do tempo, o que não corresponde à realidade;
- ✓ a multiplicação como única forma de relacionar fatores;
- ✓ a não hierarquização das variáveis, distinguindo as que afetam mais a degradação dos elementos e o ritmo de degradação; não serem definidos níveis de serviço para a construção de variáveis em função dos elementos em análise ou do tipo de ações associadas aos fatores de degradação;
- ✓ o reconhecimento de que a determinação dos fatores se baseia na experiência de quem os quantifica, o que pode provocar variações no resultado final, visto que este resulta da multiplicação desses fatores.

Posto isto, uma maneira de combater estas variantes passa pela criação de grandes bases de dados que suportem os resultados obtidos (Gaspar & Brito, 2007).

Para a previsão da vida útil, há que considerar os agentes que atuarão para a degradação gradual dos elementos ao longo da vida útil desse elemento de construção. Faz parte da metodologia identificar os agentes de degradação, assim como a sua intensidade e variação. *“Pela raridade de atuação isolada de um único agente de degradação, deverão também ser considerados, caso se conheça, os dados de ação combinada de dois ou mais agentes.”* (Matos, 2007, p.25)

Vida útil de referência

Existem várias metodologias que se podem seguir para calcular a vida útil de referência de um material. Se o valor não for possível de ser calculado, Matos (2007) (apud Norma ISO 15686-1, 2000) propõe que o valor pode ser determinado baseado no seguinte:

- ✓ Dados fornecidos pelo fabricante ou resultados de um laboratório de ensaios (para um produto novo, normalmente, apenas se tem acesso a dados do fabricante);

- ✓ Dados de experiências anteriores ou observações de construções similares ou que se encontram em condições similares;
- ✓ Informação contida em Documentos de Homologação ou outra documentação desse tipo;
- ✓ Informação recolhida em bibliografia relacionada com o tema da durabilidade.

Fatores modificadores

A norma ISO 15686 define a quantificação dos fatores modificadores em três valores. Cada valor representa o grau de influência que uma condição específica terá num elemento. Os valores representam um desvio relativamente às condições de referência (VUR) e, portanto, apresentam-se próximos de 1,0 (Matos, 2007). A ISO 15686 atribui aos fatores modificadores valores compreendidos entre 0,8 e 1,2, podendo, no entanto, assumir outros valores, os quais estão associados com a especial severidade ou pelo contrário, o benefício dos fatores na vida útil dos elementos (Silva, 2012).

Tabela 2.1 - Valores de desvio relativamente à condição de referência

Valor	Desvio relativamente à condição de referência
1,2	Quando o fator tem influência positiva sobre o elemento em estudo
1,0	Quando o fator não apresenta desvio em relação à condição de referência
0,8	Quando o fator tem uma influência negativa sobre o elemento em estudo

Os fatores modificadores relacionam-se com as condições específicas de cada caso. Para um cenário em que certo elemento se insira num ambiente mais severo, é adequado que se atribua um fator modificador de 0,8, o que representa que as condições do meio a que o elemento se sujeita prevalecem sobre o que se presumia no estabelecimento da vida útil de referência.

Os fatores que sejam menores do que a unidade (1,0) reduzem a vida útil estimada e os fatores que apresentem valores superiores a 1,0 aumentam-na (Jernberg et al., 2004).

Num estudo efetuado por Gaspar & Brito (2008) foi concluído que os valores atribuídos aos fatores modificadores podem variar consoante as condições de cada situação em análise.

O estudo teve como um dos objetivos a quantificação dos fatores modificadores que afetam a durabilidade dos rebocos de cimento externos nas fachadas, com base em dados de trabalho de campo que refletem o contexto de construção Nacional. Desenvolveram uma metodologia para avaliar os fatores modificadores do método fatorial. A avaliação é feita comparando diferentes cenários com quantificações diferentes dos fatores modificadores. Foram recolhidos dados de 150 fachadas de reboco em três locais diferentes e foram simulados cinco cenários diferentes.

Os valores adotados pela norma ISO, 0,8, 1,0 e 1,2, servem de referência, são valores padrão que podem ser atribuídos aos fatores modificadores o que não implica que com trabalhos de campo, em que conhecendo ao pormenor as condições reais dos objetos de estudo não seja possível quantificar com mais precisão estes fatores modificadores. Existem poucas diretrizes sobre como relacionar fenómenos de deterioração de situações reais com valores quantificados de durabilidade para utilização no âmbito de métodos fatoriais.

Do estudo de Gaspar & Brito (2008) foi concluído que variações menores entre estes intervalos de valores apresentados podem traduzir-se em melhores indicadores estatísticos, independentemente de qualquer correlação entre o modelo e a compreensão empírica dos fenómenos de degradação. Uma otimização desses valores leva a melhores indicadores estatísticos.

Os fatores modificadores serão muitas vezes baseados em ações conhecidas do ambiente e os seus efeitos nos materiais, por exemplo o aumento da corrosão em atmosferas salinas, ou sobre os efeitos conhecidos de mão de obra não especializada e manutenção. Os fabricantes devem dar detalhes de fatores que são suscetíveis de reduzir ou prolongar a vida útil. Sempre que possível, a informação deve ser dada de uma forma que permita que se atribua um determinado valor ao fator modificador, por exemplo, a vida útil de um alarme de fumo pode ser aumentada de cinco para sete anos através de uma limpeza a vácuo realizada regularmente (que pode ser expresso pela atribuição de um fator de modificação superior a 1,0 (pois irá aumentar a vida útil do componente) quando uma rotina de manutenção rigorosa é operada. Cada fator representa o desvio em relação às condições assumidas quando o foi estabelecida uma vida útil de referência (Jernberg et al., 2004).

Apresentação dos fatores modificadores e respetiva descrição:

Fator A – Representa a qualidade dos materiais utilizados, nas condições em que são fornecidos à obra, segundo especificações do projetista;

Fator B – Representa a qualidade do projeto, avaliando-se os requisitos técnicos necessários e o nível de pormenorização;

Fator C – Representa a fiscalização e o nível de aplicação dos materiais, onde se avalia a mão-de-obra e a regularidade da fiscalização;

Fator D – Representa a agressividade do ambiente interior, não sendo aplicáveis aos elementos em contacto com o exterior;

Fator E – Representa a agressividade do ambiente exterior;

Fator F – Reflete as condições referentes ao uso do edifício e o efeito que provoca na degradação dos materiais;

Fator G – Referente à manutenção, representa o tipo de ações de manutenção e a acessibilidade na execução dessas ações.

A cada fator será atribuído um dos valores representados na Tabela 2.1.

2.5 CUSTO DO CICLO DE VIDA

O custo do ciclo de vida (CCV) ou em inglês *life cycle costing* (LCC), é uma abordagem que permite uma análise económico-financeira de um produto ou função. Os custos financeiros são definidos como o valor atual de todos os custos monetários para o sistema estudado, negativos ou positivos. (Schade, 2007)

Na indústria da construção, o LCC é um método que permite a avaliação dos custos de um edifício, ao longo do seu ciclo de vida (Camacho, 2018). Sendo o grande objetivo, a avaliação da alternativa mais económica.

O termo LCC tem vindo a ser comparado com o *whole life costing* (WLC), apesar de serem muitas vezes confundidos sendo o WLC apresentado como a evolução do LCC. A norma ISO 15686-5 faz a distinção dos termos apresentados. A norma defende que o WLC é equivalente ao LCC, no entanto, o WLC considera também os custos externos. Mesmo assim, é comum utilizar-se estes dois termos da mesma forma, no entanto, a norma ISO é mais restrita no uso destas terminologias, afirmando que o LCC é utilizado para descrever uma análise mais limitada relativamente a alguns componentes devendo, no entanto, ser visto como os próprios cálculos dos custos e o WLC deveria ser entendido como um termo mais amplo, abrangendo uma vasta série de análises. Já a Norma Norueguesa NS 3454 definiu o LCC como um método que inclui tanto os custos originais como os custos originados durante a vida útil de uma construção, incluindo demolição (Schade, 2007).

O custo do ciclo de vida implica que a vida útil de um elemento já tenha sido calculada, pelo que após determinada a vida útil estimada é possível avaliar os custos que surjam durante este período, incluindo o custo inicial, custos de manutenção e, quando apropriado, os custos de substituição. Todos os custos associados ao ciclo de vida da alternativa que se adotou são somados para dar um custo total. As várias opções podem então ser comparadas com base no custo de vida total (Bourke, 1999).

Relativamente às alternativas a implementar, devem ser consideradas aquelas que satisfaçam os requisitos de desempenho para a construção em questão. Serão tidas como preferência as que tenham custos mais baixos durante o período em análise (Bourke, 1999).

A fase de projeto revela-se como privilegiada para se analisarem os custos de todas as soluções e proceder à escolha de materiais com características de qualidade superiores, sendo mais duráveis, o que inicialmente se pode revelar num aumento de custos inicial, mas que ao longo da vida útil se traduz numa

diminuição dos custos operacionais, pois os custos de manutenção e de substituição vão ser melhor controlados, devido à redução da frequência destas operações. O somatório das estimativas dos custos do ciclo de vida, permite melhorar a avaliação da eficácia dos custos do projeto, a longo prazo (Matos, 2016)

Matos (2016) (apud USTD¹, 2002) aponta que o menor custo não terá de ser, necessariamente, a alternativa a implementar devido a outros fatores relevantes de considerar, como o risco, orçamento disponível e preocupações políticas e ambientais. Concluindo-se que a análise do LCC é um caminho para a decisão da melhor alternativa a implementar, mas não é o fator decisivo.

Matos (2016) (apud Woodward, 1997) expõe os objetivos de aplicação do LCC, referindo os seguintes:

- ✓ Avaliar opções de investimento mais eficazmente;
- ✓ Considerar o impacto de todos os custos em vez de se considerar apenas o do capital inicialmente investido;
- ✓ Assistir à gestão eficaz dos edifícios e projetos concluídos;
- ✓ Facilitar a escolha entre alternativas concorrentes.

O esquema representado apresenta os diferentes dados que influenciam o LCC nas fases distintas do ciclo de vida. Estão reunidas todas as categorias de dados necessários para a análise do custo do ciclo de vida (Schade, 2007).

¹ USDT, U.S Department Transportation Federal Highway Administration Office of Asset Management, (2002). "Life-Cycle Cost Analysis Primer"

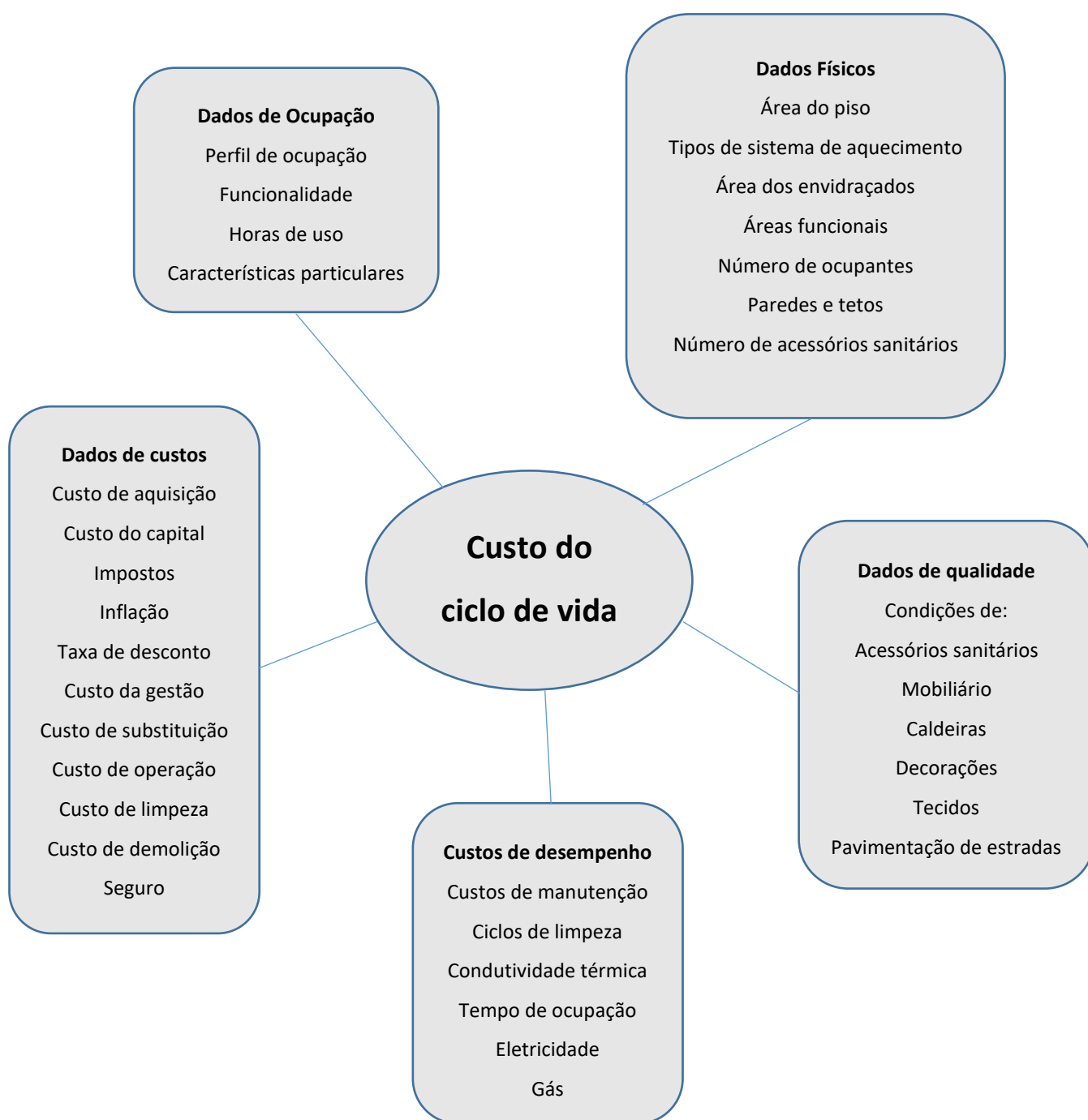


Figura 2.1 - Dados necessários para o cálculo do LCC. Fonte: Schade (2007)

Os dados de ocupação e os dados físicos são interpretados como fatores-chave no início da fase de projeto. Os dados de desempenho e qualidade são bastante influenciados por decisões de gestão, como a manutenção. Por outro lado, os dados de qualidade são subjetivos e não têm tanto impacto, numa reposta mais imediata, como os custos. Numa fase de projeto mais detalhada, a estimativa do custo do ciclo de vida é baseada nos dados relativos ao desempenho e custo do edifício. Os custos são os dados os mais importantes para o método LCC. Contudo, os dados relativos aos custos que não fossem

complementados por outro tipo de dados, tornam-se irrelevantes. Estes dados precisam de ser interpretados no contexto de outras categorias para se obter uma correta interpretação destes (Schade, 2007).

As principais fontes de onde se podem retirar dados para a aplicação do LCC, passam por:

- ✓ Fabricantes, fornecedores, empreiteiros e especialistas;
- ✓ Dados históricos;
- ✓ Dados de modelação.

Os dados dos fabricantes, fornecedores, empreiteiros e especialistas revelam-se os mais viáveis. Apresentam informação mais detalhada sobre o desempenho e características dos materiais e componentes, no entanto, falta informação acerca dos fins do uso das instalações. Posto isto, o vasto conhecimento e experiência dos fabricantes e fornecedores especializados são uma fonte de informação valiosa sobre o ciclo de vida. Se os dados necessários não estiverem disponíveis, podem ser usadas técnicas de modulação, como modelos matemáticos que podem ser desenvolvidos para análise dos custos. Os dados dos edifícios existentes são utilizados como dados históricos (Schade, 2007).

Percebe-se, assim, que a recolha de dados pode trazer dificuldades para o processo, no entanto, a análise LCC só é exata se os dados recolhidos forem fiáveis (Schade, 2007).

O método LCC compreende várias etapas que seguem uma linha lógica de desenvolvimento. Com a informação já previamente exposta, percebe-se que a primeira fase passa pela definição das alternativas de projeto, que serão posteriormente analisadas, tendo de ser detalhadas as componentes para cada alternativa e definido o período de análise, correspondente ao ciclo de vida a considerar. Numa segunda fase, importa determinar o planeamento da manutenção ou reabilitação (R. Matos, 2016).

Para assegurar o desempenho de um edifício, dentro dos requisitos dos utilizadores e das normas é fundamental que sejam desenvolvidas estratégias de manutenção. A fase de projeto e as decisões que se tomam durante a fase de reabilitação dos edifícios existentes desempenham um papel fundamental no desempenho do ciclo de vida do edifício em termos de custos (LCC). Para o planeamento da manutenção é necessário conhecer a vida útil dos elementos de construção e os custos associados aos seus ciclos de vida (Soares et al., 2019).

Para a análise do LCC, é necessário que as ações de manutenção sejam o mais precisas possível, para que a estratégia a aplicar seja eficaz, de modo que haja um menor impacto económico associado, visto que as despesas associadas às ações de manutenção podem contribuir para uma considerável parte do LCC de um projeto. É necessário implementar um plano de manutenção baseado na vida útil e durabilidade dos materiais e dos sistemas construtivos, prevendo a periodicidade das ações de manutenção. Com base

nesses materiais e sistemas construtivos é possível prever as ações de manutenção, a periodicidade e os custos anuais de manutenção preventiva a que estão sujeitos, nos anos seguintes à sua aplicação. A previsão é feita, geralmente, tendo como referência a periodicidade do material com maior longevidade (Matos, 2016).

Após este planeamento procede-se à estimativa dos custos. Os custos a ter em conta incluem os custos investidos inicialmente, ou seja, os custos de aquisição, custos de oportunidade e custos futuros, manutenção ou substituição. No entanto, apenas os custos que demonstrem diferenças entre as alternativas necessitam de ser explorados (Bourke, 1999b; Matos, 2016).

A fase de calcular os custos totais do ciclo de vida de cada alternativa, de modo que possam ser comparados. Numa fase final do LCC é feita a análise dos resultados, ou seja, reavaliam-se as alternativas e observa-se se é necessário fazer modificações para qualquer uma das alternativas propostas, antes de finalizar a seleção. Por fim, faz-se a análise de estimativas de custos e comparam-se estas, com o fim de se proceder à escolha da melhor alternativa e aquela que representa uma maior poupança ao longo da vida útil do edifício (Matos, 2016).

2.6 MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS

A norma ISO 15686-1 refere a manutenção como o conjunto de ações que implementadas, permitem incrementar a vida útil de um edifício e permitir que este desempenhe as funções para que foi projetado (Morgado, 2012).

A manutenção revela-se um elemento imprescindível na vida útil dos edifícios e o fator decisivo para o estado de conservação destes. As suas estratégias, atendendo às necessidades de cada edifício, melhoram a durabilidade dos elementos construtivos e aliviam as despesas globais ao longo do período de vida útil. As operações de manutenção permitem otimizar o desempenho dos edifícios, durante a fase de utilização e visam garantir os níveis mínimos de qualidade e evitar a progressiva deterioração dos elementos, prolongando a sua vida útil, assegurando o valor comercial do bem e a sustentabilidade da sua utilização durante a vida útil expectável (Flores & de Brito, 2001; Morgado, 2012).

2.6.1 Estratégias de manutenção

As estratégias de manutenção num edifício são implementadas de forma a que as ações de manutenção consigam satisfazer as necessidades dos seus utilizadores, com o objetivo de manter a qualidade de desempenho do edifício. Muitos dos fatores que comprometem o desempenho de um edifício e sua qualidade devem-se a erros de projeto, erros de execução e falta de manutenção. Estas ações revelam-se imprescindíveis para controlar eficazmente as fases iniciais de degradação, impedindo a perda de

qualidade e funcionalidade dos elementos construtivos, sendo possível determinar os momentos em que os elementos vão ser alvo de intervenções permitindo um controlo muito maior nos custos e recursos a utilizar.

Assim como acontece no Método Fatorial, os elementos que constituem um edifício devido aos comportamentos próprios de degradação de cada elemento, são avaliados distintamente e não o edifício como um todo. Assim, dá-se o nome de elementos fonte de manutenção (EFM) à subdivisão dos vários elementos constituintes de um edifício. Segundo Morgado (apud RODRIGUES, 2001), os EFM podem agrupar-se por classes, conforme a sua função.

Existem dois tipos de manutenção: corretiva e pró-ativa, sendo a manutenção pró-ativa subdividida em manutenção preventiva e preditiva.

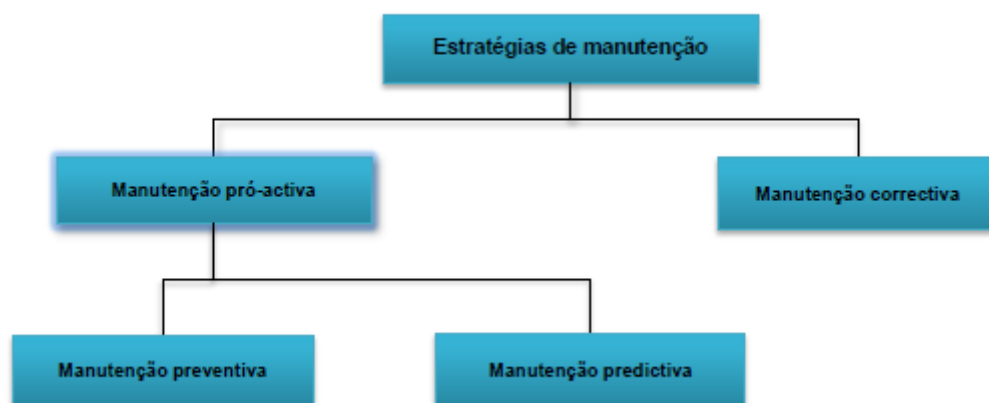


Figura 2.2 – Esquema ilustrativo das estratégias de manutenção. Fonte:(J. Morgado, 2012)

2.6.1.1 Manutenção corretiva

Corresponde ao estado inicial do conhecimento, também pode ser denominada de reativa ou curativa. Consiste em intervenções de reparação de anomalias, após a degradação do elemento, que se traduz num incremento dos custos num plano a longo prazo. Para conseguir responder às anomalias que surjam, com o mínimo impacto económico possível, é fundamental que se criem fichas de diagnóstico que permitam obter respostas rápidas de solução para as anomalias dos elementos. (Flores & de Brito, 2002) As fichas de diagnóstico devem apresentar os seguintes elementos: (Morgado, 2012)

- ✓ Ações prévias;
- ✓ Materiais, equipamentos e tipo de mão-de-obra;

- ✓ Modo de execução;
- ✓ Método de controlo necessário.

“Muitas das anomalias detetadas em coberturas inclinadas de habitações e edifícios, revelam-se provenientes de soluções desajustadas, de aplicações deficientes e de escolhas erradas de materiais acessórios” (Dias et al., 2018, p.93)

As anomalias que irão requerer manutenção reativa, dividem-se em: (Falorca, 2004; Morgado, 2012)

- ✓ Pequena dimensão – intervenções com o intuito de repor as condições iniciais, com exceção de trabalhos de beneficiação e reconstrução;
- ✓ Grande dimensão – Trabalhos de beneficiação, reconstrução ou reabilitação que carecem de meios mais específicos para a sua intervenção;
- ✓ Urgência – Associado a anomalias detetadas numa fase de deterioração avançada, sendo necessário intervenções imediatas de correção ou substituição.

Este tipo de manutenção, implementado na fase de utilização dos edifícios, revela-se uma solução não muito favorável, comparativamente à manutenção pró-ativa, devido a vários fatores: (Flores & de Brito, 2002)

- ✓ Limitação dos meios disponíveis e falta de planeamento para conseguir intervir eficazmente perante uma ou mais situações de carácter urgente o que acarreta custos adicionais porque muitas vezes essa limitação/falta de meios implica que se tenha de recorrer a empresas para esse tipo de intervenções;
- ✓ Negligência de anomalias detetadas, que se continuam a agravar por falta de denúncia ou porque se trata de situações cuja reparação fica dispendiosa;
- ✓ Devido à incompatibilidade de responder a várias anomalias em simultâneo, com os meios disponíveis, torna-se necessário recorrer a trabalhos em horas extraordinárias, que mais uma vez, provoca custos adicionais;
- ✓ Nos casos em que os utentes sobrevalorizam o conforto interior das casas, em detrimento dos aspetos da conservação da envolvente, verifica-se a ausência de reclamações e, consequentemente, de intervenções.

2.6.1.2 Manutenção pró-ativa

A metodologia desta estratégia de manutenção permite planejar a intervenção antes da ocorrência de anomalias, o que reduz a probabilidade de determinado elemento apresentar deteriorações que comprometem o seu desempenho fazendo com que seja um desempenho abaixo das exigências estabelecidas (Flores & de Brito, 2002).

Como já foi referido, a manutenção pró-ativa divide-se em dois tipos, com funções distintas e, portanto, torna-se uma mais valia que se desenvolva um plano com manutenção mista integrada, pelo que o estado de conhecimento inicial do estado de degradação dos elementos é bastante reduzido. O plano a desenvolver deve então contemplar ações de manutenção preventiva, antevendo as possíveis anomalias e ações de manutenção preditiva, para inspeção dos elementos e do seu comportamento em serviço (Morgado, 2012).

Manutenção preventiva

Este tipo de manutenção baseia-se na planificação de atividades com periodicidades fixas, o que permite uma redução de trabalhos extraordinários e uma menor interferência com a normal utilização do edifício, diminuindo a probabilidade de falha e de degradação dos elementos. Para o desenvolvimento de uma estratégia preventiva, contemplam-se os seguintes parâmetros: (Flores & de Brito, 2002; Morgado, 2012)

- ✓ Vida útil de cada elemento;
- ✓ Níveis mínimos de qualidade / exigências;
- ✓ Anomalias relevantes;
- ✓ Causas prováveis;
- ✓ Caracterização dos mecanismos de degradação;
- ✓ Sintomas de pré-patologia;
- ✓ Escolha das operações de manutenção;
- ✓ Análise de registos históricos (periodicidade de intervenções, etc.);
- ✓ Comparação com o comportamento em outros edifícios (antes e após reparações);
- ✓ Recomendações técnicas dos projetistas, fabricantes/fornecedores, etc.;
- ✓ Custos das operações.

Executando as ações de manutenção de forma a que a qualidade dos elementos seja o mais próximo possível do nível de qualidade inicial, o envelhecimento dos materiais desses elementos atua como uma barreira para atingir esse requisito.

Os vários tipos de operações, apesar de contribuírem para o prolongamento da vida útil dos elementos e serem executadas num período de tempo específico, têm um impacto diferente na qualidade destes. Ações como inspeções e limpezas que não vão ter impacto na qualidade dos elementos, no entanto, alteram o comportamento desse elemento, com o aumento da vida útil. Já uma ação de reparação tem um impacto maior, contribuindo para o aumento da qualidade e da vida útil por recuperar a degradação dos elementos, proporcionando uma melhoria da satisfação das exigências. Torna-se, assim, importante a análise dos custos associados a estas intervenções e definir com a maior precisão o número das ações de manutenção e as suas periodicidades. Definidas as ações e periodicidades, torna-se possível, através de fichas de intervenção, passar o planeamento para um cronograma financeiro e elaborar um orçamento de manutenção, com a indicação dos custos ao longo da vida útil do edifício. Estes custos são atualizados através de ferramentas económicas. A fase de controlo torna-se decisiva para a redução de custos que possam surgir e não estejam previstos, pois é nesta fase que se devem controlar estas situações e a incerteza associada ao comportamento real do elemento, com controlo dos desvios dos custos. (Flores & de Brito, 2002)

A estratégia de manutenção preventiva abrange duas fases: fase de projeto e fase de utilização.

Tabela 2.2 – Aplicação de estratégias de manutenção preventiva. Fonte: Flores & de Brito (2002)

Fase de projeto	– Análise do projeto com recolha de dados – Elaboração de ficha técnica de intervenção – Elaboração do planeamento de base e orçamento
Fase de utilização	– Controlo do planeamento e orçamento com registo e atualização dos dados

Com a distinção destas duas fases, importa referir que as estratégias de manutenção preventiva empregues em edifícios novos, são estabelecidas na fase de projeto, enquanto que em edifícios existentes, estas definem-se na fase de utilização. (Morgado, 2012)

A fase de controlo, do planeamento e orçamento, contribui para a melhoria continua de todo o sistema de gestão da manutenção. É nesta fase que se avalia a eficácia das operações, a avaliação dos desvios de custos e o ajuste do orçamento. (Flores & de Brito, 2002)

Vantagens da manutenção preventiva: (Flores & de Brito, 2002)

- ✓ Planeamento das operações de manutenção e custos, reduzindo o incómodo da execução dos trabalhos não previstos;
- ✓ Permite uma maior satisfação dos utentes, já que atua normalmente antes dos problemas ocorrerem, permitindo otimizar recursos e custos.

Desvantagens da manutenção preventiva: (Flores & de Brito, 2002)

- ✓ Exige uma análise desde a fase de projeto, com dados base de suporte e um controlo rigoroso do planeado, com atualização constante. Caso contrário a estratégia definida pode estar desenquadrada com a realidade.

Manutenção preditiva

A manutenção preditiva diferencia-se da preventiva pela avaliação do estado de degradação dos diversos elementos do edifício, com recurso à realização de inspeções com o intuito de avaliar os parâmetros funcionais dos diversos elementos do edifício, o que permite que se atue com eficácia antes da ocorrência das anomalias. Os sintomas de pré-patologia aparecem antes da deteção visível das anomalias e tendem a aumentar à medida que aumenta o grau de deterioração (aparecimento de anomalias), até ao fim da vida útil do elemento (estado limite de rotura funcional e física) (Flores & de Brito, 2002; Morgado, 2012).

As ações de inspeção são definidas em intervalos determinados previamente e são avaliadas as anomalias que já ocorreram e identificados os sintomas de pré-rotura (J. Morgado, 2012). O planeamento das inspeções baseia-se na identificação dos elementos a avaliar, definir as atividades de inspeção, a sua duração prevista e periodicidade, em função da durabilidade média dos elementos (Flores & de Brito, 2002).

Também como na manutenção preventiva, as ações preditivas são implementadas em edifícios novos na fase de projeto, enquanto que em edifícios existentes, estas são implementadas na fase de utilização

Tabela 2.3 - Aplicação de estratégias de manutenção preditiva. Fonte: Flores & de Brito (2002)

Fase de projeto	– Análise do projeto com recolha de dados – Elaboração do planeamento-base de inspeções
Fase de utilização	– Avaliação do estado dos elementos durante cada inspeção, através da observação visual, instrumentação, ensaios laboratoriais ou análise histórica – Definição do modo de atuação para solucionar anomalias ou sintomas de pré-patologia – Controlo do trabalho, registo, tratamento de dados e atualização do sistema

Vantagens da manutenção preditiva:

- ✓ Aumento da capacidade para detetar anomalias, onde irão decorrer e quando será necessário intervir, reduzindo o número de anomalias imprevistas e com mais fácil implementação.

Desvantagens da manutenção preditiva:

- ✓ Maior rigor na sua aplicação. Depende de um método de diagnóstico válido durante a inspeção, com definição correta do estado do elemento;
- ✓ Necessidade de otimizar os custos das inspeções, comparativamente aos custos das reparações consequentes de modo que aqueles sejam suficientes para disponibilizar os meios necessários à obtenção de uma informação correta e eficaz;

Estratégias de Manutenção					
Manutenção não Planeada		Manutenção Integrada	Manutenção Planeada		
Manutenção Corretiva (Reativa, Curativa, Resolutiva)		Manutenção Integrada (Evolutiva)	Manutenção Preventiva (Pró-ativa)		
Urgente	Não Urgente	Sistema integrado (corretiva + preventiva + sistema de gestão integrado)	Sistemática (Preventiva)	Condicionada (preditiva)	Melhoramento
	Pequena intervenção				
	Grande intervenção				

Figura 2.3 – Quadro resumo das estratégias de manutenção. Fonte: Baptista (2017)

2.6.2 Operações de manutenção

As operações de manutenção são realizadas durante a fase de exploração de um edifício.

Dependendo da natureza das anomalias, as intervenções a realizar podem classificar-se como intervenções pontuais ou intervenções gerais. As intervenções pontuais tratam de apenas uma anomalia e bem localizada, não negligenciando a complexidade da situação. As intervenções gerais tratam um edifício de forma integral para se erradicarem todas anomalias existentes e implicam um volume considerável de trabalhos a operar e um custo bastante acrescido. As intervenções gerais visam uma recuperação funcional do edifício e não apenas a reposição de soluções construtivas (Falorca, 2004).

As operações de manutenção para uma estratégia de manutenção pró-ativa englobam: (Falorca, 2004)

- ✓ Inspeção
- ✓ Limpeza
- ✓ Reparação
- ✓ Diagnóstico

- ✓ Decisão e prioridade de intervenção
- ✓ Substituição

As ações de inspeção consistem na avaliação do estado de deterioração dos elementos construtivos, permitindo definir um planeamento de inspeção com recurso a dados que permitem saber quando devem ser realizadas ações de inspeção, que parte deteriorada do elemento tratar e o recurso adequado para o fazer. Segundo Morgado (2012) (apud British Standard Institution, BSI, 1986), as inspeções devem seguir os seguintes princípios: verificar a necessidade de execução de operações de manutenção e averiguar a sua correta execução, com base em questões de segurança regulamentares.

Uma inspeção pode ser realizada devido a uma reclamação, insere-se no âmbito de uma estratégia de manutenção corretiva ou uma inspeção planeada no âmbito de uma estratégia preditiva (Morgado, 2012).

As ações de limpeza são de grande importância para a prevenção de outras anomalias, principalmente quando se tratarem de anomalias que apareçam na superfície dos elementos, tal como sujidade, desenvolvimento microbiológico ou devido à poluição. (Morgado, 2012)

As reparações são ações com o objetivo de restaurar a funcionalidade de um elemento. São operadas em zonas localizadas, corrigindo as anomalias, impedindo-as de se propagar para todo o elemento. É necessário a verificação de ocorrência de anomalias, numa primeira inicial, a identificação das causas e as suas origens. A reparação só pode ser realizada após a análise e correção dessas anomalias, de modo a evitar fenómenos de “repatologia” (Baptista, 2017; Morgado, 2012). Morgado (2012) (apud Lopes, 2005) refere também que na fase de projeto é importante definir soluções com materiais duráveis de modo a minimizar este tipo de operações de manutenção.

O diagnóstico, segundo Morgado (2012) (apud Lopes, 2005) tem como principal objetivo compreender e explicar as anomalias que se manifestam. Um diagnóstico só pode ser executado após se conhecerem as causas da degradação de determinado elemento, depois de realizada uma ação de inspeção aos elementos.

Os procedimentos característicos de um diagnóstico, consistem em: (Morgado, 2012) (apud Flores, 2002)

- ✓ Identificar o defeito, através da aplicação de medidas provisórias de contenção;
- ✓ Encontrar as causas mais prováveis de determinado defeito, agindo sobre este;
- ✓ encontrar uma solução e controlar o resultado;
- ✓ Impedir a reincidência dos defeitos em causa em outras situações, atuando logo de início.

As operações de substituição têm também o objetivo de restituir a funcionalidade a um elemento, substituindo esse mesmo elemento por um com características iguais. Caso, o elemento seja substituído

por um com outras características, apresentado, por exemplo, uma durabilidade superior, deixa de se tratar de uma ação de manutenção e passa a ser uma ação de reabilitação. Se o elemento for substituído por outro que apresente menor durabilidade, em que não se alcança o nível de desempenho inicial do elemento, denomina-se como ação de reabilitação atípica. (Baptista, 2017)

A decisão de intervenção baseia-se em priorizar as ações de manutenção. Essa prioridade é condicionada pelos seguintes critérios: (Falorca, 2004)

- ✓ Carácter de urgência;
- ✓ Funcionamento do edifício;
- ✓ Estado de degradação dos elementos;
- ✓ Efeito negativo nos utentes;
- ✓ Implicações nos custos.

2.6.3 Plano de inspeção e manutenção

Planeamento

Um plano de manutenção tem o objetivo de orientar as entidades com responsabilidades pela gestão técnica de edifícios e onde devem constar as ações de inspeção e manutenção e as suas periodicidades. A implementação eficaz de uma estratégia pró-ativa, durante a vida útil dos elementos construtivos, consegue-se, então, com a implementação de planos de inspeção e manutenção (Morgado, 2012).

Morgado (2012) definiu uma série de parâmetros que devem ser compreendidos num plano de manutenção:

- ✓ Apresentar a vida útil dos elementos construtivos;
- ✓ Definir níveis de qualidade mínima;
- ✓ Definir as anomalias mais relevantes, as possíveis causas e os respetivos mecanismos de degradação;
- ✓ Prever e definir os sintomas de pré-patologia;
- ✓ Definir o sistema de seleção das operações de manutenção a realizar;
- ✓ Estabelecer rotinas de inspeção;
- ✓ Definir estratégias de atuação;
- ✓ Analisar registos históricos e comparar com registos de comportamentos de outras experiências;
- ✓ Registar custos de operações;

- ✓ Registrar todas as intervenções e gestão de informação;
- ✓ Recomendar técnicas de produtos e soluções.

Elementos fonte de manutenção

Como já foi exposto anteriormente, na manutenção são avaliados os elementos constituintes de um edifício. O edifício reage a estímulos, através da interação conjunta de vários elementos que apresentam comportamentos próprios de degradação e formas de desempenho próprias e em geral independentes. Posto isto, existe a necessidade de uma subdivisão e caracterização do edifício em elementos, que obedeça a uma lógica construtiva. São denominados Elementos Fonte de Manutenção (EFM). (Baptista, 2017; Matos, 2016)

Algo interessante de referir é o princípio das camadas de durabilidade enunciado por Duffy (1999), que consiste na noção de que as diferentes partes de um edifício mudam e envelhecem a ritmos diferentes, tal como apontado por Gaspar (2002). As camadas de um edifício poderão ter uma mutabilidade mais lenta como a estrutura ou uma mutabilidade mais rápida como os revestimentos exteriores (Morgado, 2012).

Para ser possível definir ações de inspeção e manutenção têm de ser definidos os elementos fonte de manutenção.

Tabela 2.4 - Estrutura de EFM de coberturas inclinadas, adaptado de Morgado (2012).

Envolvente exterior horizontal	Elemento fonte de manutenção	Constituição
Coberturas inclinadas	Revestimentos	Pétreo natural
		Pétreo artificial
		Metálico
		Plástico
		Misto
	Estrutura de suporte	Contínua
		Descontínua
	Sistema de ventilação	-
	Singularidades	Sistema de remates
		Sistema de drenagem
		Janelas e claraboias
		Alvenarias

Periodicidade das ações de manutenção

Para se estabelecerem as periodicidades das intervenções é necessário possuir dados de suporte válidos acerca do comportamento dos diferentes elementos do edifício, pois os comportamentos previstos aquando a definição das ações de manutenção poderão não corresponder aos comportamentos que se verifiquem no local. A periodicidade de uma ação de manutenção estabelece-se tendo em conta o tipo de intervenção, o nível exigido de qualidade e o grau de deterioração visível (Falorca, 2004).

A periodicidade das intervenções afeta os custos de manutenção. Uma diminuição excessiva na periodicidade traduz-se em custos excessivos que poderiam ser evitados com o devido planeamento (Falorca, 2004).

2.6.4 Parâmetros com influência na eficácia de estratégias de manutenção

De seguida são expostos os parâmetros que devem ser analisados para conferir fiabilidade às estratégias de manutenção, devido à influência que estes têm na eficácia destas. (J. Morgado, 2012)

- ✓ Vida útil
- ✓ Níveis de qualidade
- ✓ Nível mínimo de qualidade
- ✓ Processo e modelos de degradação
- ✓ Níveis de desempenho

2.6.5 Custos de manutenção

Expostas as estratégias de manutenção e a sua importância no âmbito da gestão do património, entende-se que os recursos disponíveis para a implementação destas medidas têm um papel determinante não só porque a falta de recursos conduz a uma manutenção deficiente, acelerando a degradação das condições físicas e funcionais dos elementos construtivos, mas também por se apresentarem como um fator decisivo para os custos de manutenção. Os pontos referidos podem levar à desvalorização dos imóveis, gerando impactos negativos nos serviços prestados e na satisfação dos utilizadores. (Raposo, 2020)

As limitações associadas aos custos, revelam-se como uma dificuldade à aplicação de estratégias de manutenção. Uma avaliação cuidadosa dos trabalhos pró-ativos e corretivos a implementar torna-se uma tarefa decisiva para a orçamentação dessas ações de manutenção, pois a estimativa dos custos não é realizada de acordo com as necessidades reais. Portanto, implementando planos adequados, o controlo dos custos é mais fiável, com uma aproximação muito maior da realidade do edifício. (Raposo, 2020)

Baptista (2017) definiu os custos que devem ser considerados para a provisão orçamental das ações de manutenção. São abrangidos os seguintes custos:

- ✓ Custos dos trabalhos de manutenção necessários, ou seja, custo de correções e substituições, custo de tratamentos superficiais e ações de limpeza;
- ✓ Custos relacionados com problemas recorrentes, ou seja, custos associados à correção e substituição de falhas recorrentes não detetadas nem diagnosticadas ou mesmo provenientes de uma não reparação;
- ✓ Custo de não funcionamento ou paragem do uso normal do edifício, ou seja, custos associados à interrupção da normal operação do edifício;
- ✓ Custos dos equipamentos adjacentes às operações de manutenção, que não existem disponíveis no edifício, tais como o uso de andaimes temporários;
- ✓ Custos de uma manutenção ausente, em que os efeitos da não manutenção dos edifícios normalmente apresentam custos elevados a médio e curto prazo.

Os custos estão condicionados essencialmente pelas estratégias de manutenção implementadas, pelos fatores associados às características dos edifícios e dos seus utilizadores (Raposo, 2020).

Uma gestão cuidada dos custos a partir da orçamentação das ações de manutenção, representa uma forma de assegurar que estas serão executadas, com os recursos necessários, de modo a evitar degradação dos elementos de construção durante o período de vida útil.

CAPÍTULO 3

SISTEMA DE COBERTURAS INCLINADAS

O elemento alvo para o caso de estudo que será exposto no Capítulo 4, passa por um sistema de cobertura, pelo que neste capítulo é exposta a tecnologia construtiva das coberturas inclinadas e as suas exigências.

3.1 TECNOLOGIA CONSTRUTIVA

A cobertura de um edifício é o elemento que mais influencia o desempenho de uma edificação, e o elemento da envolvente mais exposto a agressões externas.

Uma cobertura define-se como inclinada quando apresenta uma inclinação superior a 8%, ou seja, o plano da cobertura com o plano horizontal apresenta um ângulo de, aproximadamente, 4.5°. Outras características que caracterizam este tipo de cobertura passa pela vertente ou água, que representa qualquer superfície plana, o revestimento que constitui o conjunto de elementos que revestem exteriormente a cobertura, atuando como uma camada de proteção ao interior do edifício, a estrutura de suporte que é o conjunto de peças resistentes que suportam a cobertura e pode ser dividida em estrutura principal, quando as peças resistentes da cobertura apoiam diretamente nos elementos verticais do edifício, a estrutura secundária engloba o conjunto de peças de suporte e resistentes da cobertura intercaladas entre o revestimento da cobertura e a sua estrutura principal. (A. Dias et al., 2018; Morgado, 2012)

3.1.1 Tipologia das coberturas inclinadas

As formas da cobertura variam dependendo do número de vertentes que apresentam. Uma vertente ou água tem a finalidade de conduzir as águas pluviais para fora do edifício, evitando a degradação deste (Morgado, 2012). Apresenta-se a classificação das coberturas, tendo em conta o número de vertentes e forma:

- ✓ Cobertura de uma água – constituída por uma vertente
- ✓ Cobertura de duas águas – interseitam-se definindo uma cumeeira

- ✓ Cobertura de quatro águas – constituída por quatro vertentes que se intersejam definindo uma cumeeira e quatro rincões;
- ✓ Pavilhão – Forma particular de cobertura, quatro águas que se intersejam definindo apenas quatros rincões que convergem apenas num ponto.



Cobertura de uma
água



Cobertura de
duas águas



Cobertura de
quatro águas



Pavilhão

Figura 3.1 - Esquemas representativos dos tipos de vertentes de coberturas inclinadas. Fonte: Cerâmica Torreense.

3.1.2 Elementos constituintes das coberturas inclinadas

Tabela 3.1 - Quadro resumo das partes constituintes do sistema de cobertura e respetiva descrição.

Sistema de cobertura	Descrição
Estrutura principal	Constituída pelos elementos que dão forma e sustentam todo o conjunto da cobertura;
Estrutura secundária	Todos os elementos que sustentam o revestimento de uma cobertura inclinada;
Revestimento	Função de proteger o sistema de cobertura das ações dos agentes atmosféricos;
Forro	Proteção térmica, acústica e impermeabilização do espaço interior.

Elementos constituintes e respetiva legenda da Figura 3.2 e Figura 3.3; (A. Dias et al., 2018)

- ✓ 1. Contra-ripa ou contra-ripado – pertence à estrutura secundária da cobertura e dispõe-se sob o ripado segundo a linha de maior declive da vertente, que se apoia num elemento contínuo;
- ✓ 2. Isolamento térmico – elemento contínuo em material isolante térmico que forra interiormente a cobertura, acompanhando a vertente. Coloca-se entre a estrutura principal e secundária da cobertura ou imediatamente abaixo da estrutura principal;
- ✓ 3. Forro de proteção – elemento colocado sob a estrutura principal, acompanhando a vertente, forrando a cobertura interiormente;
- ✓ 4. Frechal – viga de madeira onde se assentam os barrotes ou varas;
- ✓ 5. Laje de betão.
- ✓ 6. Madre ou terça – pertence à estrutura secundária da cobertura, dispõe-se perpendicularmente à linha de maior declive da vertente, em que apoia diretamente o varedo que transmite o esforço à estrutura principal de suporte da cobertura;
- ✓ 7. Ripa ou ripado – pertence à estrutura secundária da cobertura, dispõe-se perpendicularmente à linha de maior declive da vertente, em que apoiam os elementos de revestimento;
- ✓ 8. Tábua de barbante – pertence à estrutura secundária da cobertura e substitui o ripado na beira da cobertura, de modo a manter a pendente da fiada de telhas de beira. Pode ser substituída por uma ripa dupla;
- ✓ 9. Vara ou barroto – pertence à estrutura secundária, dispõe-se segundo a linha de maior declive da vertente, que geralmente apoia o ripado;
- ✓ 10. Viga de suporte de cumeeira – peça horizontal que constitui o cume da estrutura da cobertura, ligando as asnas entre si;
- ✓ Asna – Treliça de madeira, metálica ou mista que serve de apoio à estrutura secundária;

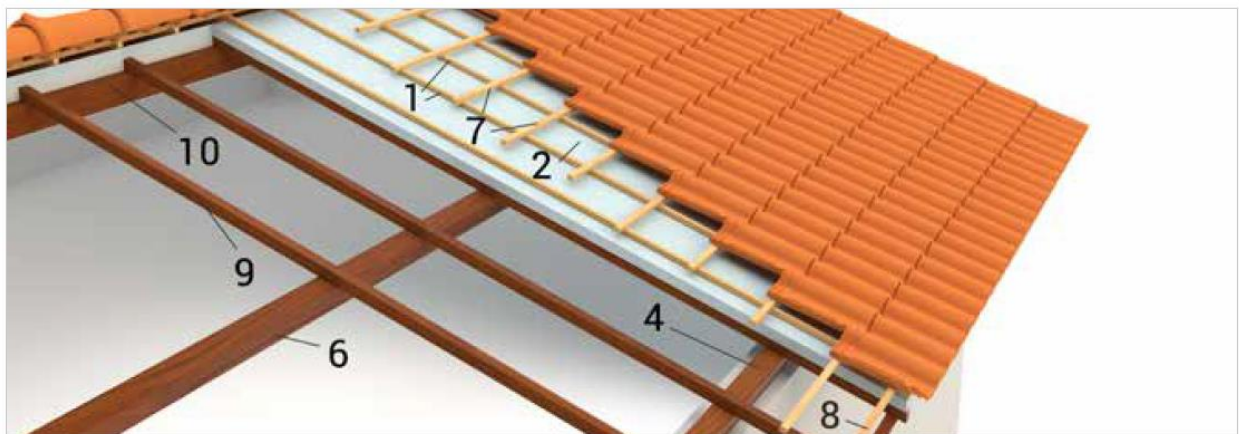


Figura 3.2 – Esquema da estrutura de suporte em madeira. Fonte: Dias et al. (2018)



Figura 3.3 – Esquema elementos constituintes de cobertura. Fonte: Dias et al. (2018)

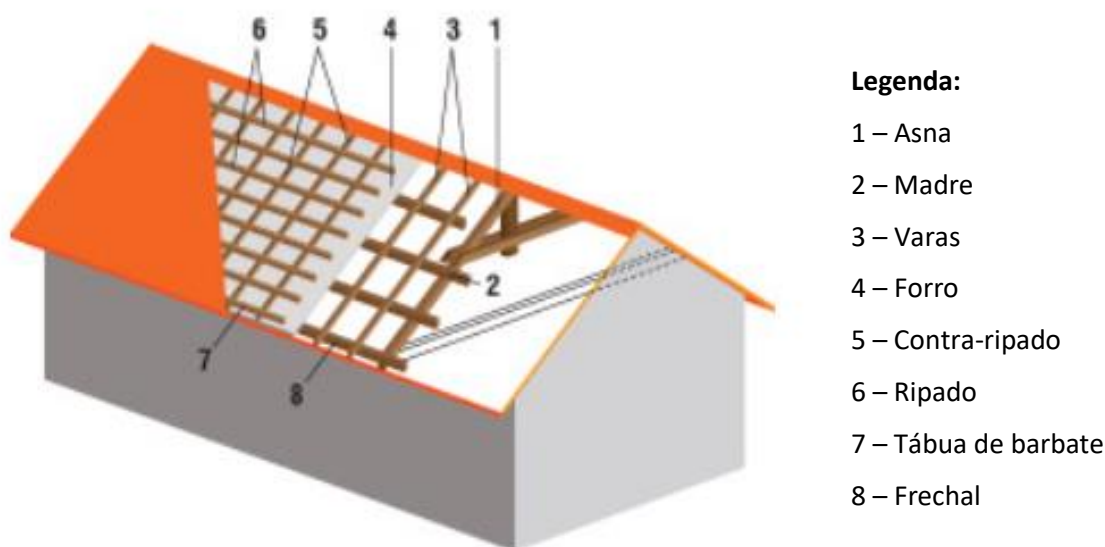


Figura 3.4 – Esquema da estrutura de suporte de uma cobertura. Fonte: Cerâmica Torreense.

3.1.3 Revestimento

As coberturas podem ser definidas como diferenciadas ou indiferenciadas de acordo com o funcionamento estrutural dos elementos do revestimento. Numa cobertura diferenciada, os elementos de revestimento descarregam sobre outros de maior rigidez, já numa cobertura indiferenciada, a estrutura de suporte, que vence o vão principal, desempenha também funções de revestimento (Morgado, 2012).

Os revestimentos das coberturas podem ser de variados materiais, sendo que serão apresentados os mais comuns da atualidade portuguesa.

i) Revestimentos pétreos naturais

Os mais utilizados na construção portuguesa são a ardósia, xisto e granito. No entanto, estes últimos são materiais que não apresentam viabilidade no panorama da construção (Morgado, 2012). A ardósia apresenta elevada estabilidade dimensional perante elevadas amplitudes térmicas. Os soletos de ardósia são encontrados maioritariamente em edifícios habitacionais e históricos. Não é um material muito aplicado em Portugal, sendo principalmente usado em obras de recuperação de casas típicas transmontanas. (Morgado, 2012)

ii) Revestimentos pétreos artificiais

São os materiais mais utilizados em edifícios correntes.

Telha cerâmica

Este tipo de telha é um elemento bastante comum na construção portuguesa, sendo que no parque habitacional português, é o revestimento mais utilizado. A qualidade das telhas cerâmicas evoluiu bastante desde a redução dos empenos, ao rigor dimensional, à resistência mecânica, à impermeabilidade e à resistência ao gelo. Outras propriedades que tornam estas telhas muito populares passam elevada durabilidade, baixo custo de matéria-prima, facilidade de transporte e aplicação (e a sua substituição) e apresentam uma humidade de equilíbrio muito favorável, o que as qualifica como elementos de conforto na habitação. A nível estético existe uma oferta variada de cores, formas, texturas, matizes e decorações. (A. Dias et al., 2018; Morgado, 2012)

A aplicação da telha cerâmica pode-se encontrar, maioritariamente, em edifícios correntes habitacionais, comércio, escritórios, edifícios industriais antigos, igrejas e pavilhões.

As telhas cerâmicas podem ser distinguidas pelo seu encaixe e geometria, destacando-se neste campo, a telha do tipo lusa, marselha, canudo, romana e plana. As telhas lusa e marselha são as mais utilizadas como telha de encaixe; apresentam uma qualidade superior comparativamente com os outros tipos, relativamente à estanqueidade à água, ar e poeiras. As telhas canudo e romana são as mais utilizadas como telha de capa e canal. (Morgado, 2012)

Telha de micro-betão

Estas telhas podem ser uma alternativa à telha cerâmica. No entanto, além de edifícios onde as telhas cerâmicas também podem ser utilizadas, existem certos tipos de construção onde as telhas de micro-betão ganham o seu destaque, no caso de edifícios industriais modernos, complexos desportivos e centros comerciais.

Apresentam vantagens como eficaz estabilidade dimensional, excelente estanqueidade, elevada resistência mecânica, pouca sensibilidade a variações térmicas, ao gelo e à proximidade do mar. Contudo, o seu peso implica maiores necessidades de suporte e apresentam uma fraca qualidade estética (Morgado, 2012).

Fibrocimento

Para além da aplicação em coberturas, o fibrocimento é utilizado como suporte de telhas cerâmicas (Morgado, 2012). É um material incombustível, impermeável, imputrescível, com elevada durabilidade e manutenção reduzida. Para além das características enumeradas, é um material muito utilizado pela sua elevada resistência a baixas e altas temperaturas é uma das suas principais características, assim como a facilidade e rapidez de execução. No entanto, não é uma solução esteticamente agradável, a fragilidade do material implica uma intervenção de manutenção cuidadosa e substituição das telhas acaba por ser mais demorada, sendo necessário mais do que uma pessoa para realizar o trabalho. (Morgado, 2012)

iii) Revestimentos metálicos

Este revestimento é aplicado em obras com carácter provisório e de menor exigência. Apresenta vantagens devido à sua pré-fabricação e características como a leveza, boa ventilação da cobertura, boa durabilidade, baixos custos de manutenção, grande versatilidade de formas e vãos. As desvantagens resumem-se essencialmente na natureza deste material, a boa condutibilidade térmica e acústica, condicionam a sua utilização. (Morgado, 2012)

iv) Revestimentos plásticos

A aplicabilidade deste material é interessante devido a características como o baixo peso específico, por terem a capacidade de capturarem a luz natural (reduzindo os gastos energéticos) e sua fácil aplicação e montagem em obra. No entanto, o seu fraco comportamento perante agentes atmosféricos, fraca resistência mecânica e a impossibilidade de colocar isolamento térmico tornam este material pouco vantajoso em diversas situações. O campo de aplicação incide maioritariamente na execução de coberturas de edifícios industriais, claraboias, estufas e cúpulas. (Morgado, 2012)

v) Revestimentos mistos

Os revestimentos mais comuns no mercado apresentam-se como chapas compostas, painéis *sandwich*, telhas asfálticas e telhas metálicas revestidas com grânulos minerais. (Morgado, 2012)

3.1.4 Estrutura de suporte

Morgado (2012) (apud HARRISON, 1996) refere que estrutura resistente tem como principal função a transição de peso entre as ripas de apoio da telha e as paredes resistentes ou vigas do edifício. Morgado (2012) (apud Sousa et al., 1998) explica que esta transição é possível através de um sistema de grelhas ortogonais sucessivas, tendo em conta que o espaçamento e a resistência das peças, diminuem à medida que se sobe de nível, ou seja, nas zonas inferiores aplicam-se peças de grande vão, afastadas e com elevada rigidez e resistência e nas zonas superiores adotam-se peças de pequeno vão, pouco afastadas e com resistência e rigidez reduzidas.

Nos edifícios correntes, as soluções de uma estrutura de suporte passam por soluções em madeira, betão ou alvenaria (Morgado, 2012). Morgado (2012) (apud Atcheson, 2005) refere que a estrutura de madeira é geralmente diferenciada e descontínua e constituída por um conjunto de componentes ligados entre si. Os principais elementos constituintes de uma estrutura de madeira são os seguintes:

- ✓ Ripas
- ✓ Varas
- ✓ Madres

✓ Asnas

As ripas apresentam secções reduzidas, entre 2 a 4 centímetros, com espaçamento dependente do tipo de telha a utilizar. As varas apoiam-se sobre as madres de forma perpendicular a estas. O espaçamento das varas está condicionado pela resistência e rigidez das ripas, permitindo que resistam às cargas que lhes são aplicadas, sobretudo à ação localizada provocada pelo peso de um operário durante intervenções de manutenção. As madres apoiam-se nas asnas e a sua secção depende sobretudo do espaçamento entre varas, do seu vão, da distância às asnas e das cargas aplicadas devido ao peso do ripado, telhas e ações exteriores variáveis. Sobre as madres são assentes as varas, os forro, as ripas e a telha (Morgado, 2012).



Figura 3.6 - Estrutura resistente em madeira. Fonte: (J. Morgado, 2012)



Figura 3.5 - Estrutura de madeira. Fonte:

<https://www.guiadaengenharia.com/dimensionamento-madeira-esforcos/> (9 de setembro de 2022)

Morgado (2012) (apud Atcheson, 2005) refere que a forma como as peças de madeira são armazenadas pode comprometer o estado destas, sendo aconselhável que sejam armazenadas sobre o estrato em local seco e o mais próximo possível do local onde irão ser executadas. Devem-se tomar diversas precauções para evitar a deterioração geral da estrutura, das quais se podem destacar a facilidade de escoamento das águas e arejamento das faces vizinhas e paralelas, evitando posteriores anomalias não só no próprio sistema de cobertura, mas também noutros elementos.

3.1.5 Camada de isolamento

O isolamento térmico é o elemento onde se sucedem mais trocas de calor, o que faz com que a sua execução tenha de ser cuidada, para que se consiga uma solução térmica eficaz que conduza a boas condições de conforto térmico.

O material constituinte do isolamento térmico deve apresentar baixa condutibilidade térmica, elevada resistência mecânica, pouca inalterabilidade do seu comportamento face à humidade e características superficiais de forma a garantir uma boa aderência e travamento dos ripados. (Morgado, 2012)

Nas coberturas inclinadas em telha cerâmica, o isolamento pode ser aplicado na laje horizontal ou segundo a vertente. A solução de isolamento aplicado na laje horizontal é utilizada quando o desvão não é habitável e o elemento horizontal é uma laje em betão armado, um pavimento de madeira ou um teto falso. O isolante deve ser aplicado sobre a laje ou o pavimento, reduzindo os riscos de condensação superficial inferior e a ocorrência de pontes térmicas. Nestes casos a estrutura resistente é descontínua, com varas e ripas, garantindo uma eficaz ventilação do desvão. É aconselhável a aplicação de uma barreira para-vapor na face inferior do isolamento térmico para impedir que o vapor venha a condensar a superfície fria. (Morgado, 2012)

Quando o desvão da cobertura é habitável, é frequente aplicar-se o isolante segundo as vertentes, neste caso a estrutura resistente pode ser contínua em betão armado ou descontínua em madeira. Quando são executadas estruturas de suporte contínuas, o isolamento térmico deve ser aplicado na face exterior da laje sob a forma de placas rígidas. Quando a estrutura é descontínua, o respetivo isolamento térmico pode ser considerado descontínuo, se for aplicado por faixas entre as varas, ou contínuo se colocado sob as varas. Para ambas as soluções, é recomendado o uso de uma barreira para-vapor sob a camada de isolamento térmico. (Morgado, 2012)

A barreira para-vapor atua como uma barreira ao fluxo do vapor de água para as camadas sobrejacentes, impedindo a condensação e eventual redução da capacidade isolante do sistema (Morgado, 2012). Batista (2004, citado por Morgado, 2012), que sugere que este elemento tem de apresentar, obrigatoriamente, propriedades de estanqueidade para impedir a passagem de fluídos.

Outros complementos à estanqueidade passam pela subtelha e elementos como membranas permeáveis ao vapor de água. (Dias et al., 2018)

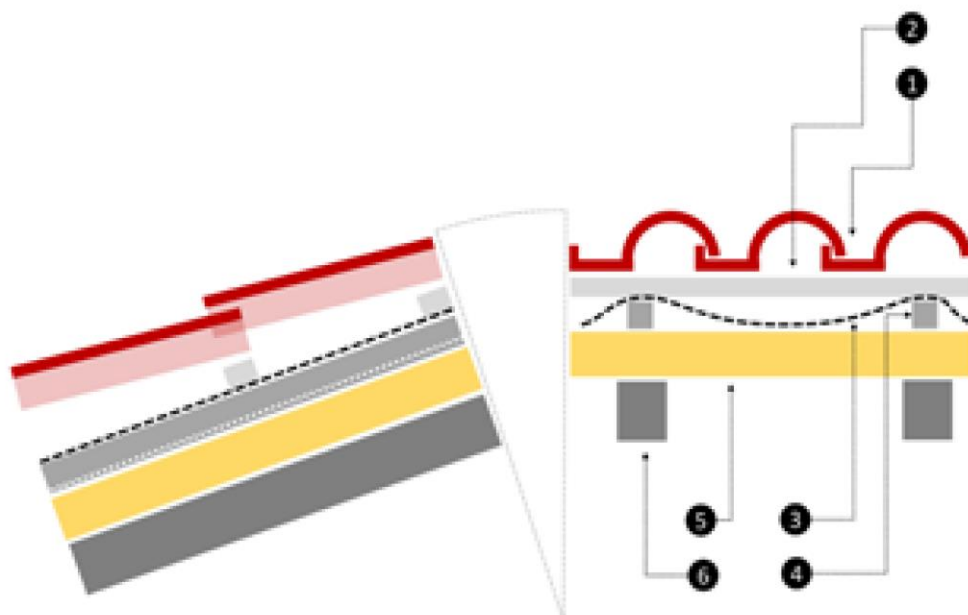


Figura 3.7 – Esquema de isolamento térmico contínuo, segundo a vertente. Fonte: Dias et al. (2018)

Legenda da Figura 3.7:

- 1 – Telha cerâmica
- 2 – Ripa de apoio da telha
- 3 – Complemento de estanqueidade
- 4 – Contra-ripa
- 5 – Isolamento térmico e eventual forro contínuo
- 6 – Varas de suporte do telhado

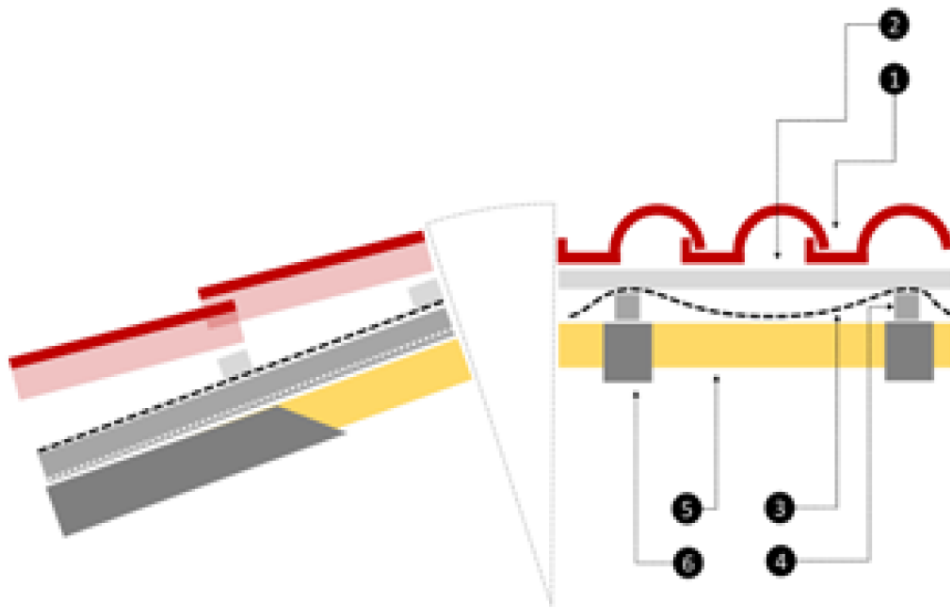


Figura 3.8 – Esquema de isolamento térmico descontínuo, segundo a vertente. Fonte: Dias et al. (2018)

Legenda da Figura 3.8:

- 1 – Telha cerâmica
- 2 – Ripa de apoio da telha
- 3 – Complemento de estanqueidade
- 4 – Contra-ripa
- 5 – Isolamento térmico e eventual forro contínuo
- 6 – Varas de suporte do telhado

3.1.6 Sistema de ventilação

Num sistema de cobertura com revestimento em telha, é importante que exista um equilíbrio entre a pressão causada pelo vento forte e a respetiva ação de sucção e uma estabilidade térmica de toda a estrutura (Morgado, 2012).

Para coberturas inclinadas de telha cerâmica distinguem-se dois tipos de ventilação: ventilação da face inferior da telha, ou micro-ventilação, e ventilação do desvão.

A ventilação da face inferior da telha é indispensável para o bom desempenho de uma cobertura. A correta circulação do ar acelera a secagem da água da chuva absorvida pela telha, evitando condensações indesejáveis e o desenvolvimento prematuro de micro-organismos. Em zonas em que se verificam grandes variações térmicas, uma ventilação adequada garante maior resistência ao descasque por ação dos ciclos gelo-degelo (Cerâmica Torreense).

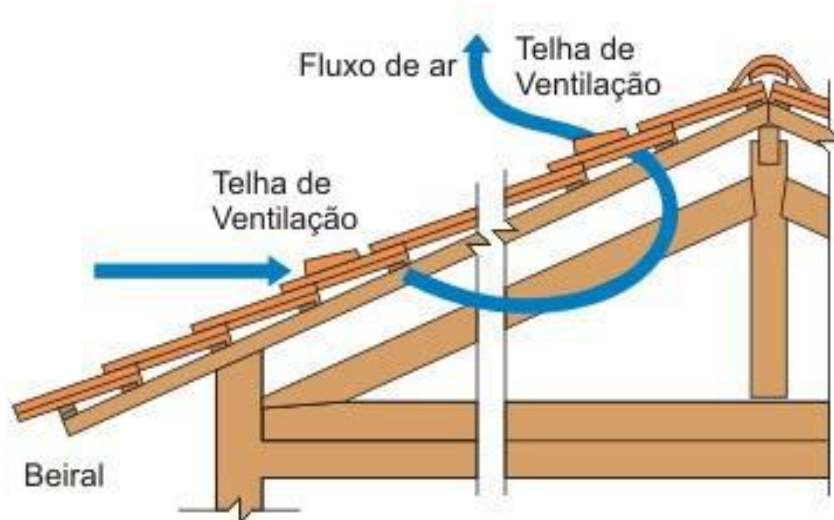


Figura 3.9 - Esquema de ventilação com telhas de ventilação. Fonte: Morgado (2012)

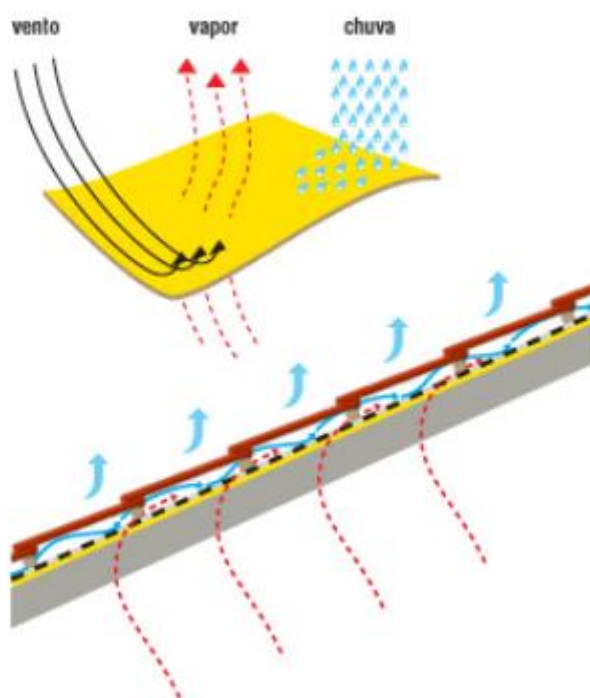


Figura 3.10 - Ação gelo-degelo. Fonte: Cerâmica Torreense

Este tipo de ventilação contribui para: (Cerâmica Torreense)

- ✓ Eliminar o vapor de água produzida no interior da habitação;
- ✓ A durabilidade das telhas em geral;
- ✓ A durabilidade das telhas sob a ação do gelo;
- ✓ Conservar o ripado, se este for de madeira;
- ✓ Reduzir, durante o Verão, o aquecimento por convecção.

As entradas e saídas de ar na cobertura, que forçam a circulação deste, prevêm-se a partir de telhas de ventilação e orifícios de ventilação na zona do beirado. As telhas de ventilação (mínimo de 3 para cada 10 m²) devem ser colocadas desencontradas junto ao beirado e à cumeeira (Cerâmica Torreense).

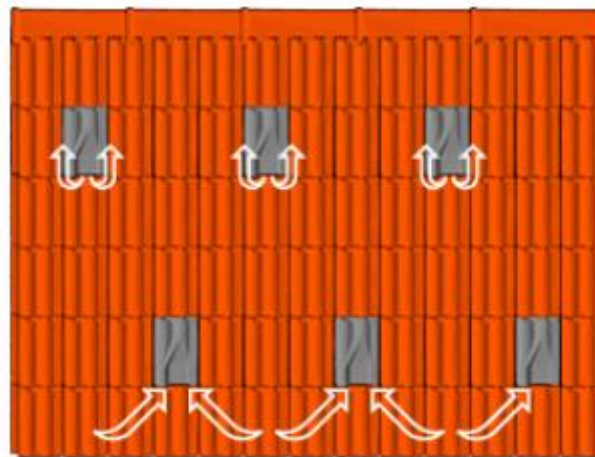


Figura 3.11 - Esquema da circulação do ar a partir de telhas de ventilação.

Fonte: Cerâmica Torreense

É necessário que exista espaço livre sob as telhas com 2 a 4 centímetros de altura o que corresponde à dimensão corrente das ripas.

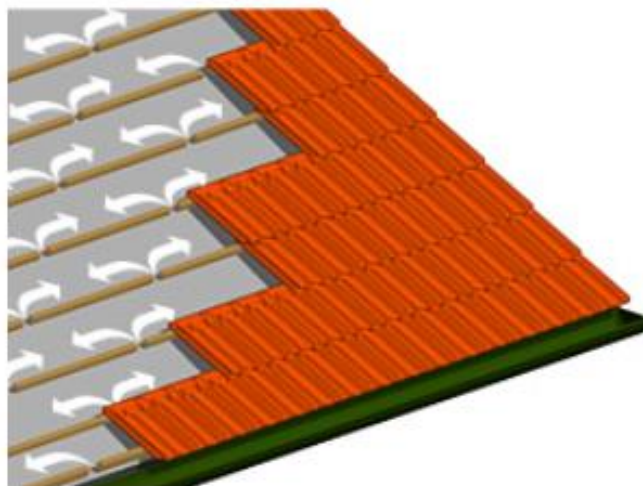
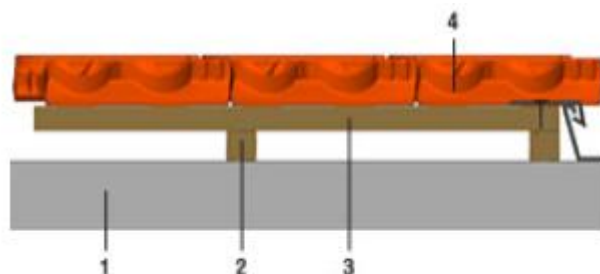


Figura 3.12 – Circulação de ar e respetiva posição das ripas. Fonte: Cerâmica Torreense

As ripas devem ser interrompidas 2 a 3 centímetros em pontos alternados a cada 3 ou 4 metros, para permitir a circulação de ar, tal como exemplificado na Figura 3.12.

As contra-ripas deverão ter pelo menos 2,5 centímetros para permitirem a circulação do ar nesse espaço.



Legenda da Figura 3.13:

- 1 – Laje
- 2 – Contra-ripa
- 3 – Ripa
- 4 – Telha

Figura 3.13 – Esquema ilustrativo da disposição de elementos de modo a existir circulação de ar.

Fonte: <https://www.ceramicatorreense.pt/pt/suporte-tecnico/aplicacao-telha-lusa/ventilacao-das-coberturas/> (12 de setembro)

A ventilação do desvão de uma cobertura vai garantir a durabilidade dos materiais, as condições de conforto térmico e a habitabilidade do espaço, se for o caso. Se o desvão não for habitado e a estrutura é descontínua, a ventilação faz-se pela entrada natural do ar no telhado, através da ação do vento.

Se o desvão é habitável, onde a salubridade deva ser garantida, então devemos tomar algumas medidas, nomeadamente se o forro for de madeira. Deve-se aplicar um isolante diretamente sobre o forro, cuidando sempre que a telha seja aplicada sobre ripa e este espaço, entre o isolante e a telha, seja

ventilado. Se a estrutura é descontínua podemos aplicar o isolante também de forma descontínua, como já foi analisado na aplicação do isolamento térmico (Cerâmica Torreense).

3.1.7 Camada de forro

Os forros são elementos contínuos colocados entre o desvão e face inferior das telhas e podem ser flexíveis ou rígidos, este elemento forra o interior da cobertura e permite nivelar o teto. (Paulo & Brito)

Os forros flexíveis são geralmente constituídos por mantas de feltros betuminosos ou filmes plásticos. Os forros rígidos podem ser elementos de madeira ou materiais derivados, pranchas pré-fabricadas, laje de betão armado. (Morgado, 2012)

Morgado (2012) (apud Atcheson, 2005) explica que a colocação de um forro, baseia-se em contra-ripas pregadas sobre o mesmo, coincidindo com as varas, mas com a mesma dimensão das ripas.

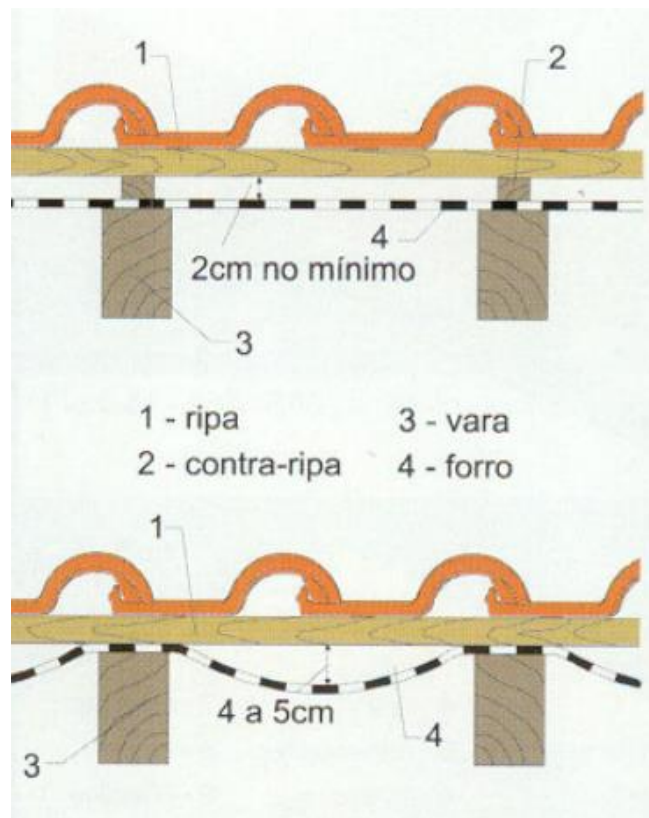


Figura 3.14 – Esquema exemplificativo da aplicação de forro rígido (representado na zona superior da figura) e flexível (representado na zona inferior da figura) e respetiva legenda. Fonte: (Paulo & Brito).

3.1.8 Subtelha

Permite equilibrar a estanqueidade da cobertura. As subtelhas consistem em chapas onduladas de metal, de fibrocimento, materiais plásticos ou betuminosos e podem ser aplicadas sobre superfícies contínuas ou descontínuas. Em coberturas inclinadas com superfícies contínuas, as subtelhas são colocadas diretamente sobre a superfície e são posteriormente fixadas com pregos ou parafusos. No caso de superfícies descontínuas, são aplicadas diretamente sobre o ripado. No caso de existir isolamento térmico, as subtelhas assentam diretamente sobre este, independentemente do tipo de superfície em causa. Para travamento das telhas devem aplicar-se por cima das placas de subtelha, ripas de PVC (Morgado, 2012).



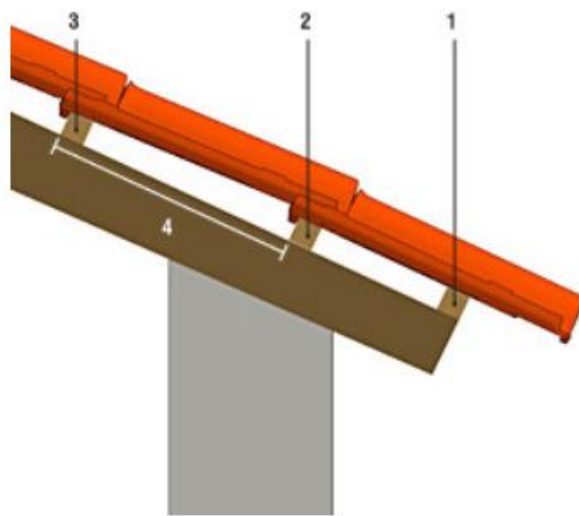
Figura 3.15 - Aplicação de subtelha. Fonte: <https://pt.onduline.com/pt-pt/particulares/produtos/825/subtelha-st150> (21 de julho de 2022)

3.1.9 Camada de ripado e fixações

É sobre as ripas que são apoiadas as telhas, possibilitando o equilíbrio e o posicionamento das telhas, transmitindo à estrutura as ações sobre elas exercidas (Morgado, 2012).

As ripas geralmente são de madeira de pinho, pré-fabricadas em betão, vigotas pré-esforçadas, perfis metálicos, em PVC ou argamassa sobre a laje. O espaçamento do ripado é a distância entre a parte superior de uma ripa e a parte superior da ripa seguinte (Cerâmica Torreense).

De modo que todo o sistema funcione eficazmente, as telhas devem ser fixas ao longo da periferia do telhado, inclusive nas cumeeiras, beirados e remates. (Morgado, 2012)



Legenda Figura 3.16:

- 1 – Primeira ripa
- 2 – Segunda ripa
- 3 – Terceira ripa
- 4 – Distância do ripado

Figura 3.16 – Esquema da colocação do ripado. Fonte: Cerâmica Torreense.

3.1.10 Sistema de drenagem

As águas das chuvas (águas pluviais) são drenadas de todos os pontos do telhado até aos sistemas de públicos de drenagem. Os elementos constituintes deste sistema passam por:

- ✓ Caleiras;
- ✓ Rufos;
- ✓ Tubos de queda;
- ✓ Ralo de pinha;
- ✓ Ralo de embocadura.



Figura 3.17 – Exemplo de sistema de drenagem de águas pluviais. Fonte:

<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/por-que-sistemas-de-drenagem-de-aguas-pluviais-exigem-projeto-cuidadoso/17923> (15 de setembro de 2022)

O percurso da água acompanha, primeiro, os canais da telha, encaminhando-se para os beirados, eventualmente através dos larós. Nos beirados dá-se a queda livre da água ou a sua recolha por caleiras ou algerozes, sejam interiores ou exteriores. As águas seguem para tubos de queda, com ou sem passagem por caixas de descarga, que as conduzem aos sistemas coletivos de drenagem. Os tubos de queda não devem descarregar diretamente para outros telhados. Assim, dá-se o mecanismo de escoamento das águas pluviais. O correto funcionamento deste sistema e a sua instalação e execução adequadas, evitam a retenção de água localizada, as escorrências nas fachadas através de beirais e cimalhas, a degradação do revestimento das alvenarias, bem como a degradação da estrutura de madeira da cobertura, junto à fachada e às paredes contíguas a outros edifícios. (Dias et al., 2018)

3.1.11 Pontos singulares

Morgado (2012) (apud ROCHA, 2008) admite que os pontos singulares são zonas do telhado que apresentam uma solução construtiva diferente do resto da cobertura.

Elementos da cobertura apresentados como pontos singulares: (Dias et al., 2018)

- ✓ Laró: interseção lateral de duas vertentes, formando um ângulo reentrante;
- ✓ Rincão: interseção de duas vertentes, formando um ângulo saliente;
- ✓ Cumeeira: intersecção superior, geralmente horizontal, de duas vertentes opostas, formando um ângulo saliente;
- ✓ Beiral: beira no início da vertente saliente da parede exterior, executada com a própria telha;

- ✓ Beirado: beira no início da vertente saliente da parede exterior, executada com peças acessórias, capa e bica;
- ✓ Claraboia: abertura existente na vertente de uma cobertura inclinada, que permite entrada de luz natural, podendo permitir ou não entrada de ar;
- ✓ Remate lateral de empena: Aresta que limita lateralmente uma vertente, correspondendo, no geral, à intersecção com uma parede ou não;
- ✓ Bordo superior ou remate da parede: aresta que limita superiormente uma vertente, correspondendo no geral à intersecção com uma parede emergente;
- ✓ Remate de chaminé: Aresta que limita uma vertente, correspondendo à intersecção com uma chaminé;
- ✓ Trapeira: Saliência no telhado, com abertura para entrada de ar e luz;
- ✓ Ligações entre vertentes.

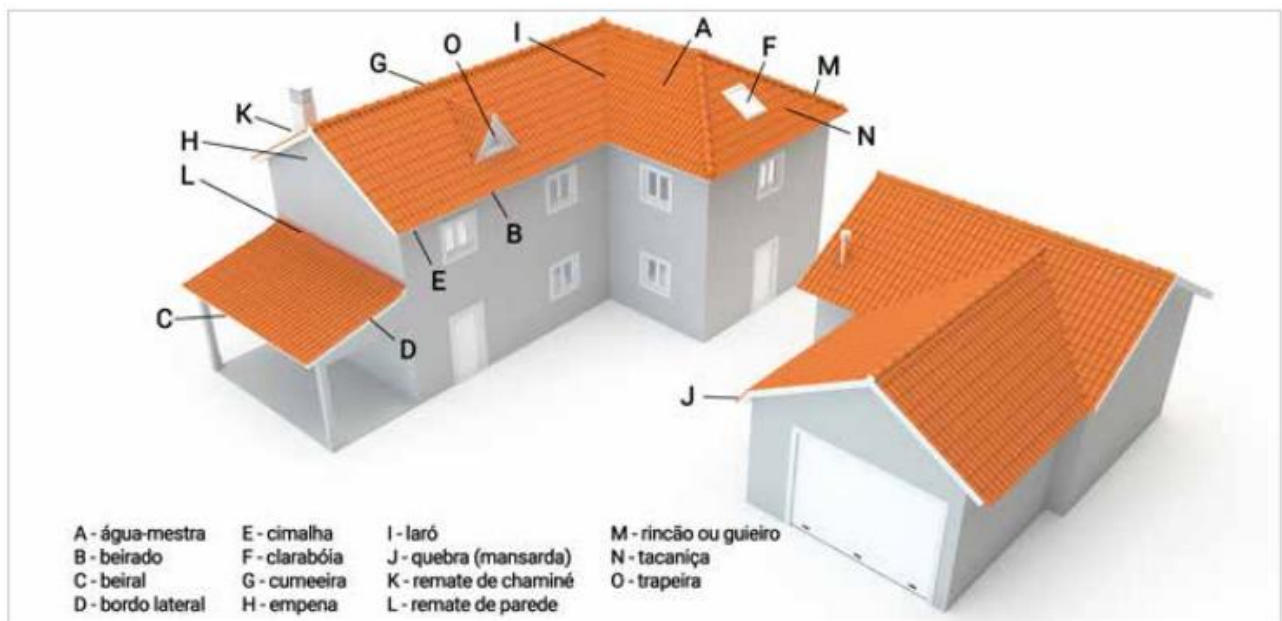


Figura 3.18 – Esquema onde são representadas as singularidades das coberturas, conforme legendado.

Fonte: (Dias et al., 2018)

3.2 EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS

Existe um conjunto de requisitos que uma cobertura deve reunir para que consiga desempenhar adequadamente as suas funções de proteção, funções específicas de tipologias de uso e de processos construtivos adotados. (Brito & Rato, 2003)

As coberturas devem satisfazer exigências relativamente ao conforto térmico, estanqueidade e de desempenho face a ações diversas suscetíveis de degradá-lo a longo prazo. (Brito & Rato, 2003)

“A cobertura tem de ser portanto eficiente perante as ações mecânicas, da temperatura, da radiação solar e da água.” (Brito & Rato, 2003, p.4)

Em relação às exigências de segurança tem de ser garantida a segurança estrutural, dimensionando a estrutura da cobertura de forma a resistir a cargas permanentes, cargas variáveis e cargas acidentais. Dependendo do edifício, deverá ser garantida segurança contra risco de incêndio (Brito & Rato, 2003).

As exigências de durabilidade são determinantes para a conservação dos elementos de uma cobertura e devem-se prever certas disposições construtivas para se realizarem ações de manutenção (Brito & Rato, 2003).

Tabela 3.2 – Exigências funcionais de coberturas inclinadas. Fonte: (Brito & Rato, 2003)

Exigências funcionais	Exigências	Descrição
Exigências de segurança	Segurança estrutural	Dimensionamento para combinações de ações
	Segurança contra incêndio	Comportamento ao fogo dos elementos de construção
		Reação ao fogo dos materiais
	Resistência a ações inerentes ao uso normal	Ações de punçãoamento
		Ações de choques acidentais
		Ação dos agentes atmosféricos
	Segurança contra as intrusões	
Exigências de habitabilidade	Estanqueidade	À água
		Permeabilidade ao ar
	Conforto higrotérmico	Inverno: isolamento térmico, Suscetibilidade a condensações
		Verão: isolamento térmico, proteção solar.
	Conforto acústico	Ruídos aéreos
		Ruídos de percussão

Exigências funcionais	Exigências	Descrição
	Conforto visual	Iluminação natural
		Refletividade da camada de proteção
	Aspeto	Exterior
		Interior
	Pureza do ar	
	Iluminação	
Exigências de durabilidade	Conservação das características dos materiais	Conservação das resistências mecânicas
		Estabilidade dimensional
		Resistência aos agentes químicos
		Comportamento ao gelo-degelo
	Limpeza, manutenção e reparação	
Exigências económicas	Limitação do custo global	Custos de construção
		Custos de conservação, manutenção e reparação
Outras	Estabilidade geométrica	
	Processo construtivo	
	Sustentabilidade	

3.3 FATORES DE ALTERAÇÃO E DEGRADAÇÃO DE COBERTURAS

Morgado explicita que os principais fatores que conduzem à deterioração de uma cobertura estão relacionados com fatores atmosféricos.

Cada sistema de cobertura apresenta uma curva característica de degradação, que pode ser generalizada de acordo com a Figura 3.19. Verifica-se que a degradação prematura e contínua provoca principalmente um aumento considerável dos custos de manutenção (J. Morgado, 2012).

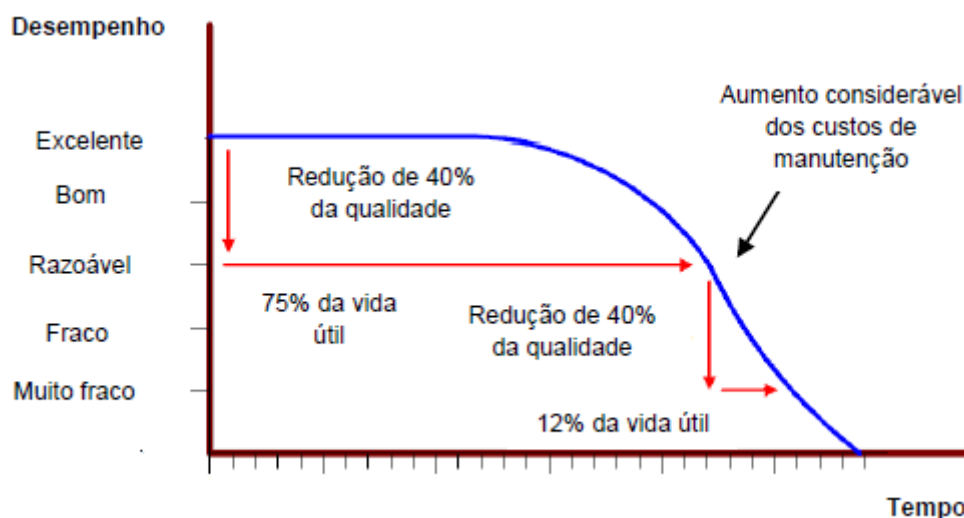


Figura 3.19 – Curva de deterioração de uma cobertura. Fonte Morgado (2012)

As ações que provocam a deterioração do sistema de cobertura são expostas de seguida.

i) Água

A acumulação de água permite o desenvolvimento de microrganismos provocando uma perda nas características das proteções das membranas e dos próprios revestimentos e deixando-os mais expostos aos fatores de deterioração. Quando as temperaturas são baixas, a água no estado líquido existente na estrutura interna da cobertura passa para o estado sólido, provocando um aumento do volume e a consequente fratura interna. Se a cobertura apresentar fissuras, a água ao infiltrar-se nessas zonas, provoca o empolamento das membranas. O vapor de água derivado das condições de uso do edifício, apresenta um fluxo ascendente e, ao atravessar as diferentes camadas de uma cobertura, pode provocar a condensação no interior dos materiais e, consequentemente, os mesmos efeitos originados pela água da chuva. (J. Morgado, 2012)

ii) Temperatura

Morgado (2012) (apud TRUJILLO, 2002; DIAS, 2008) explica que as temperaturas elevadas afetam significativamente elementos constituídos por materiais betuminosos (membranas e emulsões à base de betumes). A temperatura provoca a volatilização dos materiais e consequente retração, endurecimento e fissuração dos produtos betuminosos. Nas membranas de PVC, quando sujeitas a temperaturas

elevadas, revela-se perda significativa de plastificantes o que conduz a uma diminuição do alongamento na rotura e um aumento do módulo de elasticidade. De um modo geral para as membranas, existe uma perda de eficácia da aderência das ligações executadas por sobreposição e o empolamento das membranas, devido à passagem da água que se encontra no interior das camadas, do seu estado líquido para o gasoso. Estes procedimentos acabam por acelerar a degradação todo o sistema de cobertura.

iii) Radiação solar

Os materiais são afetados pelos raios ultravioleta, mas também pelos raios infravermelhos, mesmo que estes últimos não tenham o mesmo impacto na deterioração dos elementos do sistema de cobertura. Os raios ultravioleta provocam a deterioração dos materiais, que vai aumentando ao longo do tempo, resultando no envelhecimento prematuro desses materiais. Os raios infravermelhos provocam o aquecimento dos diferentes materiais constituintes dos elementos, o que provoca fenómenos de dilatação e contração. A estabilidade da cobertura é afetada, como consequência dos processos expostos e pelas consequentes fissuras e fraturas dos materiais (Morgado, 2012).

iv) Vento

A interação do ar em movimento com a cobertura resulta numa pressão dinâmica que provoca efeitos de sucção e uma sobrepressão relevante sobre a superfície da cobertura. As forças de sucção provocam o arrastamento de proteções pesadas da impermeabilização e dos revestimentos em coberturas inclinadas, deixando-as expostas à agressão dos restantes agentes atmosféricos. A quantificação da ação do vento depende do zonamento territorial (estabelecido no Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes, R.S.A.) e das características geométricas e dinâmicas da cobertura. (Brito & Rato, 2003; Morgado, 2012)

CAPÍTULO 4

CASO DE ESTUDO

Neste capítulo vai ser apresentado o caso de estudo, a metodologia a seguir para a elaboração do presente trabalho, assim como os resultados obtidos e a discussão destes.

O caso de estudo proposto pela empresa *TFP, Vinhos, S A*, no âmbito de um estágio curricular tem como objetivo principal a avaliação da vida útil dos EFM e na elaboração de um plano de inspeção e manutenção (PIME) do sistema de cobertura de um edifício de armazenamento e envelhecimento de vinho do Porto.

Primeiramente, vai ser exposto o caso de estudo e os elementos fonte de manutenção para se poder proceder ao cálculo da vida útil estimada de cada EFM, aplicando o método fatorial. Após determinadas as VUE, é possível saber quando cada elemento terá de ser substituído. Na fase seguinte, será exposto o plano de inspeção e manutenção que foi desenvolvido. Por fim, é apresentado um estudo comparativo de orçamentos associados a ações de manutenção.

4.1 EMPRESA

A empresa, TFP, Vinhos, S A, também conhecida por *The Fladgate Partnership*, possui negócios no vinho do Porto, turismo e distribuição. A empresa fundadora do grupo é a *Taylor's*, que data de 1692. Foi pioneira no vinho do Porto e, mais recentemente, no turismo. Em Portugal, dispõe também de uma empresa de distribuição que fornece os seus vinhos e os de terceiros a hotéis, restaurantes, retalhistas e consumidores.

O comércio de exportação de vinhos do Porto aumenta, a partir de finais do século XVII. Só a partir do século XVIII é que o Entreposto se afirmou. As estruturas para armazenamento de vinho foram essenciais na consolidação da malha urbana do Entreposto. Surge, assim, afirmação da margem esquerda de Gaia perante a do Porto. O reconhecimento enológico das potencialidades do lugar para o envelhecimento dos vinhos não foi determinante na formação do Entreposto e só ganhou peso a partir do século XVIII, quando o Entreposto já estava conformado. Em 1926 foi criado o “Entreposto Único e Privativo do Vinho do Porto” e todas as empresas ligadas ao comércio do vinho do Porto passariam a ter aqui obrigatoriamente os seus

armazéns de envelhecimento, não havendo vinho do Porto que não passasse pelo Entrepasto, o que permitiu controlar as adulterações e falsificações. (Pereira, 2008)

A *Taylor's* possui caves das mais antigas do Entrepasto remetendo para o século XVII. A história da empresa começa quando o fundador da empresa chegou a Portugal em 1692 e foi o impulsionador da aquisição de quintas na Região do Douro.

Estes anos de história, são visíveis no vasto património que a empresa possui nos dias de hoje, pelo que há interesse por parte da empresa em conservar as suas instalações ligadas ao negócio do Vinho do Porto.

4.2 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício em estudo localiza-se na quinta dos Barões, na Avenida D. João II, em Vila Nova de Gaia. Trata-se de um armazém, denominado de armazém D, e classifica-se como um espaço misto, relativamente ao modo de operação deste. Destina-se ao armazenamento do vinho, mas também funciona como um espaço de eventos. Estas duas atividades que o espaço acolhe, foram projetadas para decorrerem em simultâneo, com delimitação do espaço de eventos do resto do armazém, onde se encontram cascos e balseiros.



Figura 4.1 - Vista aérea do edifício objeto de estudo.

As 5 coberturas integrantes do armazém D caracterizam-se como coberturas de duas águas, sendo estas os objetos de estudo do presente relatório.

As coberturas foram alvo de intervenções recentes, nomeadamente ações de reabilitação, que se realizaram em 2016.



Figura 4.3 - Foto da vista superior das coberturas do armazém D.



Figura 4.2 – Planta de arquitetura do armazém D.

Os trabalhos de reabilitação das coberturas foram abrangidos pelas seguintes ações:

Ações de demolição

- ✓ Retirada de toda a telha e transporte de produtos para vazadouro;
- ✓ Retirada de todos os rufos e caleiras, incluindo transporte de produtos para vazadouro;
- ✓ Retirada de forro, vigas e asnas de madeira e transporte de produtos para vazadouro.

Construção civil

- ✓ Execução de nova estrutura em madeira constituída por asnas, madres e barrotes para suporte do forro;
- ✓ Fornecimento e aplicação de forro de madeira;
- ✓ Fornecimento e aplicação de subtelha, incluindo ripado para assentamento da telha;
- ✓ Fornecimento e aplicação de telha, incluindo cortes e remates
- ✓ Fornecimento e aplicação de telha de policarbonato (claraboias) e com apainelado de madeira;
- ✓ Fornecimento e aplicação de telha de ventilação, incluindo cortes e remates;
- ✓ Fornecimento e aplicação de caleira em chapa zincada, incluindo sobreposições;
- ✓ Fornecimento e aplicação de rufos em chapa zincada;
- ✓ Fornecimento e aplicação de tubos de queda em PVC, incluindo fixações;
- ✓ Execução de pintura de toda a cobertura e estrutura de madeira, com 3 demãos de bondex aquoso.
- ✓ Fornecimento e aplicação de cumieira de ventilação, que inclui estrutura de suporte.

4.2.1 Trabalhos realizados nas coberturas/ Últimas intervenções nas coberturas

Numa primeira fase, fez-se uma demolição cuidada de parte das coberturas para se proceder à colocação de nova cobertura. Teve-se de retirar elementos como telhas, caleiras e rufos, forro, vigas e asnas de madeira para tratamento ou substituição.

A estrutura de suporte, constituída por asnas, madres e tirantes, encontrava-se assente em vigas de betão armado. Os elementos apresentavam-se bastante deteriorados, pelo que se teve de proceder à remoção de todos os elementos e foi feita uma avaliação para se avaliar quais os elementos que poderiam ser reaproveitados, havendo a hipótese de não ser possível aproveitar nenhum destes elementos.

A nova estrutura da cobertura é constituída por cinco conjuntos de asnas compostas de madeira, com vãos de 15 metros e afastadas de 4 metros, sobre uma estrutura reticulada existente de pilares e vigas de betão armado, apoiando madres de madeira que suportam o varedo sobre o qual a cobertura tradicional é colocada. As asnas e as madres são constituídas por madeira lamelada colada homogénea da classe GL24h e o varedo por madeira maciça da classe C24, a madeira constituinte destes elementos é de abeto. É também preconizado um elemento de betão armado no coroamento das paredes de fachada, que confere o apoio às asnas de extremidade e contribui para o isolamento higratérmico da fachada.

Após ter sido reposta a estrutura de suporte, colocou-se a camada de forro e ripado. O ripado foi assente em contra-ripa, colocado perpendicularmente às ripas de suporte e abaixo destas, formando uma zona de circulação de ar entre a laje e as telhas. Foi adotada esta solução, uma vez que o isolamento térmico foi aplicado na face superior da laje inclinada, evitando assim o contacto direto entre o material isolante e as telhas cerâmicas. Em conjunto com as telhas cerâmicas do tipo Marselha, foram aplicadas placas de subtelha fibrobetuminosa. Para travamento deste tipo de telhas devem aplicar-se por cima destas ripas de PVC.

A seguinte operação foi a aplicação das telhas cerâmicas. Foram misturadas as telhas novas com as telhas usadas, de modo a atenuar as diferenças de tonalidades. A aplicação da telha iniciou-se pelo canto inferior direito da vertente, de baixo para cima, de modo que cada telha recubra a colocada anteriormente.

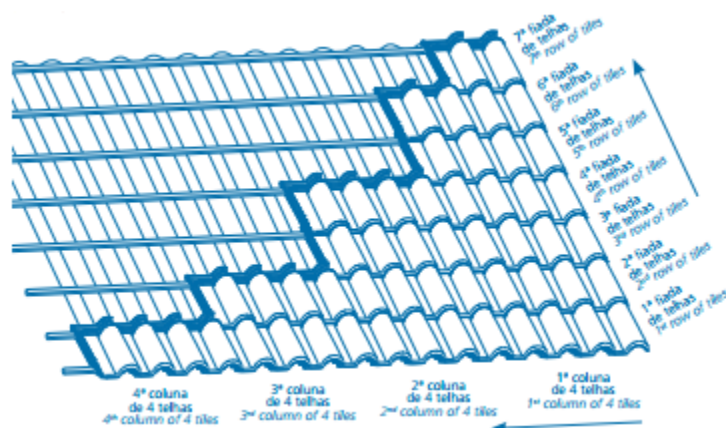


Figura 4.4 – Esquema ilustrativo da colocação da telha cerâmica. Fonte: Retirado dos procedimentos para os trabalhos a realizar nas coberturas, fornecido pela empresa TFP.

Por último, o beirado aplicou-se da mesma forma que a telha, da direita para a esquerda. Antes de assentar o beirado, foi importante ensaiar o conjunto, que consistiu em verificar que a zona de aplicação

do beirado estava desempenada, seguindo-se um ensaio do encaixe entre todas as peças, cantos, remates especiais, telha a aplicar na pendente e a distância respetiva.

4.2.2 Os elementos de construção incorporados num espaço vinícola

A modernização da indústria vinícola traz consigo um conhecimento mais aprofundado sobre quais as melhores condições dos espaços que albergam o vinho e que melhoram naturalmente todos os processos de vinificação. O melhoramento das condições de espaço interior a partir do controlo da temperatura, humidade e luz artificial, resultam na qualidade dos espaços. Pisos enterrados aliados a paredes de pedra de grandes espessuras, com pavimentos idealmente em terra e cobertura de telha, proporcionam um lugar invólucro que isolam o ambiente interior (Almeida, 2013).

O vinho produzido na região do Douro, é transportado para Vila Nova de Gaia, onde este passa por tratamentos e é armazenado e envelhecido em cascos, para depois ser distribuído, pronto para consumo. Vila Nova de Gaia, desde há muitos anos, que se apresenta como um local com condições favoráveis para o envelhecimento do vinho, devido à proximidade do mar, com baixas amplitudes térmicas e elevada humidade relativa do ar.

O armazenamento e posterior envelhecimento ou maturação, em recipientes de madeira, é o que confere a identidade ao vinho do Porto. Assim, existem certas características de espaço interior particulares a este ambiente, para que não seja comprometida a qualidade do vinho nesta fase do processo vinícola. Condições como a temperatura, a humidade relativa e a exposição solar são fundamentais para evitar a evaporação do vinho. O teor de humidade relativa desejável aponta para valores entre 60% a 65%, podendo atingir os 75%. No entanto, acima deste valor o risco de formação de fungos acresce significativamente (Almeida, 2013).

Contudo, o que será benéfico para o produto em questão, não será necessariamente para os elementos construtivos do espaço em comum. Posto isto, para o presente estudo, é de interesse estudar as condições interiores que afetam a qualidade dos elementos construtivos e que serão avaliadas no cálculo da vida útil dos EFM.

O teor de humidade relativa que o espaço interior apresenta, pode comprometer o estado de conservação dos EFM das coberturas e a salubridade do espaço, pelo que é necessário abordar posteriormente, este fator, assim como a temperatura e ventilação do espaço interior.

Com base na informação exposta, é possível concluir que certas características de ambiente interior se revelam incompatíveis em termos de envelhecimento do vinho e para manter a preservação dos elementos construtivos da cobertura. Assume, assim, a manutenção um papel de grande importância, para o prolongamento da vida útil desses elementos.

Estas condições de ambiente exterior mencionadas, vão ser abordadas mais pormenorizadamente na apresentação do fator modificador relativo às condições deste meio.

4.3 METODOLOGIA

A partir da descrição acima referida sobre os trabalhos realizados a nível da cobertura do armazém D, vão ser expostos os elementos fonte de manutenção.

Os trabalhos de reabilitação, sendo recentes, proporcionam um bom estado de conservação às coberturas, no entanto, e como parte do objetivo deste trabalho, será prudente aliar à referida intervenção ações de manutenção, para que a vida útil dos elementos seja prolongada. Posto isto, é necessário calcular a vida útil estimada (VUE) de cada elemento do sistema de cobertura, através do método fatorial, para se obter o momento de fim de vida útil desse mesmo elemento. Como parte deste estudo, considerou-se relevante fazer a comparação entre os elementos que serão alvo de ações de manutenção e como estas ações influenciam no prolongamento da vida útil dos elementos e a determinação da VUE dos elementos sem qualquer tipo de manutenção e avaliar, posteriormente, os custos de manutenção.

4.4 ELEMENTOS FONTE DE MANUTENÇÃO – COBERTURAS ARMAZÉM D

Após a exposição dos trabalhos de reabilitação efetuados nas coberturas do armazém D, vão ser apresentados os elementos fonte de manutenção (expostos na Tabela 4.1) que constituem o novo sistema de cobertura, assim como os seus materiais e componentes.

Tabela 4.1 - Elementos Fonte de Manutenção do caso de estudo e respetiva vida útil de referência.

Elemento da envolvente exterior horizontal	Tipo de elemento	Elementos fonte de manutenção	Material constituinte do EFM	VUR (anos)
Cobertura inclinada	Superfície corrente	Revestimento	Telha cerâmica	45 (adaptado de (Baptista, 2017; R. Matos, 2016; J. Morgado, 2012))
		Subtelha	Fibras minerais e vegetais, fibras e resina	30 (Fonte: fabricante Onduline ²)
		Ripado	Madeira maciça de pinho tratado	-
		Forro	Madeira	-
		Isolamento	Mineral	35 (Fonte: Morgado, 2012)
	Estrutura de suporte	Asnas	Madeira lamelada colada de abeto	40 (Fonte: (Baptista, 2017; J. Morgado, 2012))
		Madres	Madeira lamelada colada de abeto	
		Varas	Madeira maciça de abeto	
		Laje	Betão armado	
	Sistema de drenagem	Caleira	Zinco	15 (Fonte: (R. Matos, 2016; J. Morgado, 2012))
		Tubos de queda	Misto (PVC e metálico)	
		Ralo de pinha	Metálico	
	Sistema de ventilação	Micro-ventilação	-	-
		Ventilação do desvão	-	
	Elementos de fixação	Parafusos e outros elementos de fixação	Metálicos	20 (Fonte: (Baptista, 2017; J. Morgado, 2012))
	Sistema de remates	Remates em cumieiras	Metálicos	
		Remates no beiral		

² https://pt.onduline.com/pt-pt/particulares/produtos/825/subtelha-st150?gclid=CjwKCAjw3qGYBhBSEiwAcnTRLtBuYnQ_gVwIVV-MNHSwcu_7G8Uw-ugX91F6UJ4xsqi-xvzNu-JJChoC_OkQAvD_BwE (consultado no dia 21 de julho de 2022)

Elemento da envolvente exterior horizontal	Tipo de elemento	Elementos fonte de manutenção	Material constituinte do EFM	VUR (anos)
		Remates no rincão		20 (Fonte: (Baptista, 2017; J. Morgado, 2012)
		Remates no laró		
		Remates em tubagens emergentes		
		Remates nas juntas de dilatação		
		Remates nas paredes emergentes		
	Vãos	Claraboias	Madeira	25 (Fonte: Valente, 2016)

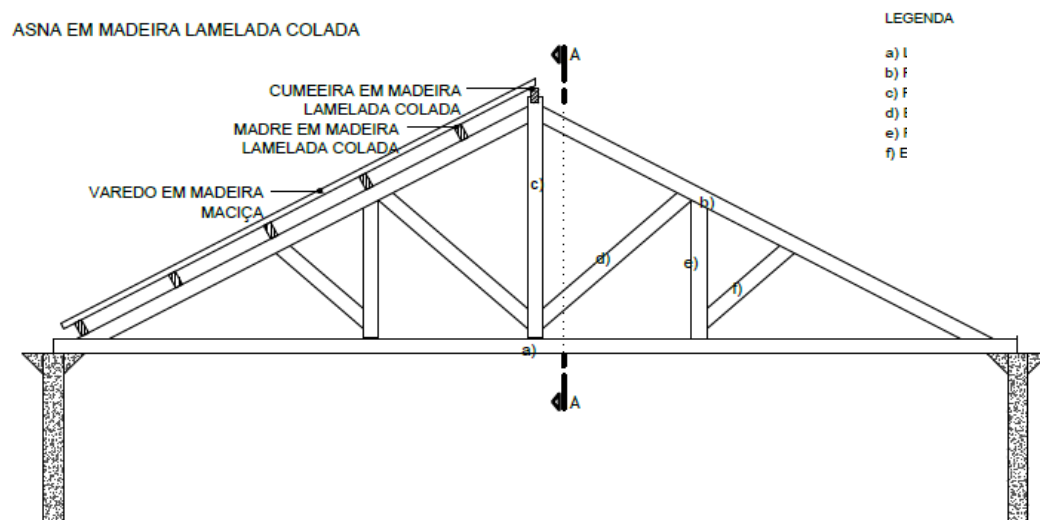


Figura 4.6 – Pormenor construtivo da estrutura de suporte. Fonte: Fornecido pela empresa TFP.

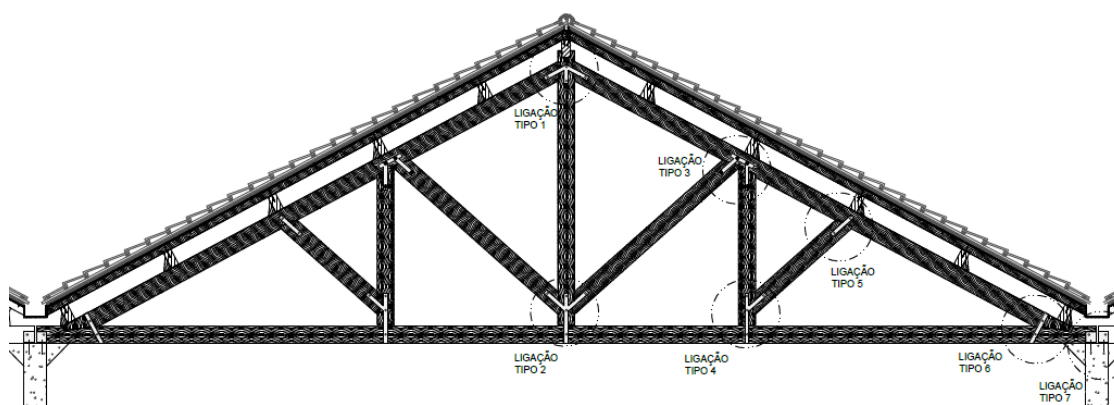
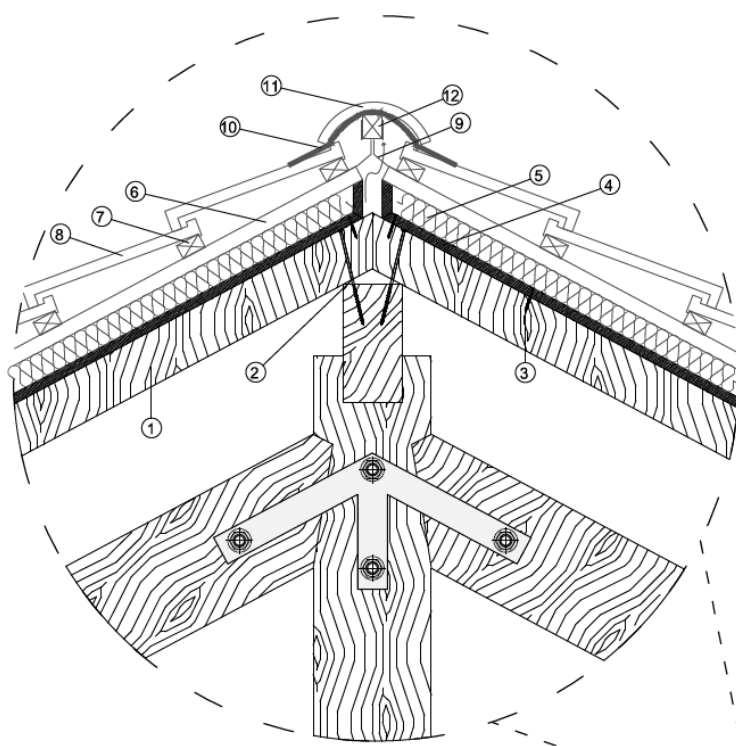


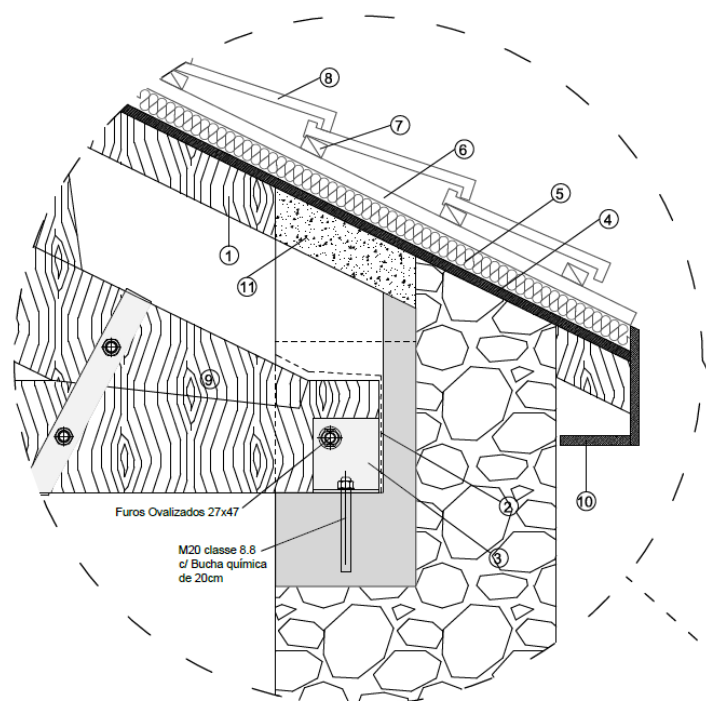
Figura 4.5 - Pormenor construtivo das ligações da estrutura de suporte. Fonte: Fornecido pela empresa TFP.



Legenda

1. Barrote de Abeto
2. Parafuso 6x200mm de cabeça embutir
3. Parafuso 4x50mm de cabeça embutir
4. Tricapa 19mm
5. Isolamento 50mm
6. Subtelha
7. Ripa suporte Telha
8. Telha cerâmica
9. Porta - Ripa Universal
10. Remate de alumínio regulável
11. Telhão cerâmica
12. Viga de suporte de cumeeira

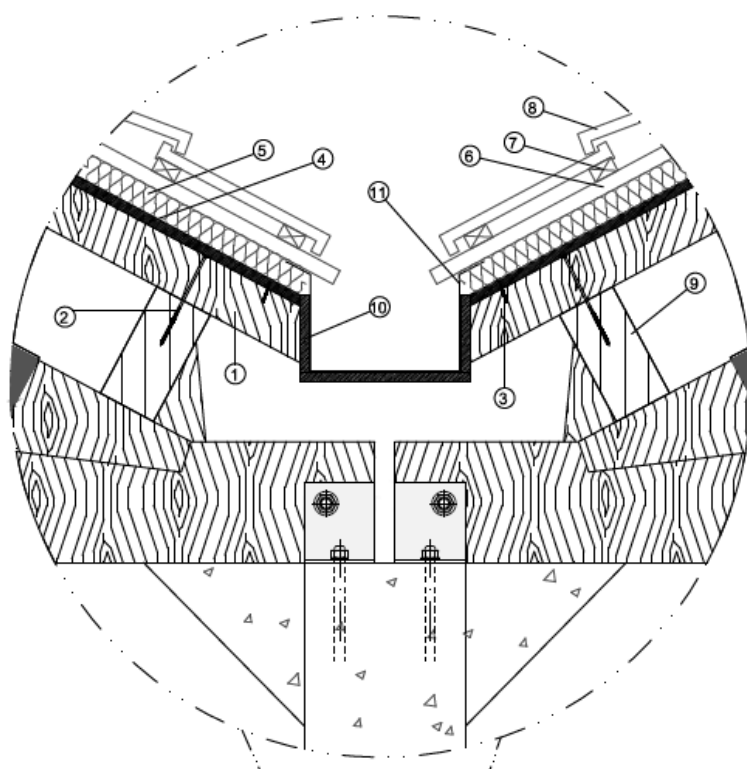
Figura 4.7 - Pormenor construtivo do apoio da asna na parede de alvenaria. Fonte: Fornecido pela empresa TFP.



Legenda

1. Barrote de abeto
2. Tela Respirável e impermeável
3. Cantoneira metálica com furo ovalizado para fixação da asna
4. Tricapa 19mm
5. Isolamento 50mm
6. Subtelha
7. Ripa suporte Telha
8. Telha cerâmica
9. Asna
10. Beirado de 20cm
11. Enchimento entre barrote com argamassa

Figura 4.8 – Pormenor construtivo do cumee. Fonte: Fornecido pela empresa TFP.



Legenda

1. Barrote de Abeto
2. Parafuso 6x200mm de cabeça embutir
3. Parafuso 4x50mm de cabeça embutir
4. Tricapa 19mm
5. Isolamento 50mm
6. Subtelha
7. Ripa suporte Telha
8. Telha cerâmica
9. Madre 120x240mm
10. "caixote" suporte caleira
11. Caleira

Figura 4.9 – Pormenor construtivo caleira. Fonte: Fornecido pela empresa TFP.

Nas seguintes imagens encontram-se expostos registos fotográficos dos elementos construtivos.



Figura 4.10 – Cobertura Armazém D



Figura 4.11 – Armazém D

Na Figura 4.10 e Figura 4.11 foi captada a vista exterior do armazém D, de diferentes perspetivas. A Figura 4.11 mostra a fachada do edifício.

As figuras que se seguem apresentam os elementos fonte de manutenção que encontram no interior do edifício, com a respetiva legenda. A Figura 4.12 apresenta o revestimento em telha cerâmica, tendo sido captada a imagem pelo interior do edifício.

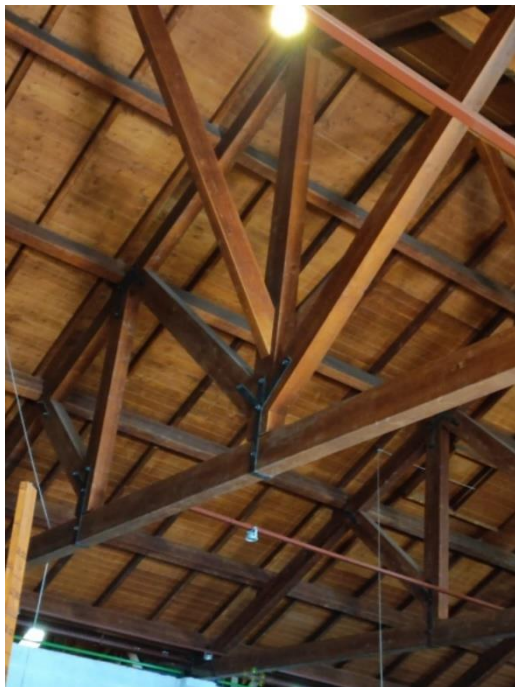


Figura 4.13 – Asna de madeira



Figura 4.12 - Revestimento em telha cerâmica –
cobertura Armazém D



Figura 4.15 – Elementos da cobertura, vista
pelo interior

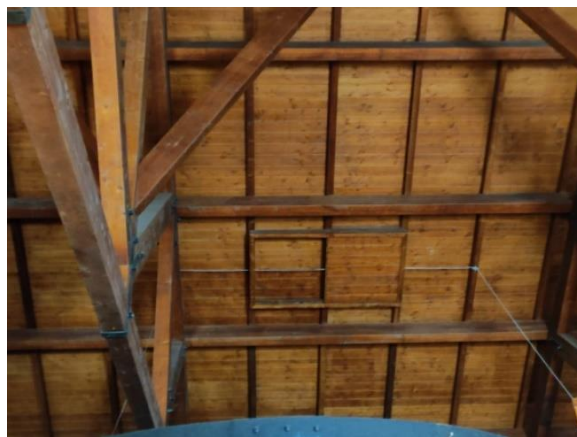


Figura 4.14 - Elementos da cobertura, vista pelo
interior

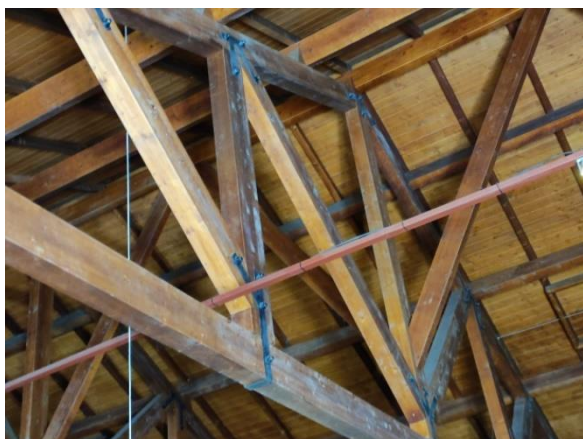


Figura 4.17 – Asna de madeira



Figura 4.16 – Asna de madeira

Nas Figura 4.17 e Figura 4.16 é visível a formação de microrganismos na asna de madeira lamelada colada.

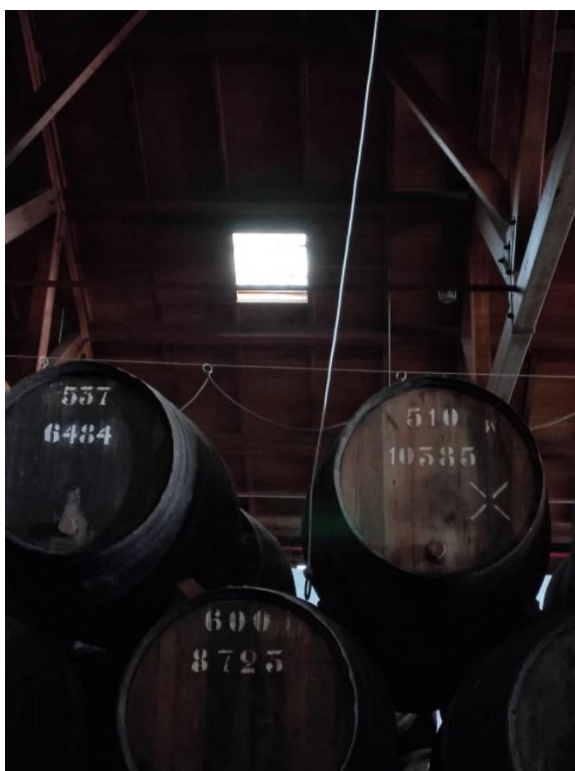


Figura 4.18 – Claraboia

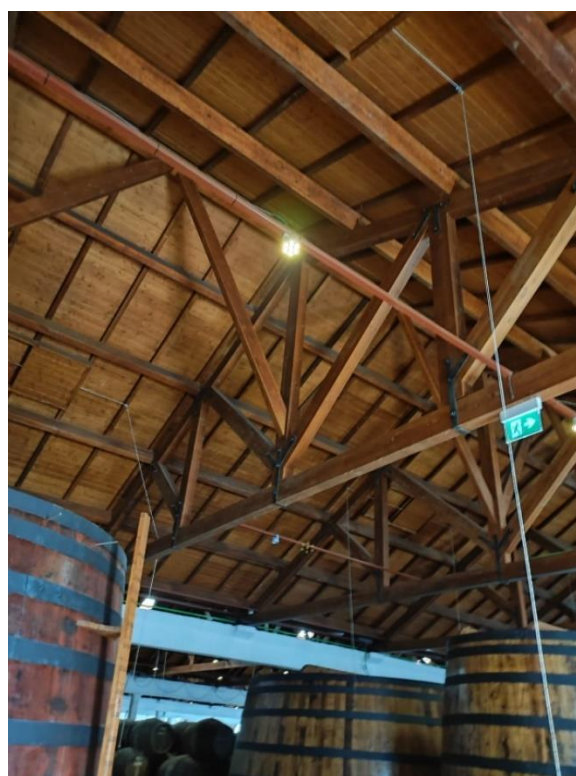


Figura 4.19 – Elementos da cobertura, vista pelo interior

As seguintes figuras apresentam um registo fotográfico do sistema de drenagem, nomeadamente a caleira e tubo de queda.



Figura 4.21 – Caleira e tubo de queda



Figura 4.20 – Tubo de queda

4.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO FATORIAL

A partir do método fatorial, abordado anteriormente, vão ser expostos os fatores modificadores, e a subdivisão dos mesmos, em aspetos mais detalhados, para se proceder ao cálculo da Vida Útil Estimada (VUE) de cada Elemento Fonte de Manutenção (EFM).

O tempo de vida útil estimado de cada elemento é condicionado pelo valor do índice de durabilidade atribuído a cada subfactor. Nesta avaliação, o parâmetro da manutenção será determinante para que se possa estabelecer a comparação entre a VUE de cada EFM que tenha sido alvo de intervenções de manutenção, ou a VUE do EFM, sem qualquer tipo de manutenção. Este estudo irá reforçar a importância que a manutenção apresenta, no que diz respeito a elementos construtivos, e como componente de apoio na elaboração do plano de manutenção, para se conseguir perceber em que momento um designado elemento terá de ser substituído. No cálculo de custo do ciclo de vida do sistema de cobertura, esta questão da importância da manutenção será novamente abordada.

4.5.1 Fatores modificadores

Representando cada fator modificador um conjunto de exigências que se devem satisfazer para o bom desempenho e durabilidade dos EFM, de seguida irão ser expostos cada um destes, assim como cada subfactor, tendo por base a consulta do caderno de encargos e bibliografia adequada.

Fator A

Este fator define-se pela qualidade de todos os componentes e materiais do sistema de cobertura e o fornecimento do produto à obra. Este último parâmetro abrange a declaração de Conformidade Europeia (CE) e Certificado de Qualidade. A aplicação da marcação CE pode ser atribuída pelo fabricante ou por um organismo de certificação, como comprovativo de que os produtos cumprem as diretivas comunitárias que lhes são aplicáveis, permitindo a sua livre circulação no Espaço Económico Europeu. O regulamento (EU) n.º 305/2011O dita que a marcação CE é aplicada nos produtos de construção para os quais o fabricante tenha feito uma declaração de desempenho; esta declaração assegura os requisitos essenciais que um produto de construção deve reunir. O certificado de qualidade é atribuído por uma entidade de certificação que avalia a conformidade de um produto. Um material com marcação CE e certificado de qualidade, distingue-se no mercado, com elevado nível de desempenho e qualidade.

De seguida, são expostos os subfactores que representam os parâmetros condicionantes para a qualidade dos materiais que constituem cada EFM.

Tabela 4.2 – Fator A1 – Fornecimento o produto à obra. Fonte: Matos (2007).

Fator A1	Classificação segundo o fornecimento do produto à obra	Valor proposto
	Com marcação CE e Certificado de Qualidade	1.2
	Com marcação CE emitida pelo fabricante ou com Certificado de Qualidade	1.0
	Sem marcação CE e sem Certificado de Qualidade	0.8

Os valores aplicados a este subfator variam entre 0.8 e 1.2. Alguns materiais tanto apresentavam marcação CE como tinha sido atribuído por uma entidade especializada um certificado de qualidade, sendo atribuído um valor de 1.2. Já a maioria dos materiais apresentavam marcação CE e declaração de desempenho, portanto para estes casos o valor atribuído será 1.0. Nos materiais que não apresentem qualquer tipo de garantia de conformidade ou que não estivesse exposta na compilação técnica dos

materiais, atribui-se o valor 0.8. A atribuição dos valores propostos deste subfactor, estão apresentados no cálculo da vida útil estimada de cada EFM, no subcapítulo 4.6.

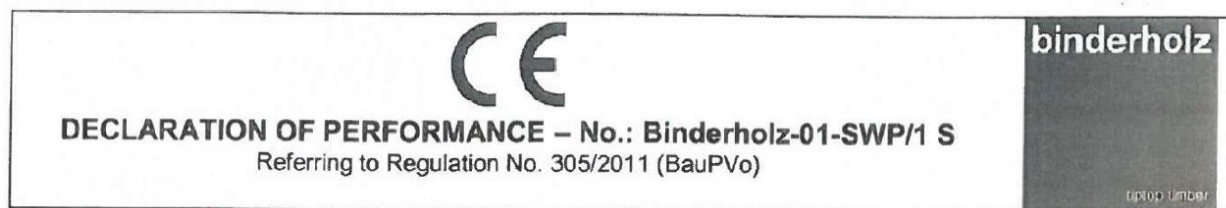


Figura 4.22 – Exemplo da marcação CE aplicada à madeira lamelada colada.

EFM – Revestimento de telha cerâmica

Tabela 4.3 – Fator A2 – Qualidade da telha cerâmica.

	Qualidade da telha cerâmica	Valor proposto
Fator A2	Revestimento de telha cerâmica compatível com o suporte, cujas características apresentam desempenho superior relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Revestimento de telha cerâmica compatível com o suporte, cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Revestimento de telha cerâmica incompatível com o suporte, cujas características não estão de acordo com as exigências funcionais e/ou com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor escolhido: 1.2. A telha cerâmica apresenta características que lhe conferem elevada impermeabilidade e durabilidade.

EFM – Subtelha

Tabela 4.4 – Fator A3 – Qualidade da subtelha.

Fator A3	Qualidade da subtelha	Valor proposto
	Subtelha, cujas características apresentam desempenho superior relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Subtelha, cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Subtelha, cujas características não estão de acordo com as exigências funcionais e/ou com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor adotado: 1.0. As características da subtelha estavam de acordo com as exigências funcionais.

EFM – Estrutura de suporte

Tabela 4.5 – Fator A4 - Qualidade da asna e madres.

Fator A4	Qualidade da asna e madres	Valor proposto
	Madeira lamelada colada com características que apresentam desempenho superior relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Madeira lamelada colada cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Madeira lamelada colada cujas características não estão de acordo com as exigências funcionais e/ou com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor adotado: 1.2. As características da madeira lamelada colada de abeto, que constitui os elementos da asna e madres apresentavam desempenho superior relativamente ao descrito nos procedimentos para os trabalhos da cobertura. A madeira foi sujeita a um sistema de secagem que confere teor de água tão próximo quanto possível do correspondente ao equilíbrio nas condições ambientes a que a estrutura ficará sujeita.

Tabela 4.6 - Fator A5 - Qualidade das ripas.

Fator A5	Qualidade das ripas	Valor proposto
	Madeira maciça de pinho tratado com características que apresentam desempenho superior relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Madeira maciça de pinho tratado cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Madeira maciça de pinho tratado cujas características não estão de acordo com as exigências funcionais e/ou com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor adotado: 1.0. A madeira maciça constituinte do ripado apresenta características que estão de acordo as exigências funcionais.

Tabela 4.7 - Fator A6 - Qualidade do varedo.

Fator A6	Qualidade do varedo	Valor proposto
	Madeira maciça de abeto com características que apresentam desempenho superior relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Madeira maciça de abeto cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Madeira maciça de abeto cujas características não estão de acordo com as exigências funcionais e/ou com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor adotado: 1.0. Madeira maciça constituinte do varedo com características estão de acordo com as exigências funcionais.

Tabela 4.8 - Fator A7 - Tratamento da madeira de abeto.

Fator A7	Tratamento da madeira de abeto	Valor proposto
	Madeira maciça de abeto com tratamento da madeira com propriedades antifúngicas e eficaz contra agentes atmosféricos e absorção UV	1.2
	Madeira maciça de abeto com tratamento da madeira sem garantia de eficácia das propriedades antifúngicas, contra agentes atmosféricos e absorção UV	1.0
	Madeira maciça de abeto sem tratamento contra fungos, agentes atmosféricos e absorção UV	0.8

Valor adotado: 1.2. A madeira maciça de abeto apresenta tratamento da madeira com propriedades antifúngicas e eficaz contra agentes atmosféricos e absorção UV.

Tabela 4.9 - Fator A8 - Tratamento da madeira de pinho.

Fator A8	Tratamento da madeira de pinho	Valor proposto
	Aplicação à madeira maciça de pinho de um tratamento da madeira com garantia de eficácia contra fungos, insetos xilófagos e todo o tipo de podridão	1.2
	Aplicação à madeira maciça de pinho de um tratamento da madeira sem garantia de eficácia contra fungos, insetos xilófagos e todo o tipo de podridão	1.0
	Ausência de aplicação de tratamento à madeira de pinho	0.8

Valor adotado: 1.2. A madeira maciça de pinho apresenta tratamento com garantia de eficácia contra fungos, insetos xilófagos e todo o tipo de podridão.

EFM – Sistema de drenagem

Tabela 4.10 – Fator A9 - Qualidade do material de calceira.

Fator A9	Qualidade do material de calceira	Valor proposto
	Caleira com características que apresentam desempenho superior relativamente ao relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Caleira cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Caleira cujas características não estão de acordo com as exigências funcionais e/ou com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor a adotar: 1.2. Caleira em chapa zincada e possui uma camada de pintura de proteção de alta espessura, um acabamento que não está previsto nos procedimentos para os trabalhos da cobertura para as condições de utilização.

Tabela 4.11 - Fator A10 - Qualidade do material dos tubos de queda.

Fator A10	Qualidade do material dos tubos de queda	Valor proposto
	Tubos de queda com características que apresentam desempenho superior relativamente ao relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Tubos de queda cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Tubos de queda cujas características não estão de acordo com as exigências funcionais e/ou com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor a adotar: 1.0. Por falta de dados que suportem a escolha adequada do fator, escolheu-se adotar o valor de 1,0, de modo que este elemento seja considerado, pois faz parte do sistema de drenagem, mas sem que as suas características afetem a vida útil do sistema de drenagem.

Tabela 4.12 - Fator A11 - Qualidade do material dos ralos de pinha.

	Qualidade do material dos ralos de pinha	Valor proposto
Fator A11	Ralos de pinha com características que apresentam desempenho superior relativamente ao relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Ralos de pinha cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Ralos de pinha cujas características não estão de acordo com as exigências funcionais e/ou com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor a adotar: 1.0. Por falta de dados que suportem a escolha adequada do fator, escolheu-se adotar o valor de 1.0, de modo que este elemento seja considerado, pois faz parte do sistema de drenagem, mas sem que as suas características afetem a vida útil estimada do sistema de drenagem.

EFM – Claraboias

Tabela 4.13 - Fator A12 - Qualidade da caixilharia das claraboias.

	Qualidade da caixilharia	Valor proposto
Fator A12	Caixilharia com características que apresentam desempenho superior relativamente ao relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Caixilharia cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Caixilharia cujas características não estão de acordo com as exigências funcionais e/ou com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor a adotar: 1.0. Por falta de dados que suportem a escolha adequada do fator, escolheu-se adotar o valor de 1.0, de modo que este elemento seja considerado, pois faz parte do sistema de cobertura, mas sem que as suas características afetem a vida útil estimada do elemento.

EFM – Sistema de fixação

Tabela 4.14 - Fator A13 - Qualidade dos parafusos e materiais de fixação.

Fator A13	Qualidade dos parafusos e materiais de fixação	Valor proposto
	Parafusos e elementos de fixação com características que apresentam desempenho superior relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Parafusos e elementos de fixação cujas características estão de acordo com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Parafusos e elementos de fixação cujas características não estão de acordo com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor escolhido: 1.2. Os elementos de fixação apresentam características que se traduzem num desempenho superior relativamente ao previsto para as condições de utilização, com a aplicação de um acabamento de epoxi rico em zinco que proporciona uma excelente resistência à água, a condições ambientais adversas e abrasão.

Tabela 4.15 - Fator A14 - Tratamento dos parafusos e materiais de fixação.

Fator A14	Tratamento dos parafusos e materiais de fixação	Valor proposto
	Aplicação de tratamentos anticorrosivos com certificado de conformidade aos elementos de fixação	1.2
	Aplicação de tratamentos anticorrosivos sem garantia de eficácia	1.0
	Ausência de aplicação de tratamentos anticorrosivos	0.8

Valor a adotar: 1.2. Foram aplicados aos elementos de fixação tratamentos anticorrosivos que apresentam certificado de conformidade.

EFM – Sistema de isolamento térmico

Tabela 4.16 - Fator A15 - Qualidade do sistema de isolamento térmico.

Fator A15	Qualidade do sistema de isolamento térmico	Valor proposto
	Isolamento térmico compatível com subtelha, com características que apresentam desempenho superior às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Isolamento térmico compatível com subtelha, cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Isolamento térmico incompatível com subtelha, cujas características não estão de acordo com as exigências funcionais e/ou com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor adotado: 1.0. O isolamento térmico, além de compatível com a subtelha, apresenta características que estão de acordo com as exigências funcionais.

EFM – Sistema de remates

Tabela 4.17 – Fator A16 - Qualidade do sistema de remates

Fator A16	Qualidade do sistema de remates	Valor proposto
	Sistema de remates com características que apresentam desempenho superior relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.2
	Sistema de remates cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	1.0
	Sistema de remates cujas características não estão de acordo com as exigências funcionais e/ou com as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura	0.8

Valor a adotar: 1.0. Os remates aplicados são reguláveis, ventilados e flexíveis, com máxima abertura à passagem do ar, sendo estes elementos metálicos feitos para se conseguir um acabamento muito bom nas construções tal como está previsto especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura.

Fator B

Este fator modificador apresenta os parâmetros que quantificam a qualidade do projeto.

Tabela 4.18 - Fator B - Qualidade do projeto. Fonte: Matos (2016).

Fator B	Qualidade do projeto	Valor proposto
	Com projeto de execução e desenhos de pormenores construtivos	1.2
	Com projeto de execução	1.0
	Sem projeto de execução	0.8

Os valores a adotar variam entre 1.0 e 1.2. A obra apresenta projeto de execução, no entanto não se apresentam pormenores construtivos de alguns elementos.

Fator C

Matos (2007) expõe as hipóteses apresentadas no 2º Congresso Nacional de Construção referentes à causa das falhas mais frequentes durante o processo de construção, que se podem resumir em:

1. Defeitos de mão-de-obra e nível de qualificação da mão-de-obra;
2. Erros de concepção e de escolha dos produtos e materiais;
3. Falta de preparação de obra;
4. Distribuição dos documentos;
5. Comunicação entre os intervenientes;
6. Relações contratuais e responsabilidades;
7. Aprovisionamentos.

Verifica-se que a falta de qualidade na execução das construções deve-se sobretudo ao nível de qualificação da mão-de-obra, nível de qualidade do projeto e do nível da gestão técnica em obra.

Posto isto, os parâmetros que vão influenciar na quantificação do fator em questão passam pelo nível de qualificação de mão de obra e regularidade da fiscalização em obra.

Tabela 4.19 – Fator C – Qualidade de aplicação. Fonte: Matos (2016).

Fator C	Qualidade de aplicação dos produtos em obra	
	C1 – Mão de obra especializada e experiente	
	C2 – Regularidade de fiscalização em obra	

Tabela 4.20 - Fator C1 - Qualidade da mão de obra. Fonte: Matos (2016).

Fator C1	Qualidade da mão de obra		Valor proposto
	Mão de obra especializada e experiente		1.2
	Mão de obra experiente		1.0
	Mão de obra não qualificada		0.8

Valor adotado: 1.2. Foi adotado este valor com base em informação e documentação fornecidos pela empresa.

Tabela 4.21 - Fator C2 - Regularidade da fiscalização em obra. Fonte: Matos (2016).

Fator C2	Regularidade da fiscalização em obra		Valor proposto
	Existência de técnico qualificado na direção de obra com visitas regulares		1.2
	Existência de controlo regular de qualidade e de fiscalização		
	Existência de técnico qualificado na direção de obra com visitas pontuais		1.0
	Existência do controlo pontual de qualidade e de fiscalização		
	Não existência de técnico qualificado na obra nem fiscalização		0.8

Valor adotado: 1.2. Foi adotado este valor com base em informação e documentação fornecidos pela empresa.

Fator D

O fator D abrange os parâmetros que caracterizam a qualidade do ambiente interior.

A concentração de vapor de água no interior dos edifícios (humidade relativa interior) é um fator negativo para elementos de construção, pois provoca a humedificação destes, potenciando a formação de microrganismos (fungos e bolores), o aparecimento de manchas e pode prejudicar, no geral, o tempo de vida útil destes elementos.

Existem três mecanismos de fixação de humidade: adsorção, condensação e capilaridade. Este primeiro mecanismo resulta da higroscopicidade dos materiais, quando estes são expostos a ambientes cuja

humidade relativa varia, o seu teor de humidade também varia. A base de ocorrência da condensação depende da humidade relativa exterior (HR %), da produção de vapor de água, do caudal de ventilação dos espaços interiores (número de renovações horárias), das temperaturas interior e exterior (°C), da temperatura de superfície (°C) dos elementos construtivos e de deficiências construtivas (infiltrações, insuficiente isolamento térmico, impermeabilização e pisos térreos). A capilaridade ocorre quando o material entra em contacto com a água em fase líquida.³

A melhoria da ventilação do espaço interior, o aumento da temperatura interior e o controlo da higroscopicidade dos materiais da cobertura permitem que a humidade seja controlada, evitando a concentração do vapor de água e, conseqüentemente, proporcionam as condições mais adequadas para a preservação dos elementos do sistema de cobertura que estão em contacto permanente com este meio. A ventilação do ar dos espaços interiores permite remover o excesso de vapor de água e secar as superfícies e inibir a proliferação dos fungos.

Relativamente aos microrganismos, as condições propícias para o desenvolvimento destes são muito fáceis de serem atingidas em ambientes pouco ventilados com temperaturas amenas, inferiores à 23 °C e teores de humidade relativa superiores à 75 % - 85 %. (Rocha, 2016)

Para a avaliação deste fator considerou-se relevante a ação da humidade nos produtos construtivos, pois leva a variações nas dimensões dos elementos e modificações das propriedades químicas, físicas ou biológicas (Matos, 2007). A higroscopicidade é a capacidade de um elemento de absorver água por adsorção e de a restituir ao ambiente em que se encontra. Os materiais higroscópicos têm a capacidade de absorver a humidade relativa do ar quando o valor se apresenta acima dos 70%.⁴

Este fator será apenas aplicado aos elementos construtivos do espaço interior.

³ Apontamentos da Unidade Curricular Conforto Térmico e Acústico, Prof. José Carlos Campeão, 2022

⁴ Apontamentos da Unidade Curricular Conforto Térmico e Acústico, Prof. José Carlos Campeão, 2022

Tabela 4.22 – Medições da humidade relativa e temperatura em ambientes interior e exterior.

Ambiente interior (Armazém D)			Ambiente exterior		
Altura do dia (horas)	Temperatura (°C)	Humidade relativa (%)	Altura do dia (horas)	Temperatura (°C)	Humidade relativa (%)
11:12h	22.9	53	11:20h	28.2	39
11:41h	23.6	52	11:36h	26.1	39
11:46h	22.6	55	12:01h	26.8	39
14:28	22.7	54	14:13h	26.7	43
-	-	-	14:41	26.5	38
-	-	-	14:12h	23.5	69
14:17h	22.6	68	14:29h	22.9	72
-	-	-	15:47h	23.2	71
15:54h	22.3	70	-	-	-
15:58h	21.6	71	16:02h	23.7	71
-	-	-	16:07h	22.8	72
-	-	-	11:18h	24.4	62
11:22h	24.1	62	-	-	-
11:27h	22.3	67	11:36h	24.9	58
-	-	-	14:02h	24.1	61
-	-	-	14:06h	25.7	58
14:11h	24.5	65	-	-	-
14:16h	23.6	67	14:22h	27.6	55
-	-	-	14:26h	25.5	57
-	-	-	15:46h	24.3	61
15:55h	23.4	65	15:59h	24.7	60

As medições foram realizadas com recurso a um sensor de monitorização do dióxido de carbono, humidade relativa, pressão atmosférica e temperatura.

Com os dados apresentados, verifica-se que o teor de humidade relativa apresenta valores elevados. Os dados mostram-se insuficientes para se poder concluir de forma mais sustentada sobre o comportamento

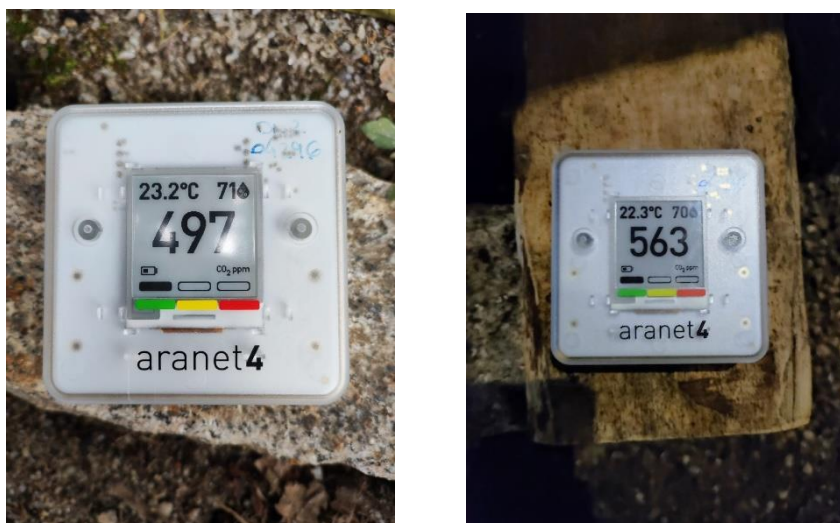


Figura 4.23 – Registo fotográfico de duas medições realizadas em ambiente exterior (esquerda) e ambiente interior (direita).

da humidade relativa no interior do edifício, mas conclui-se que com variações de temperatura menores, o teor de humidade de relativa do interior apresenta menores variações relativamente ao exterior e sabendo que Vila Nova de Gaia não apresenta amplitudes térmicas muito grandes, a tendência será para os valores da humidade relativa não se alterarem significativamente do meio exterior para o interior.

O edifício em estudo, apresenta uma higrometria forte resultante da atividade a que este se destina. Foi possível a partir de uma inspeção com recurso a *drone*, realizada na asna da cobertura, verificar a presença de microrganismos, tal como é apresentado no registo fotográfico da Figura 4.16 e Figura 4.17, o que pode ser resultado da forte higrometria do local.

De acordo com as tabelas apresentadas serão atribuídos valores a este subfactor.

Tabela 4.23 – Classificação dos locais em função da sua higrometria. Fonte: (Matos, 2007).

Tipo de local	Higrometria	Condições do local
EA – Locais secos ou pouco húmidos	Higrometria fraca	Locais equipados com ventilação mecânica controlada e sistemas próprios para a exaustão dos pontos de produção de vapor de água
EB – Locais mediantemente húmidos	Higrometria média	Locais não sobre ocupados, corretamente aquecidos e ventilados
EB + – Locais privados ou locais húmidos de uso privado	Higrometria forte	Locais com ventilação deficiente ou sobre ocupados
EB ++ – Locais coletivos	Higrometria forte	Locais com ventilação deficiente ou sobre ocupados
EC – Locais muito húmidos em ambiente não agressivo	Higrometria muito forte	Locais especiais onde a atividade desenvolvida mantém uma humidade relativa elevada

Tabela 4.24 – Fator D – Higroscopicidade do produto. Fonte: Matos (2007).

Fator D - Higroscopicidade do produto	Exposição à humidade em locais interiores				
	EA	EB	EB +	EB ++	EC
Higroscópicos	1.2	1.0	0.8	0.8	---
Não higroscópicos	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Matos (2007) não atribui um valor para o local EC e refere que para estes locais, segundo uma correta seleção dos produtos, normalmente não devem ser aplicados materiais com propriedades higroscópicas, no entanto, foi necessário adaptar um valor ao caso de estudo, pelo que se escolheu um valor de 0.8 para um local classificado como EC, higrometria muito forte, índice aplicado quando um elemento está sujeito a um cenário gravoso.

Dos elementos interiores do edifício em estudo os elementos de madeira vão ser classificados como não higroscópicos. Relativamente à asna e madres de madeira lamelada colada, as grandes secções transversais associadas a este tipo de material alteram pouco as suas características físicas perante condições ambientais como a temperatura e a humidade relativa do ar. Conclui-se que as propriedades da madeira lamelada colada formam um material pouco higroscópico (Cruz, 2007). Relativamente às ripas e varede, a madeira apresenta acabamento superficial, que alteram as suas propriedades. As ripas não se encontram em contacto direto com o meio. Reunidas estas condições, atribui-se um valor de 1.0 a este fator modificador, no cálculo da vida útil da estrutura de suporte.

Os valores deste índice para os restantes EFM vão ser atribuídos segundo a natureza higroscópica dos materiais constituintes, expostos no respetivo cálculo da VUE.

Fator E

Avaliação das condições do ambiente exterior. São definidos todos os parâmetros que possam comprometer a vida útil dos EFM que tenham contacto com as condições exteriores.

As condições do ambiente exterior são naturalmente prejudiciais para os elementos que se encontram permanentemente sujeitos às solicitações desse meio, no entanto, os elementos construtivos que se encontram no interior do edifício, não estão em contacto direto com o meio externo, são também influenciados por essas condições, mesmo que não tenham o mesmo impacto, para esses elementos construtivos deverá ser aplicado o índice 1.0 por se considerar que as características deste fator têm uma influência pouco relevante na estimativa do seu tempo de vida útil.

Sousa et al. (1998) expõe que os resultados apresentados dos valores médios anuais dos fatores climáticos são os determinantes para o correto funcionamento das coberturas.

Os fatores climáticos considerados para o fator modificador E do presente estudo e apresentam-se na Tabela 4.25 – Fator E - Condições do ambiente exterior. Tabela 4.25.

Tabela 4.25 – Fator E - Condições do ambiente exterior.

Fator E	Condições do ambiente exterior
	E1 – Exposição solar
	E2 – Exposição à precipitação
	E3 – Exposição ao vento
	E4 – Ação combinada vento/precipitação
	E5 – Exposição à geada
	E6 – Caracterização da exposição ao vento
	E7 – Exposição à poluição

Tabela 4.26 - Fator E1 - Exposição solar.

Fator E1	Exposição solar	Valor proposto
	Sistema protegido a exposição solar direta	1.2
	Sistema exposto diretamente à radiação solar	1.0
	Sistema exposto diretamente a eleva radiação solar	0.8

Valor a adotar: 1.0. O sistema encontra-se exposto diretamente à radiação solar.

Tabela 4.27 - Fator E2 - Exposição à precipitação. Fonte: Sousa et al. (1998).

Fator E2	Exposição à precipitação	Valor proposto
	Valor médio no ano da quantidade de precipitação - $R \leq 600 \text{ mm}$	1.2
	$600 < R < 1200 \text{ mm}$	1.0
	$R \geq 1200 \text{ mm}$	0.8

De acordo com o Instituto Português do Mar e da Atmosfera, na zona de Vila Nova de Gaia, a média anual de precipitação entre os anos de 1981 e 2007 é (1236.36 mm) superior a 1200 mm (Matos, 2016).

A precipitação só por si não é uma ação gravosa para os edifícios, nomeadamente os elementos da cobertura. Os seus efeitos apenas começam a ser significativos à medida que para determinados valores de quantidade de precipitação, a intensidade do vento aumenta (Sousa et al., 1998). Considerou-se, de acordo com Sousa et al. (1998), que para um valor médio no ano da quantidade de precipitação, R , um local árido apresentará um valor menor que 600 mm; um local moderadamente chuvoso apresenta um valor compreendido entre 600 mm e 1200 mm; e um local para ser considerado chuvoso terá de apresentar um valor superior a 1200 mm.

A estanqueidade à água depende essencialmente de três fatores:

- A geometria da cobertura;
- Solução construtiva;
- Grau de exposição aos agentes atmosféricos.

A cobertura sendo inclinada garante uma velocidade de escoamento da água que evita a penetração desta pelas juntas, no entanto não é um dado garantido, podendo haver defeitos no encaixe das telhas e na sua sobreposição. Neste caso de estudo, não foi possível avaliar estes fatores, mas sabendo que o local onde se encontra é classificado como chuvoso, considera-se o valor de 0,8.

Tabela 4.28 - Fator E3 - Exposição ao vento. Fonte: Sousa et al. (1998).

Fator E3	Exposição ao vento	Valor proposto
	Zona I	1.0
	Zona II	0.8

Sendo praticamente impossível conseguir uma imagem representativa das condições médias de circulação de ar no trabalho desenvolvido por (Sousa et al., 1998) foi adotado o zonamento do território proposto pelo R.S.A. para a ação do vento, que divide o território em Zona A, generalidade do território e Zona B, correspondendo às ilhas, faixa costeira de 5km e altitudes superiores a 600m. É também

considerada a rugosidade aerodinâmica do solo em que o tipo I corresponde a zonas urbanas e tipo II a zonas rurais.

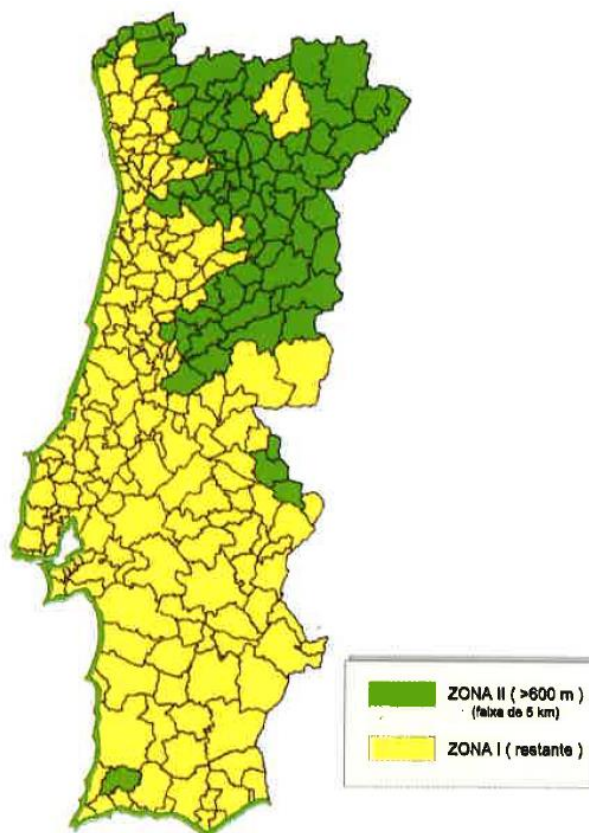


Figura 4.24 - Zonamento do território proposta pelo R.S.A, desenvolvida por Sousa et al. (1998).

O edifício em estudo situa-se a uma distância de 6,06 km da faixa costeira, pelo que se insere na Zona I da adaptação do zonamento do território proposta pelo R.S.A, desenvolvida por Sousa et al. (1998), adotando-se o valor de 1.0 para o fator da exposição ao vento.

Tabela 4.29 - Fator E4 - Ação combinada vento/precipitação. Fonte: Sousa et al. (1998).

Fator E4	Ação combinada vento/precipitação	Valor proposto
	Zona I	1.2
	Zona II	1.0
	Zona III	0.8

De acordo com o que foi anteriormente referido, interessa adequar os dados da ação combinada dos fatores climáticos. (Sousa et al., 1998) desenvolveu um zonamento climático do território de Portugal

Continental que atribui uma menor ou maior severidade climática a uma determinada zona, em função da quantidade média de precipitação anual e da altitude e distância à costa litoral, de acordo com o R.S.A.

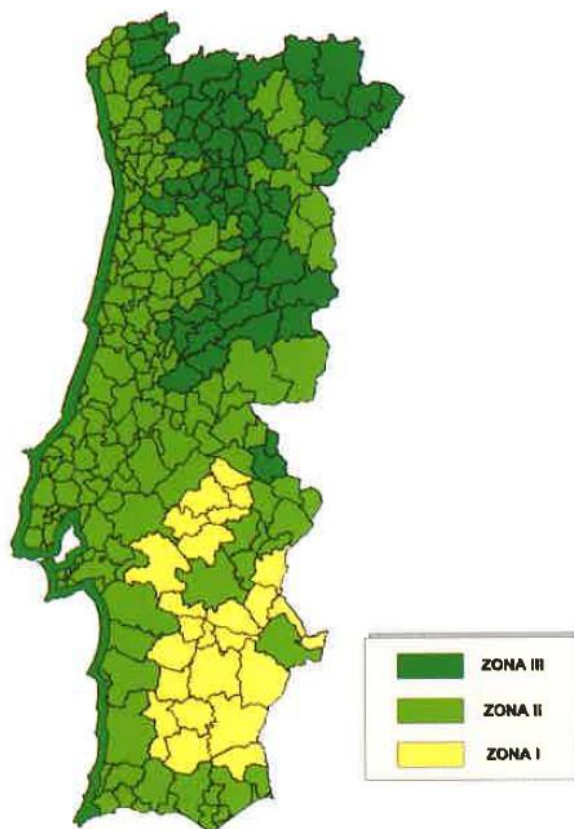


Figura 4.25 - zonamento climático do território de Portugal desenvolvido por Sousa et al. (1998).

Vila Nova de Gaia insere-se na Zona II, apesar de (Sousa et al., 1998) considerar que o concelho de V.N. de Gaia apresenta características de Zona III numa faixa de 20 km a contar da costa litoral, pelo que o valor atribuído é de 0.8

Tabela 4.30 - Fator E5 - Exposição à geada. Fonte: Sousa et al. (1998).

Fator E5	Exposição à geada		Valor proposto
	Número médio anual de dias com geada inferior a 25 dias		1.2
	Número médio anual de dias com geada entre 25 e 50 dias		1.0
	Número médio anual de dias com geada superior a 50 dias		0.8

O conhecimento do comportamento da ação da geada é um fator importante de considerar, pois está muitas vezes associado ao descasque e fissuração das telhas de revestimento. Portanto o conhecimento em termos de gelividade das zonas é relevante para saber a severidade desta ação nos elementos expostos ao ambiente exterior.

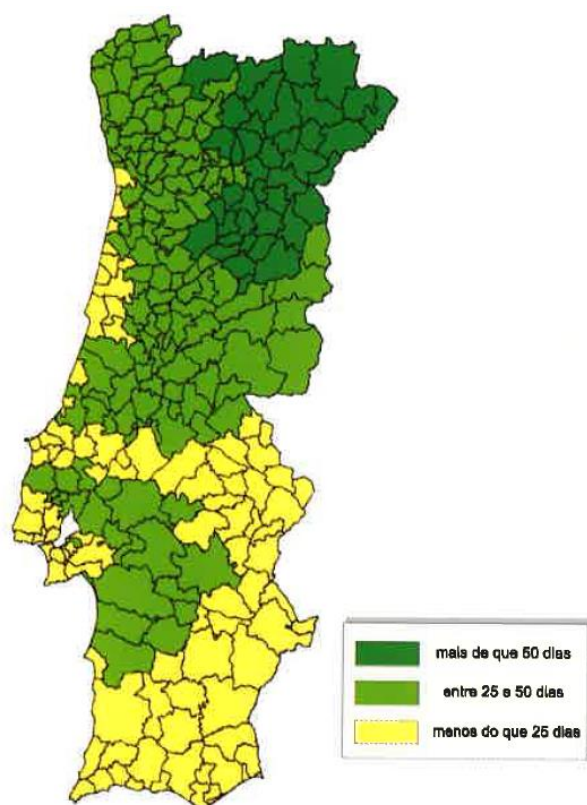


Figura 4.26 - Número médio anual de dias com geada. (Sousa et al., 1998)

Vila Nova de Gaia apresenta um número médio anual de dias com geada inferior a 25 dias, pelo que o valor adotado é 1.2.

Tabela 4.31 - Fator E6 - Caracterização da exposição ao vento. Fonte: Sousa et al. (1998).

	Caracterização da exposição ao vento	Valor proposto
Fator E6	Situação protegida: abrigado face a todas as direções de incidência dos ventos	1.2
	Situação normal: área praticamente plana, podendo apresentar ligeiras ondulações do terreno	1.0
	Situação exposta: área do litoral até uma distância de 5 km do mar, no cimo de falésias, em ilhas ou penínsulas estreitas, estuários ou baías muito cavadas	0.8

Valor adotado: 1.2. O edifício localiza-se numa zona protegida por outros edifícios.

Tabela 4.32 - Fator E7 - Exposição à poluição. Fonte: Matos (2016).

Fator E7	Exposição à poluição	Valor proposto
	Atmosferas pouco agressivas	1.0
	Atmosferas poluídas ou quimicamente agressivas.	0.8

Valor adotado: 1.0. O edifício em estudo encontra-se situado numa zona normal urbana, correspondente a construções situadas em pequenos ou médios aglomerados e/ou em zonas de desenvolvimento industrial que comportem uma ou várias produções de gases e fumos, mas que não contenham forte teor em compostos químicos. (Camacho, 2018)

Fator F

Fator modificador relativo ao tipo de uso a que estará sujeito o sistema.

Tabela 4.33 - Fator F - Características do ambiente exterior. Fonte: Matos (2016).

Fator F	Características do ambiente exterior	Valor proposto
	Sistemas em locais não acessíveis ou locais de uso restrito	1.2
	Sistemas em locais de uso publico ou privado, protegidos de atos de vandalismo	1.0
	Sistema em locais com usos excecionalmente agressivos, potencialmente alvos de atos de vandalismo.	0.8

Valor adotado: 1.0. Edifício de uso privado e pontualmente de uso público, situado num local protegido de atos de vandalismo.

Fator G

Fator modificador associado à manutenção. Segundo Matos (2016), os parâmetros que definem este fator resumem-se no tipo de ações de manutenção e na acessibilidade aos elementos alvo dessas intervenções. (apud Lopes, 2011).

Tabela 4.34 - Fator G1 - Ações de manutenção. Fonte: Matos (2016).

Fator G1	Ações de manutenção	Valor proposto
	Intervenções preventivas, reparações e limpeza geral	1.2
	Intervenções corretivas com reparação	1.0
	Ausência de manutenção	0.8

Para este subfactor, vão ser avaliadas duas situações: EFM com intervenções preventivas e EFM sem qualquer tipo de manutenção, ou seja, para cada elemento em avaliação, vão ser calculadas as suas VUE para cada uma destas situações, com o objetivo de comparar as VUE para perceber como a manutenção afeta a durabilidade dos elementos.

Tabela 4.35 - Fator G2 - Acessibilidade de manutenção. Fonte: Matos (2016).

Fator G2	Acessibilidade de manutenção	Valor proposto
	Boa acessibilidade aos elementos alvo de ações de manutenção	1.0
	Acessibilidade limitada	0.8

Valor adotado: 1.0. É garantida uma boa acessibilidade aos elementos alvo de manutenção.

4.6 CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DOS ELEMENTOS DO SISTEMA DE COBERTURA

É exposta a atribuição dos índices de durabilidade aplicáveis a cada fator modificador segundo os critérios enunciados. Para cada elemento fonte de manutenção reuniram-se todas as condicionantes para a aplicação do método fatorial, organizando-se a informação em tabelas.

4.6.1 Cálculo da VUE do revestimento de telha cerâmica

Tabela 4.36 - Fatores modificadores da vida útil do revestimento de telha cerâmica.

Fatores modificadores	Subdivisão dos fatores modificadores		Índice aplicado	Índice médio
Fator A	A1- Com marcação CE e Certificado de Qualidade		1.2	1.2
	A2- Revestimento de telha cerâmica compatível com o suporte, cujas características apresentam desempenho superior relativamente ao previsto nos procedimentos com as especificações dos trabalhos da cobertura		1.2	
Fator B	Com projeto de execução e desenhos de pormenores construtivos		1.2	1.2
Fator C	C1- Mão de obra especializada e experiente		1.2	1.2
	C2- Existência de técnico qualificado na direção de obra com visitas regulares. Existência de controlo regular de qualidade e de fiscalização		1.2	
Fator D	Não aplicável			
Fator E	E1- Sistema exposto diretamente à radiação solar		1.0	1.0
	E2- Exposição à precipitação: $R \geq 1200$ mm		0.8	
	E3- Exposição ao vento: Zona I		1.0	
	E4- Ação combinada vento/precipitação: Zona III		0.8	
	E5- Número médio anual de dias com geada inferior a 25 dias		1.2	
	E6- Situação protegida: abrigado face a todas as direções de incidência dos ventos		1.2	
	E7- Atmosferas pouco agressivas		1.0	
Fator F	Sistema em locais com uso público ou privado, protegidos de atos de vandalismo		1.0	1.0
Fator G	Com manutenção	G1- Intervenções preventivas, reparações e limpeza	1.2	1.1
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	
	Sem manutenção	G1- Ausência de manutenção	0.8	0.9
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de intervenções	1.0	

Tabela 4.37 - Vida útil estimada com manutenção do revestimento de telha cerâmica.

VUR (anos)	VUE (anos)
45	$45 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 = 86$

Tabela 4.38 - Vida útil estimada sem manutenção do revestimento de telha cerâmica.

VUR (anos)	VUE (anos)
45	$45 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.9 = 70$

4.6.2 Cálculo da vida útil estimada da subtelha

Tabela 4.39 - Fatores modificadores da vida útil da subtelha.

Fatores modificadores	Subdivisão dos fatores modificadores		Índice aplicado	Índice médio
Fator A	A1- Com marcação CE emitida pelo fabricante		1.0	1.0
	A3- Subtelha cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura		1.0	
Fator B	Com projeto de execução		1.0	1.0
Fator C	C1- Mão de obra especializada e experiente		1.2	1.2
	C2- Existência de técnico qualificado na direção de obra com visitas regulares Existência de controlo regular de qualidade e de fiscalização		1.2	
Fator D	Material não higroscópico, em local com forte higrometria		1.0	1.0
Fator E	E1- Sistema exposto diretamente à radiação solar		1.0	1.0
	E2- Exposição à precipitação: $R \geq 1200$ mm		0.8	
	E3- Exposição ao vento: Zona I		1.0	
	E4- Ação combinada vento/precipitação: Zona III		0.8	
	E5- Número médio anual de dias com geada inferior a 25 dias		1.2	
	E6- Situação protegida: abrigado face a todas as direções de incidência dos ventos		1.2	
	E7- Atmosferas pouco agressivas		1.0	
Fator F	Sistema em locais com uso público ou privado, protegidos de atos de vandalismo		1.0	1.0
Fator G	Com manutenção	G1- Intervenções preventivas, reparações e limpeza geral	1.2	1.1
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	
	Sem manutenção	G1- Ausência de manutenção	0.8	0.9
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	

Tabela 4.40 - Vida útil estimada com manutenção da subtelha.

VUR (anos). Fonte:	VUE (anos)
30	$30 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 = 40$

Tabela 4.41 - Vida útil estimada sem manutenção da subtelha.

VUR (anos)	VUE (anos)
30	$30 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.9 = 32$

4.6.3 Cálculo da vida útil estimada da estrutura de suporte

Tabela 4.42 - Fatores modificadores da vida útil da estrutura de suporte.

Fatores modificadores	Subdivisão dos fatores modificadores		Índice aplicado	Índice médio
Fator A	A1- Com marcação CE emitida pelo fabricante/Certificado de Qualidade		1.0	1.1
	A4 - Madeira lamelada colada com características que apresentam desempenho superior relativamente às especificações descritas nos procedimentos para os trabalhos da cobertura		1.2	
	A5 - Madeira maciça de pinho tratado cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos dos trabalhos da cobertura		1.0	
	A6 - Madeira maciça de abeto cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos dos trabalhos da cobertura		1.0	
	A7 - Madeira maciça de abeto com tratamento da madeira com propriedades antifúngicas e eficaz contra agentes atmosféricos e absorção UV		1.2	
	A8 - Aplicação à madeira maciça de pinho de um tratamento da madeira com garantia de eficácia contra fungos, insetos xilófagos e todo o tipo de podridão		1.2	
Fator B	Com projeto de execução e desenhos de pormenores construtivos		1.2	1.2
Fator C	C1 - Mão de obra especializada e experiente		1.2	1,2
	C2- Existência de técnico qualificado na direção de obra com visitas regulares. Existência de controlo regular de qualidade e de fiscalização		1.2	
Fator D	Material com características pouco higroscópicas, em local com forte higrometria		1.0	1.0
Fator E	E1- Sistema exposto diretamente à radiação solar		1.0	1.0
	E2- Exposição à precipitação: $R \geq 1200$ mm		0.8	
	E3- Exposição ao vento: Zona I		1.0	
	E4- Ação combinada vento/precipitação: Zona III		0.8	
	E5- Número médio anual de dias com geada inferior a 25 dias		1.2	
	E6- Situação protegida: abrigado face a todas as direções de incidência dos ventos		1.2	
	E7- Atmosferas pouco agressivas		1.0	
Fator F	Sistema em locais com uso público ou privado, protegidos de atos de vandalismo		1.0	1.0
Fator G	Com manutenção	G1- Intervenções preventivas, reparações e limpeza geral	1.2	1.1
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	
	Sem manutenção	G1- Ausência de manutenção	0.8	0.9
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	

Tabela 4.43 - Vida útil estimada com manutenção da estrutura de suporte.

VUR (anos). Fonte: (J. Morgado, 2012)	VUE (anos)
40	$40 \times 1.1 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 = 70$

Tabela 4.44 - Vida útil estimada sem manutenção da estrutura de suporte.

VUR (anos)	VUE (anos)
40	$40 \times 1.1 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.9 = 57$

4.6.4 Cálculo da vida útil estimada do sistema de drenagem de águas pluviais

Tabela 4.45 - Fatores modificadores da vida útil do sistema de drenagem de águas pluviais.

Fatores modificadores	Subdivisão dos fatores modificadores		Índice aplicado	Índice médio
Fator A	A1 - Com marcação CE emitida pelo fabricante/Certificado de Qualidade		1.0	1,05
	A9 - Caleira cujas características apresentam desempenho superior relativamente ao previsto nos procedimentos com as especificações dos trabalhos da cobertura		1.2	
	A10 - Tubos de queda cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos dos trabalhos da cobertura		1.0	
	A11 - Ralos de pinha cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos dos trabalhos da cobertura		1.0	
Fator B	Com projeto de execução e desenhos de pormenores construtivos		1.2	1.2
Fator C	C1 - Mão de obra especializada e experiente		1.2	1.2
	C2- Existência de técnico qualificado na direção de obra com visitas regulares. Existência de controlo regular de qualidade e de fiscalização		1.2	
Fator D	Não aplicável			
Fator E	E1- Sistema exposto diretamente à radiação solar		1.0	1.0
	E2- Exposição à precipitação: $R \geq 1200$ mm		0.8	
	E3- Exposição ao vento: Zona I		1.0	
	E4- Ação combinada vento/precipitação: Zona III		0.8	
	E5- Número médio anual de dias com geada inferior a 25 dias		1.2	
	E6- Abrigado face a todas as direções de incidência dos ventos		1.2	
	E7- Atmosferas pouco agressivas		1.0	
Fator F	Sistema em locais com uso público ou privado, protegidos de atos de vandalismo		1.0	1.0
Fator G	Com manutenção	G1- Intervenções preventivas, reparações e limpeza geral	1.2	1.1
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	
	Sem manutenção	G1- Ausência de manutenção	0.8	0.9
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	

Tabela 4.46 - Vida útil estimada com manutenção do sistema de drenagem.

VUR (anos)	VUE (anos)
15	$15 \times 1.05 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 = 25$

Tabela 4.47 - Vida útil estimada sem manutenção do sistema de drenagem.

VUR (anos)	VUE (anos)
15	$15 \times 1.05 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.9 = 20$

4.6.5 Cálculo da vida útil estimada das claraboias

Tabela 4.48 - Fatores modificadores da vida útil das claraboias.

Fatores modificadores	Subdivisão dos fatores modificadores		Índice aplicado	Índice médio
Fator A	A1 - Com marcação CE emitida pelo fabricante/Certificado de Qualidade		1.0	1.0
	A12 - Caixilharia cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos dos trabalhos da cobertura		1.0	
Fator B	Com projeto de execução		1.0	1.0
Fator C	C1 - Mão de obra especializada e experiente		1.2	1.2
	C2- Existência de técnico qualificado na direção de obra com visitas regulares. Existência de controlo regular de qualidade e de fiscalização		1.2	
Fator D	Material não higroscópico, em local com forte higrometria		1.0	1.0
Fator E	E1- Sistema exposto diretamente à radiação solar		1.0	1.0
	E2- Exposição à precipitação: $R \geq 1200$ mm		0.8	
	E3- Exposição ao vento: Zona I		1.0	
	E4- Ação combinada vento/precipitação: Zona III		0.8	
	E5- Número médio anual de dias com geada inferior a 25 dias		1.2	
	E6- Situação protegida: abrigado face a todas as direções de incidência dos ventos		1.2	
	E7- Atmosferas pouco agressivas		1.0	
Fator F	Sistema em locais com uso público ou privado, protegidos de atos de vandalismo		1.0	1.0
Fator G	Com manutenção	G1- Intervenções preventivas, reparações e limpeza geral	1.2	1.1
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	
	Sem manutenção	G1- Ausência de manutenção	0.8	0.9
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	

Tabela 4.49 - Vida útil estimada com manutenção das claraboias.

VUR (anos)	VUE (anos)
25	$25 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 = 33$

Tabela 4.50 - Vida útil estimada sem manutenção das claraboias.

VUR (anos)	VUE (anos)
25	$25 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.9 = 27$

4.6.6 Cálculo da vida útil estimada dos elementos de fixação metálicos

Tabela 4.51 - Fatores modificadores da vida útil dos elementos de fixação.

Fatores modificadores	Subdivisão dos fatores modificadores		Índice aplicado	Índice médio
Fator A	A1 - Com marcação CE e Certificado de Qualidade		1.2	1.2
	A13 - Parafusos e elementos de fixação cujas características apresentam desempenho superior relativamente ao previsto nos procedimentos com as especificações dos trabalhos da cobertura		1.2	
	A14 - Aplicação de tratamentos anticorrosivos com certificado de conformidade aos elementos de fixação		1.2	
Fator B	Com projeto de execução		1.0	1.0
Fator C	C1 - Mão de obra especializada e experiente		1.2	1,2
	C2- Existência de técnico qualificado na direção de obra com visitas regulares. Existência de controlo regular de qualidade e de fiscalização		1.2	
Fator D	Material não higroscópico, em local com forte higrometria		1.0	1.0
Fator E	E1- Sistema exposto diretamente à radiação solar		1.0	1.0
	E2- Exposição à precipitação: $R \geq 1200$ mm		0.8	
	E3- Exposição ao vento: Zona I		1.0	
	E4- Ação combinada vento/precipitação: Zona III		0.8	
	E5- Número médio anual de dias com geada inferior a 25 dias		1.2	
	E6- Situação protegida: abrigado face a todas as direções de incidência dos ventos		1.2	
	E7- Atmosferas pouco agressivas		1.0	
Fator F	Sistema em locais com uso público ou privado, protegidos de atos de vandalismo		1.0	1.0
Fator G	Com manutenção	G1- Intervenções preventivas, reparações e limpeza geral	1.2	1.1
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	
	Sem manutenção	G1- Ausência de manutenção	0.8	0.9
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	

Tabela 4.52 - Vida útil estimada com manutenção dos elementos de fixação.

VUR (anos)	VUE (anos)
20	$20 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 = 32$

Tabela 4.53 - Vida útil estimada sem manutenção dos elementos de fixação.

VUR (anos)	VUE (anos)
20	$20 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.9 = 26$

4.6.7 Cálculo da vida útil estimada do isolamento térmico

Tabela 4.54 - Fatores modificadores da vida útil do isolamento térmico.

Fatores modificadores	Subdivisão dos fatores modificadores		Índice aplicado	Índice médio
Fator A	A1- Com marcação CE emitida pelo fabricante/Certificado de Qualidade		1.0	1.0
	A15 - Isolamento térmico compatível com subtelha, cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos dos trabalhos da cobertura		1.0	
Fator B	Com projeto de execução e desenhos de pormenores construtivos		1.2	1.2
Fator C	C1 - Mão de obra especializada e experiente		1.2	1,2
	C2- Existência de técnico qualificado na direção de obra com visitas regulares. Existência de controlo regular de qualidade e de fiscalização		1.2	
Fator D	Material higroscópico, em local com forte higrometria		0.8	0.8
Fator E	E1- Sistema protegido a exposição solar direta		1.0	1.0
	E2- Exposição à precipitação: $R \geq 1200$ mm		0.8	
	E3- Exposição ao vento: Zona I		1.0	
	E4- Ação combinada vento/precipitação: Zona III		0.8	
	E5- Número médio anual de dias com geada inferior a 25 dias		1.2	
	E6- Abrigado face a todas as direções de incidência dos ventos		1.2	
	E7- Atmosferas pouco agressivas		1.0	
Fator F	Sistema em locais com uso público ou privado, protegidos de atos de vandalismo		1.0	1.0
Fator G	Com manutenção	G1- Intervenções preventivas, reparações e limpeza geral	1.2	1.1
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	
	Sem manutenção	G1- Ausência de manutenção	0.8	0.9
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	

Tabela 4.55 - Vida útil estimada com manutenção do isolamento térmico.

VUR (anos)	VUE (anos)
35	$35 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.2 \times 0.8 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 = 44$

Tabela 4.56 - Vida útil estimada sem manutenção do isolamento térmico.

VUR (anos)	VUE (anos)
35	$35 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.2 \times 0.8 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.9 = 36$

4.6.8 Cálculo da vida útil estimada do sistema de remates

Tabela 4.57 - Fatores modificadores da vida útil do sistema de remates.

Fatores modificadores	Subdivisão dos fatores modificadores		Índice aplicado	Índice médio
Fator A	A1 - Com marcação CE emitida pelo fabricante/Certificado de Qualidade		1.0	1.0
	A16 – Sistema de remates cujas características estão de acordo com as exigências funcionais e as especificações descritas nos procedimentos dos trabalhos da cobertura		1.0	
Fator B	Com projeto de execução e desenhos de pormenores construtivos		1.2	1.2
Fator C	C1 - Mão de obra especializada e experiente		1.2	1.2
	C2- Existência de técnico qualificado na direção de obra com visitas regulares. Existência de controlo regular de qualidade e de fiscalização		1.2	
Fator D	Não aplicável			
Fator E	E1- Sistema exposto diretamente à radiação solar		1.0	1.0
	E2- Exposição à precipitação: $R \geq 1200$ mm		0.8	
	E3- Exposição ao vento: Zona I		1.0	
	E4- Ação combinada vento/precipitação: Zona III		0.8	
	E5- Número médio anual de dias com geada inferior a 25 dias		1.2	
	E6- Abrigado face a todas as direções de incidência dos ventos		1.2	
	E7- Atmosferas pouco agressivas		1.0	
Fator F	Sistema em locais com uso público ou privado, protegidos de atos de vandalismo		1.0	1.0
Fator G	Com manutenção	G1- Intervenções preventivas, reparações e limpeza geral	1.2	1.1
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	
	Sem manutenção	G1- Ausência de manutenção	0.8	0.9
		G2- Boa acessibilidade aos elementos alvos de manutenção	1.0	

Tabela 4.58 - Vida útil estimada com manutenção do sistema de remates.

VUR (anos)	VUE (anos)
20	$20 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.1 = 32$

Tabela 4.59 - Vida útil estimada sem manutenção do sistema de remates.

VUR (anos)	VUE (anos)
20	$20 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 0.9 = 26$

4.6.9 Quadro Resumo das VUE dos EFM

Tabela 4.60 – Resumo das VUE obtidas, com e sem manutenção.

EFM	VUE (anos)	
	Com manutenção	Sem manutenção
Revestimento de telha cerâmica	86	70
Subtelha	40	32
Estrutura de suporte	70	57
Sistema de drenagem de águas pluviais	25	20
Claraboias	33	27
Elementos de fixação metálicos	32	26
Isolamento térmico	44	36
Sistema de remates	32	26

4.6.10 Análise dos resultados

Com o estudo das condições que afetam o nível de degradação dos elementos da cobertura e a sua vida útil foi possível determinar a vida útil estimada, sabendo, assim o momento em que estes devem ser substituídos. Foram considerados dois cenários, um em que os elementos construtivos são sujeitos a ações de manutenção preventiva e outro sem manutenção.

Os valores das VUE, são resultados com base em estimativas e apesar de terem sido consideradas, da maneira mais rigorosa possível, como os fatores modificam a vida útil dos elementos, não se conhece o comportamento real dos elementos aos fatores considerados, que alteram as propriedades físicas e

funcionais dos EFM, portanto devem ser interpretados como indicativos de uma probabilidade de ocorrência próxima dos mesmos.

Para além do exposto, foi possível verificar uma questão exposta anteriormente e reforçar que os valores definidos pela norma ISO 15686, podem nem sempre ser os mais adequados, o que com uma otimização dos valores propostos para os fatores modificadores levaria a resultados diferentes e uma forma mais precisa de avaliação. Posto isto, é importante analisar o comportamento dos elementos ao longo da vida útil, para que se possa ajustar as condições definidas para os fatores modificadores, de modo que sejam definidos melhores indicadores estatísticos. Outra maneira de conseguir resultados mais precisos seria criar mais fatores modificadores, de modo a criar mais condições que afetem a vida útil dos elementos construtivos e aproximar os resultados o mais possível aos valores reais.

Os fatores que estão dependentes da escolha dos materiais a utilizar, a apresentação de um projeto de execução e pormenores construtivos até à mão de obra qualificada e experiente e fiscalização regular, traduzem-se em fatores significativamente benéficos para a durabilidade dos elementos. Apesar de ações de manutenção aumentarem a vida útil dos elementos, a durabilidade dos EFM depende fortemente dos fatores expostos anteriormente, portanto devem ser consideradas as melhores escolhas de materiais, ser definido um correto de projeto de execução com as devidas informações e não negligenciando a execução dos elementos e a importância da fiscalização. Todos estes fatores contemplados na fase de projeto e de execução, aliados a ações de manutenção impostas na fase de utilização, maximizam a vida útil dos elementos construtivos.

Apesar da variabilidade dos fatores, foi tido como objetivo analisar os parâmetros que modificam a vida útil dos EFM e criar uma matriz de durabilidade para o presente caso de estudo. A aplicação de este tipo de métodos permite detetar os principais desvios da realidade e um estudo contínuo da influência de certas condições nos elementos construtivos podem levar a uma melhoria nos critérios e valores a atribuir aos fatores modificadores.

4.7 PLANO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

O PIME baseia-se em ações de inspeção e de manutenção, preditivas e preventivas. E sendo o edifício em estudo, um edifício existente, devem ser também definidas inspeções com o intuito de caracterizar o estado físico de um elemento, pois será mais fácil fazer uma avaliação se, previamente, for feito um levantamento das anomalias possíveis de se desenvolverem nos EFM e as suas possíveis causas. Portanto, antes de se proceder à listagem das ações de inspeção e manutenção e respetivas periodicidades, serão expostas uma síntese das anomalias prováveis de acontecer num sistema de cobertura, para se poder determinar as medidas corretivas e preventivas a implementar.

O aspeto visual de um elemento construtivo é o primeiro fator a sofrer alterações e a ser avaliado, pois é fácil de identificar por meio de inspeções e o primeiro a afetar o desempenho dos elementos, sendo que condiciona o início das intervenções de manutenção (Morgado, 2012).

4.7.1 Manutenção preditiva – avaliação das anomalias

1. Identificar os EFM do sistema de cobertura;
2. Identificar as anomalias detetadas;
3. Determinar os seus efeitos;
4. Determinar as suas possíveis causas;
5. Intervenção.

4.7.1.1 Anomalias – caracterização

Metodologia adaptada a inspeções correntes: (Afonso, 2013; Dias et al., 2018)

- ✓ A caracterização do estado de referência dos EFM em estudo realizada apenas com recurso a inspeção visual;
- ✓ Preparação do trabalho de campo: Seleção de alguns aspetos e defeitos a analisar, podendo ser elaboradas grelhas para apontamento dos resultados das inspeções;
- ✓ Inspeção pelo exterior da cobertura, “*in loco*”: inspeção à generalidade das coberturas do edifício, com recurso a *drone*, para recolha de informação detalhada sobre a cobertura do edifício, para a caracterização do estado de conservação, em particular sobre revestimentos, remates, deformações, ligações e drenagem;
- ✓ Inspeção pelo interior da cobertura: recolha de informação detalhada sobre o desvão da cobertura, em particular sobre a estrutura, forros e revestimentos interiores.

A realização de inspeções tem como principal objetivo a caracterização do estado dos elementos de modo que se definam, com base nessa caracterização, as ações de manutenção que assegurem a normal utilização do edifício, assim como garantir, deste modo, a minimização dos custos de manutenção. Com as inspeções é possível que se detetem atempadamente, as anomalias que possam surgir principalmente as que se revelem imprevisíveis, sendo que neste último caso permite que se planifiquem novas ações de correção ou prevenção. Convém, que as inspeções sejam realizadas por técnicos especializados ou por pessoas qualificadas com conhecimento de patologias de construção e dos métodos de inspeção e diagnóstico (Falorca, 2004).

Zonas críticas de uma cobertura inclinada:

- ✓ juntas de sobreposição entre telhas cerâmicas;
- ✓ junções de contorno de peças emergentes na cobertura;

- ✓ beirais, bordos, cumeeiras e larós com recobrimento insuficiente;
- ✓ ligações do revestimento a platibandas ou paredes emergentes;
- ✓ caleiras e tubos de queda de águas pluviais que apresentam uma ineficaz execução.

Caracterização das anomalias

As anomalias são caracterizadas por todos os fenómenos que limitam ou impedem a capacidade de resposta da cobertura às exigências funcionais que lhe são previstas. As anomalias de revestimento têm como principal causa erros de conceção e de execução, uso inadequado, deficiências ou inadequação de materiais e manifestam-se principalmente por meios de infiltrações, arrancamento sob ação do vento, deslizamento e queda, degradação do aspeto e degradação precoce do material. Podem ser caracterizadas por anomalias de revestimento ou de estrutura. Às estruturas de madeira, como acontece neste caso de estudo, é especificado que as anomalias principais são por agentes biológicos; ações atmosféricas, que provocam a deterioração física e/ou química; ou funcionamento estrutural, onde a perda de desempenho estrutural pode resultar do envelhecimento natural dos materiais e da sua utilização em serviço, de uma utilização inadequada, falta de manutenção ou alterações intencionais.

Anomalias correntes: (Afonso, 2013)

- ✓ Fissurações/Fraturas
- ✓ Acumulação de detritos
- ✓ Descasque por ação do gelo
- ✓ Infiltrações de água

Causas possíveis: (Afonso, 2013)

- ✓ Erros de projeto
- ✓ Erros de execução
- ✓ Ações acidentais
- ✓ Ações de erosão devido às condições ambientais exteriores
- ✓ Ações da biosfera
- ✓ Falta de manutenção
- ✓ Alterações das condições de utilização

Tabela 4.61 - Compilação de anomalias mais comuns em coberturas inclinadas. Fonte: Afonso (2013);
Dias et al. (2018); Morgado (2012)

Elemento construtivo	Anomalias
Superfície corrente	Deformações acentuadas do revestimento
	Inclinação excessiva ou insuficiente da cobertura
	Desalinhamento de elementos de revestimento
	Desprendimento de elementos de revestimento
	Acumulação de detritos e sujidade superficial no revestimento
	Descasque de elementos de revestimento
	Desenvolvimento de vegetação parasitária
	Diferenças excessivas de tonalidade no revestimento
	Fissuração de elementos de revestimento
	Sobreposição das telhas por excesso ou por defeito
	Uso inadequado ou falta de qualidade de acessórios não cerâmicos
	Colocação incorreta ou ausência da barreira para-vapor
	Colocação incorreta do isolamento térmico
	Utilização inadequada de acessórios cerâmicos
	Falta de pormenorização de pontos singulares
Estrutura de suporte	Deformação excessiva da estrutura
	Fendilhação dos elementos de suporte em madeira
	Desagregação dos elementos constituintes
	Sujidade superficial e acumulação de detritos na estrutura
	Deterioração por efeito de fungos, insetos xilófagos
	Esmagamentos localizados na estrutura de betão
	Falta de resistência, contraventamento ou rigidez da estrutura
	Empolamentos dos elementos da estrutura de betão
	Corrosão da armadura na estrutura de betão
	Humidade na zona da estrutura de suporte
Sistema de drenagem	Sujidade superficial e acumulação de detritos no sistema de drenagem
	Manchas de água
	Acumulação de água
	Fraca inclinação e secção das caleiras
	Rotura das juntas entre caleiras
	Corrosão da caleira metálica

Elemento construtivo	Anomalias
	Perfuração da caleira
	Deficiente dimensionamento da caleira
	Inexistência de tubos de queda
	Inexistência de ralos de embocadura
	Inexistência de ralos de pinha
Sistema de remates e pontos singulares	Descolamento dos remates de impermeabilização
	Descolamento dos remates
	Fissuração/fraturação dos remates
	Dimensão insuficiente dos remates
	Empolamentos nos remates
	Remates inadequados contra elementos construtivos emergentes
	Remates ou fixações inadequadas em bordos livres
	Sujidade superficial ou acumulação de detritos nos remates
	Acumulação de vegetação parasitária
	Fissuração no remate com a clarabóia
	Aplicação de excesso de argamassa na cumeeira e rincões
	Deficiente corte da telha no laró
Clarabóias	Perfurações na clarabóia
	Fissuração
	Pintura empolada da clarabóia
	Defeitos no funcionamento da clarabóia
	Sujidade superficial e acumulação de detritos em zonas singulares da clarabóia
	Perda de estanqueidade à água, infiltrações da clarabóia
	Ataque de fungos de podridão e insetos xilófagos na clarabóia de madeira
	Empenamento da clarabóia
Sistema de ventilação	Sujidade superficial ou acumulação de detritos
	Ausência de sistema de ventilação
	Falta de ventilação da face inferior das telhas
	Distribuição incorreta dos elementos de ventilação
Elementos de fixação	Corrosão
	Aperto insuficiente ou excessivo dos elementos de fixação
	Excesso ou ausência de fixações
	Perda de resistência
	Descasque

Elemento construtivo	Anomalias
	Fracturação e perda de secção

Os pontos singulares das coberturas inclinadas são geralmente omissos no projeto e, em obra, são resolvidos à custa da maior ou menor experiência e habilidade do operário. Deste modo, os mesmos são as principais fontes de infiltrações das coberturas existentes em Portugal (SILVA et al., 2003).

A grande maioria das anomalias pode ser evitada ou pelo menos controlada se existirem ações de manutenção, periódicas e eficazes (Dias et al., 2018). Portanto, depois de reunido este conjunto de anomalias, procedeu-se à realização de um plano com ações de inspeção e manutenção preventiva, onde foram definidas ações com base na previsão destas anomalias se formarem nos EFM, sendo as inspeções fundamentais para a avaliação do estado de conservação dos elementos, tendo presente que as anomalias podem ser imprevisíveis e manifestarem-se mais cedo do que o que previsto, havendo a necessidade de reparar os elementos que se possam encontrar danificados. As periodicidades de cada ação, foram determinadas com recurso a bibliografia e adaptadas ao caso de estudo. As ações de substituição dos EFM, foram determinadas a partir do cálculo da VUE de cada um, pelo que se trata do momento de fim de vida útil dos elementos.

4.7.2 Plano de inspeção e manutenção

O plano desenvolvido abrange apenas ações que se visam implementar na fase de utilização do edifício, sendo o elemento de estudo um edifício existente.

Não existia um registo de intervenções preventivas já executadas, desde a reabilitação do edifício, que pudesse servir de modelo, sendo a estratégia adotada maioritariamente corretiva, pelo que se propôs este PIME com o intuito de poder servir de apoio à empresa na gestão do edifício e dos custos associados às ações de manutenção.

A manutenção deve, portanto, constituir uma fase relevante da exploração dos edifícios. O objetivo é que se crie um plano para garantir a eficiência, o desempenho funcional e a durabilidade dos elementos da cobertura. As ações de manutenção devem traduzir-se em operações que minimizem a evolução de anomalias. (Flores & de Brito, 2001) As ações de inspeção de apoio à manutenção são simples e devem ser efetuadas com a devida regularidade, e com meios de acesso adequados. (Afonso, 2013)

As ações de manutenção englobam operações como tratamentos de proteção, reparações, substituições ou reposições localizadas, reparações em áreas extensas ou substituição integral de um elemento. (J. Morgado, 2012) As intervenções são executadas de modo a repor os níveis de desempenho dos elementos analisados durante a inspeção. Os elementos podem apresentar anomalias de diferentes níveis de

gravidade que prejudicam não só o sistema de cobertura como outros elementos construtivos do edifício. (Afonso, 2013)

Revela-se um processo difícil, conseguir determinar quando um elemento necessita de manutenção ou de ser substituído, visto que não existem dados para se poder prever estas ações, pois há uma grande condicionante de ações envolvidas, desde as condições a que os elementos estão expostos até ao estado de degradação que apresentam os outros elementos construtivos. No entanto, com a previsão da vida útil de cada EFM é possível determinar quando esse mesmo elemento terá de ser substituído. Para a previsão do momento em que cada EFM necessitará de ações de inspeção e manutenção foi consultada bibliografia para determinar as periodicidades dessas ações. Relativamente às ações corretivas, pressupõe-se que aconteçam após uma ação de inspeção, se for detetado qualquer dano.

Num estudo desenvolvido por Morgado (2012) o próprio concluiu, inspecionando 34 coberturas inclinadas e uma área total de 24000 m² onde foram detetadas 322 anomalias, a predominância de anomalias nos revestimentos da cobertura (32,3%), seguida do sistema de drenagem (18,9%) e remates (14,6%). Verificou que estes elementos são bastante suscetíveis a uma degradação prematura caso não se efetuem inspeções e ações de manutenção periódicas e eficazes.

Tabela 4.62 – Plano de Inspeção e Manutenção. Adaptado de Afonso (2013; Camacho (2018); Morgado (2012); Matos (2016).

Inspeção e manutenção	Periodicidade (anos)												
	0,5	1	3	5	10	15	20	30	40	50	60	70	86
Inspeção geral de controlo da zona corrente da cobertura		×											
Inspeção pormenorizada de todo o revestimento e, se necessário, reparação ou substituição dos de zonas dos revestimentos que se encontram degradados ou danificados. Verificação da existência de fissuração, desagregação, desprendimentos, descasque ou fraturação. Verificação do estado de limpeza do revestimento e diferenças de tonalidade			×										
Inspeção da estrutura de suporte em madeira, com o intuito de verificar a sua estabilidade e estado de conservação, nomeadamente a existência de insetos xilófagos e fungos de podridão, humidades e existência de deformações e desprendimentos				×									
Inspeção e reforço, se necessário, dos pontos singulares				×									
Inspeção com o intuito de verificar o estado de limpeza do sistema de remates e o estado do elemento: fissuração, empolamentos, descasque, descolamento, humidade e infiltrações		×											
Aplicação de produtos anti-fungicidas e anti-raízes nos remates, com o intuito de prevenir o aparecimento dessas anomalias			×										

Inspeção e manutenção	Periodicidade (anos)												
	0,5	1	3	5	10	15	20	30	40	50	60	70	86
Ao nível dos remates, reparação de pequenas fissuras, desprendimentos e empolamentos localizados			×										
Ao nível dos remates, reparação de anomalias que poderão prejudicar consideravelmente o correto funcionamento de todo o sistema de cobertura. Fissuração e rasgamentos generalizados. Existência de infiltrações em diversas zonas do elemento. Degradação acentuada de todo o elemento. Se necessário, substituição dos remates da cobertura que se encontrem danificados						×							
Verificação do estado de conservação das claraboias: fissuração, empolamentos, descasque, corrosão e empenamentos. Verificação do estado de limpeza e das juntas de estanqueidade.		×											
Verificação do aspeto da parte translúcida, com o intuito de reparar eventuais anomalias		×											
Verificação das funções da claraboia e janela: abertura para ventilação; abertura para acesso ao teto e saída de desenfumagem		×											
Limpeza superficial das claraboias e saídas de desenfumagem com produtos compatíveis com os materiais da estrutura e preenchimento de juntas. Lubrificar os órgãos de manobra e afinar os fechos de abertura. Limpeza dos detritos acumulados em zonas singulares	×												

Inspeção e manutenção	Periodicidade (anos)												
	0,5	1	3	5	10	15	20	30	40	50	60	70	86
Ao nível das claraboias, reparar pequenas fissuras, perfurações, fraturas e descasque da pintura. Infiltrações pontuais de elementos em madeira ou metálicos			×										
Ao nível das claraboias, reparar elementos partidos (em especial o elemento translúcido). Reparação de anomalias no revestimento da caixilharia (pintura a empolada, descasque generalizado, corrosão acentuada)					×								
Reparações pontuais	Sempre que necessário												
Limpeza geral do revestimento do telhado, remates e pontos singulares da cobertura (final do verão)		×											
Aplicação de tratamentos anti-fungicidas, anti-raízes e anti-corrosivos, com o intuito de prevenir o seu aparecimento no revestimento cerâmico e aplicação de hidrofugante sobre as telhas	Sempre que necessário												
Limpeza da estrutura de suporte – eliminação de sujidade superficial e de detritos diversos e acumulação de fungos através da aplicação de jato de água, ar comprimido ou escovagem manual				×									
Aplicação de produtos anti-fungicidas, inseticidas e anti-térmitas e contra todo o tipo de podridão à estrutura de suporte e aplicação de uma substância hidrófuga e re-aplicação de camada de envernizamento da madeira	Sempre que necessário												

Inspeção e manutenção	Periodicidade (anos)												
	0,5	1	3	5	10	15	20	30	40	50	60	70	86
Reparação de pequenas fissuras, empolamentos ou outro tipo de anomalias com gravidade pouco considerável na estrutura de suporte. Reparação de deformações na estrutura pouco acentuadas, com o intuito de impedir o prolongamento desta anomalia				6 anos									
Reparação de anomalias com extensão e gravidade consideráveis na estrutura de suporte (fissuração e fracturação generalizadas, deformações e perdas de resistência excessivas)							25 anos						
Inspeção e verificação do estado de conservação das peças de ventilação e verificação de detritos que poderão obstruir os pontos de ventilação	x												
Limpeza e desobstrução dos pontos de ventilação	x												
Reparação das peças de ventilação com degradação acentuada e cujo funcionamento está bastante comprometido						x							
Limpeza superficial do sistema de drenagem de água, com jato de água, ar comprimido ou escovagem manual	x												
Ao nível do sistema de drenagem, verificação do estado de limpeza superficial, acumulação de detritos e vegetação parasitária que poderá provocar um escoamento ineficaz. Existência de anomalias que poderão prejudicar o correto funcionamento do sistema	x												

Inspeção e manutenção	Periodicidade (anos)												
	0,5	1	3	5	10	15	20	30	40	50	60	70	86
Inspeção com o intuito de avaliar o estado de conservação do sistema de drenagem			×										
Limpeza geral da caleira, removendo os detritos acumulados nos ralos de pinha e dos tubos de queda (final do verão)		×											
Ao nível das caleiras – verificação das pendentes e reparação em caso de anomalia (final do verão)		×											
Aplicação de produtos anti-fungicidas, anti-raízes e anti-corrosivos aos elementos do sistema de drenagem, com o intuito de prevenir o aparecimento dessas anomalias	Sempre que necessário												
Ao nível do sistema de drenagem, reparação de pequenas fissuras e desprendimentos localizados. Infiltrações pontuais. Caleiras com deformações ou danos e mau revestimento	Sempre que necessário												
Ao nível do sistema de drenagem, reparação de elementos com um nível de degradação consideravelmente elevado (fracturação e fissuração generalizadas). Tubo de queda danificado ou solto. Elementos partidos ou furados e problemas de soldadura				×									
Reposição dos tratamentos protetores das chapas metálicas das caleiras e tubos de queda				×									

Inspeção e manutenção	Periodicidade (anos)												
	0,5	1	3	5	10	15	20	30	40	50	60	70	86
Ações de limpeza mais pormenorizadas do revestimento cerâmico do telhado e remates da cobertura com recurso a jato de água (com ou sem abrasivo), ar comprimido ou escovagem manual, com o intuito de eliminação de verdete, vegetação parasitária, fungos e outros detritos suscetíveis de degradação da cobertura				×									
Reparação de anomalias localizadas e com gravidade diminuta em revestimentos de telha cerâmica				×									
Reparação de anomalias com extensão e gravidade consideráveis a nível do revestimento, podendo prejudicar o correto funcionamento de todo o sistema de cobertura (fracturação generalizada, deformações excessivas, perfurações ou corrosão)							×						
Verificação da existência de elementos de fixação corroídos e descasque		×											
Verificação do correto funcionamento dos elementos de fixação (aperto, resistência e secção adequados)		×											
Aplicação de produtos anti-corrosivos nos elementos de fixação, com o intuito de prevenir o seu aparecimento			×										
Ao nível dos elementos de fixação, se se verificar a existência de perda de resistência mecânica localizada, intervir através de soldadura. Lubrificação e reajuste dos elementos (apertos / folgas)			×										

Inspeção e manutenção	Periodicidade (anos)												
	0,5	1	3	5	10	15	20	30	40	50	60	70	86
Ao nível dos elementos de fixação, se se verificar a existência de corrosão com perda de solidez, reforçar a estrutura e as fixações. Reposição das condições iniciais de funcionamento e tratamento do sistema de pintura	Sempre que necessário												
Inspeção do estado de conservação da camada de impermeabilização						×							
Ao nível do isolamento térmico, se se verificar a existência de fissuras com alguma espessura, aplicar uma espuma expansiva de poliuretano projetado ou através de mástique se forem de pequenas dimensões						×							
Substituição total dos elementos de fixação								32 anos					
Substituição do revestimento em telha cerâmica													×
Substituição da estrutura de suporte												×	
Substituição do sistema de remates								32 anos					
Substituição dos elementos do sistema de drenagem da cobertura (caleiras, tubos de queda, ralos), incluindo fixações, suportes, remates, pintura							25 anos						
Substituição dos elementos de ventilação, associados ao tipo de material de revestimento em telha cerâmica								35 anos					
Substituição total de pintura caleira de chapa zincada					×								

Inspeção e manutenção	Periodicidade (anos)												
	0,5	1	3	5	10	15	20	30	40	50	60	70	86
Substituição total de pintura de tubos de queda com tinta acrílica de elevada espessura					×								
Substituição da subtelha									×				
Substituição do forro												×	
Substituição telhões de beirado										×			
Substituição telhões de cumeeira										×			
Substituição peças cerâmicas (pirâmides) na cumeeira										×			
Substituição de peças de canto										×			
Substituição das claraboias								33 anos					

Caso não seja possível realizar alguma ação de manutenção, deverá ser comunicada a situação à entidade responsável pela manutenção, para que a anomalia não agrave e não se prolongue o processo de degradação dos elementos. (J. Morgado, 2012)

4.8 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Para a avaliação dos custos de manutenção, foram analisados vários cenários de um plano com ações de manutenção que podem ser aplicadas a todos os tipos de coberturas do património da empresa TFP. Os cenários em análise incluem diferentes áreas para intervenção de modo a exemplificar como os orçamentos variam consoante este fator. Tendo a TFP um vasto património torna-se interessante fazer uma análise a uma grande escala, partindo de uma área menor para um valor de área maior, que se estimou que possa englobar todas as coberturas que se visa fazer manutenção em todas elas, numa aplicação futura. As ações definidas no plano de manutenção são constantes em todos os cenários, de modo que seja coerente a análise dos orçamentos previstos.

Foi realizado um estudo para a empresa TFP, por parte de duas empresas externas, de orçamentos para o plano de manutenção abordado, para um contrato a 6 anos e um contrato a 12 anos, para três áreas distintas de cobertura, definidas pelos seguintes cenários:

- ✓ Cenário 1: Cobertura com 1000 m²;
- ✓ Cenário 2: Cobertura com 10 000 m²;
- ✓ Cenário 3: Cobertura com 500 000 m².

Apresentação do plano de manutenção

Tabela 4.63 - Plano de Manutenção desenvolvido e fornecido pela empresa TFP.

Ações de manutenção	Periodicidade (anos)								
	0,5	1	3	6	15	20	30	40	57
Limpeza da telha – retirada de material sobre o telhado	x								
Limpeza dos condutores de água	x								
Levantar telha e limpeza do forro			x						
Limpeza, verificação da estrutura			x						
Limpeza da claraboia e saídas de desenfumagem	x								
Tratamento da estrutura com produtos fungicidas, inseticidas e anti-térmitas				x					
Em claraboias, lubrificar órgãos de manobra, afinar fechos, reparações de pequenas fissuras/perfurações que se possam traduzir em infiltrações	x								

Análise dos orçamentos propostos pelas empresas externas

Cenário 1:

1000 m² (€/ano/m²)

Tabela 4.64 – Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 1, propostos pela empresa

1.

Contrato a 6 anos	50 197,20 €
Contrato a 12 anos	38 547,60 €

Tabela 4.65 - Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 1, propostos pela empresa 2.

Contrato a 6 anos	86 592,00 €
Contrato a 12 anos	75 006,50€

CAPÍTULO 4

Cenário 2:

10 000 m² (€.ano/m²)

Tabela 4.66 - Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 2, propostos pela empresa 1.

Contrato a 6 anos	512 412,00 €
Contrato a 12 anos	368 820,00 €

Tabela 4.67 - Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 2, propostos pela empresa 2.

Contrato a 6 anos	769 800,00€
Contrato a 12 anos	666 600,00€

Cenário 3:

500 000 m² (€.ano/m²)

Tabela 4.68 - Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 3, propostos pela empresa 1.

Contrato a 6 anos	23 782 200,00€
Contrato a 12 anos	17 541 000,00 €

Tabela 4.69 - Comparação dos custos das ações de manutenção do cenário 3, propostos pela empresa 2.

Contrato a 6 anos	29 909 600,00€
Contrato a 12 anos	19 878 400,00€

No contrato a 12 anos, verifica-se, em ambos os orçamentos apresentados pelas empresas 1 e 2, que os custos de manutenção são significativamente menores que num contrato a 6 anos. Para o contrato a 12 anos, as periodicidades foram ajustadas, obtendo-se nalgumas ações de manutenção, periodicidades maiores para a realização destas ações. Este ajuste faz com que os custos de manutenção sejam menores do que para um contrato a 6 anos, pois os custos por ano diminuem, o que no final se traduz num

orçamento global menor. Num plano de manutenção para uma vida útil maior dos elementos das coberturas, os custos poderão ser menores.

Para uma empresa com a dimensão do património que a TFP possui, torna-se essencial abordar os custos destas ações para uma dimensão de cobertura considerável, para que implementando um conjunto de ações abrangentes a qualquer tipo de coberturas, como as ações anteriormente apresentadas no plano de manutenção, seja possível ficar com um conhecimento dos possíveis custos associados à manutenção que a empresa terá que assumir. Para a gestão dos edifícios é fundamental o controlo dos custos, neste caso os custos gerados na fase de utilização de um edifício.

Nesta fase do estudo comparativo, vão ser analisados os custos unitários por ação de manutenção, neste caso para valores de cobertura de 1000 m², 10 000 m² e 100 000 m².

Custos unitários de uma ação de manutenção, para um contrato a 6 anos

Tabela 4.70 – Custo unitário de cada ação de manutenção, fornecido pela empresa TFP, apresentados pela empresa externa 1.

Intervenções	Unidades	Proposta 1000 m2	Proposta 10 000 m2	Proposta 100 000 m2
Limpeza da telha	m ²	0,82 €	0,64 €	0,62 €
Limpeza dos condutores de água	ml	2,97 €	2,11 €	0,40 €
Levantar telha e limpeza do forro	m ²	12,00 €	12,00 €	12,00 €
Limpeza, verificação da estrutura	m ²	0,42 €	0,42 €	0,42 €
Limpeza da claraboia e saídas de desenfumagem	un	54,00 €	54,00 €	54,00 €
Tratamento da estrutura com produtos fungicidas, inseticidas e anti-térmitas	m ²	6,00 €	6,00 €	6,00 €
Em claraboias, lubrificar órgãos de manobra, afinar fechos, reparações de pequenas fissuras/perfurações que se possam traduzir em infiltrações	un	150,00 €	150,00 €	150,00 €

Tabela 4.71 - Custo unitário de cada ação de manutenção, fornecido pela empresa TFP, apresentados pela empresa externa 2.

Intervenções	Unidades	Proposta 1000 m2	Proposta 10 000 m2	Proposta 100 000 m2
Limpeza da telha	m ²	3,71 €	3,30 €	3,08 €
Limpeza dos condutores de água	ml	3,38 €	3,00 €	2,80 €
Levantar telha e limpeza do forro	m ²	13,50 €	12,00 €	11,20 €
Limpeza, verificação da estrutura	m ²	8,10 €	7,20 €	6,72 €
Limpeza da claraboia e saídas de desenfumagem	un	101,25 €	90,00 €	84,00 €
Tratamento da estrutura com produtos fungicidas, inseticidas e anti-térmitas	m ²	6,41 €	5,70 €	5,32 €
Em claraboias, lubrificar órgãos de manobra, afinar fechos, reparações de pequenas fissuras/perfurações que se possam traduzir em infiltrações	un	141,75 €	126,00 €	117,60 €

Verificam-se diferenças nos custos unitários apresentados pelas empresas para a realização de cada ação de manutenção. Os valores da empresa 1 revelam-se mais vantajosos, mas por outro lado não existe uma diferença dos custos unitários para a maioria das ações, dependendo da área a que é aplicada, ou seja, quanto maior fosse a área de manutenção seria de esperar que o preço diminuísse consoante este fator, o que acontece com os valores apresentados pela empresa externa 2. No entanto, os valores são significativamente mais altos, assim como se pode verificar também pela comparação entre os custos globais apresentados pelas duas empresas, acabando por ser mais vantajoso o orçamento apresentado pela empresa externa 1.

É possível verificar que o controlo dos custos relativos a ações de manutenção devidamente definidas são essenciais para avaliar qual a melhor solução mais rentável.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

O relatório de estágio desenvolvido no âmbito do estágio curricular na empresa TFP, Vinhos, S A permitiu avaliar a vida útil dos elementos construtivos usados na reabilitação de 5 coberturas de um armazém situado nas instalações da empresa. Esta avaliação foi feita de acordo com o Método Fatorial e permitiu perceber as vantagens da aplicabilidade deste método relativamente aos parâmetros que afetam a durabilidade dos elementos construtivos, assim como as suas limitações.

No início do estudo, foi necessário reunir toda a informação relativa à reabilitação efetuada ao nível das coberturas, como os materiais aplicados, informação relativa ao projeto de execução e todos os trabalhos realizados, assim como as especificações previstas para os elementos construtivos. Numa fase seguinte, foi feito um estudo das condições de ambiente interior e exterior, relevantes para perceber como as características destes meios afetam a durabilidade dos elementos construtivos.

A recolha desta informação foi fundamental para se poder aplicar o Método Fatorial, sendo que aos fatores que influenciam a vida útil dos elementos construtivos definidos por este método, fatores modificadores, vão ser aplicados valores propostos pela norma ISO 15686 e, portanto, para se poder atribuir um valor a cada fator modificador é fundamental a análise da informação recolhida exposta no ponto anterior.

A atribuição de índices aos fatores modificadores revelou-se a maior limitação deste estudo. Alguma da informação recolhida foi fornecida por parte da empresa e como parte dos trabalhos foram realizados por uma empresa externa, houve alguma falta de dados para se poder atribuir com rigor alguns valores. Para além do referido, o estudo ficou condicionado pela vida útil de referência, pois existem várias propostas diferentes por parte de normas técnicas, onde se verificou alguma discrepância de valores, pelo que os valores usados foram escolhidos com base em bibliografia onde é referida essa limitação, onde se tentou obter valores com base numa média dos fornecidos pelas normas técnicas.

Relativamente às condições interiores, foram feitas medições que se revelaram em número as possíveis e não as adequadas. Obteve-se dados de onde foram possíveis retirar ilações, mas conclui-se que para

este estudo seriam necessárias mais, de modo a obter dados mais sustentados relativamente às condições do meio interior. Também o comportamento dos materiais expostos a este meio, se revelaram limitadores face à falta de compreensão de como a durabilidade destes é afetada pelo meio em que estão inseridos.

Foi, então, possível verificar a subjetividade que é atribuída à aplicação do método fatorial.

A elaboração do Plano de Inspeção e Manutenção que serve de guia para a realização das operações de manutenção, foi elaborado na medida de servir como base de apoio para ser adaptado às necessidades do edifício. Isto porque, no desenvolvimento deste trabalho não foram realizadas inspeções de modo a aferir o estado de conservação dos elementos construtivos para se poder ajustar a periodicidade das ações conforme este fator, nem havia base de dados que servisse de apoio à elaboração deste. Portanto, foi desenvolvido o PIME com recurso a ações e periodicidades adaptadas de bibliografia. No entanto, estimadas as vidas úteis dos elementos construtivos com a aplicação do Método Fatorial, foi possível determinar o momento de fim de vida útil destes, que corresponde ao momento em que estes elementos devem ser substituídos, contudo, a periodicidade das substituições dos elementos pode não corresponder exatamente ao momento de fim de vida útil destes, devido à degradação de um elemento poder condicionar a degradação de outros.

Relativamente aos custos de manutenção, com o estudo comparativo apresentado de orçamentos para várias dimensões de cobertura, verificou-se que foi facilmente identificada a melhor solução de custos, pelo que reforça a premissa de que um controlo dos custos associados a ações de manutenção devidamente definidos, permitem escolher a solução económica mais rentável.

Em formato de conclusão, os materiais aplicados e a sua execução revelam-se um fator de grande relevo para a vida útil dos elementos construtivos. Se os materiais aplicados apresentarem características que conferem má qualidade geral aos elementos e a execução destes condicionar as suas condições funcionais, a vida útil não será necessariamente maior e vai ser necessário realizar mais ações de manutenção ao longo da vida útil dos elementos, o que se traduz em maiores custos. A manutenção prolonga a vida útil dos elementos construtivos, no entanto não se revela o fator fundamental para a maximização da vida útil de um elemento.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Cada vez mais torna-se importante rentabilizar as construções, pelo que este estudo teve como um dos objetivos avaliar os elementos construtivos de acordo com uma série de fatores que afetam a sua durabilidade. Este estudo apresenta-se como uma base para um desenvolvimento futuro, aprofundando o conhecimento sobre os elementos construtivos e o comportamento destes face às condições a que estão expostos, de modo a obter uma avaliação mais rigorosa.

Para o melhoramento do Plano de Inspeção e Manutenção desenvolvido e das periodicidades propostas, torna-se, também relevante neste aspeto, um estudo mais pormenorizado do comportamento dos elementos face às condições a que estão sujeitos e como a degradação de um elemento afeta a degradação de outros. Para tal, as inspeções deverão ter também esse intuito. Com as inspeções, fazer uma monitorização das anomalias que se verificam mais comuns e do estado de evolução de degradação destas para se poder ajustar as periodicidades das ações às condições reais do caso de estudo.

Consta-se também que o PIME desenvolvido sirva de apoio não só à cobertura do edifício em estudo neste relatório, mas também para se poder adaptar ao restante património da empresa.

Por fim, adaptado o PIME, é necessário calcular os custos associados às operações de inspeção e manutenção.

Também numa fase futura, caso se realizem outras reabilitações poder ser implementado o Plano de Inspeção e Manutenção, desde o início da fase de utilização, potenciando a durabilidade dos elementos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, L. (2013). *Monitorização da actividade de manutenção de coberturas de edifícios apoiada em tecnologias de visualização e interação*. Instituto Superior Técnico, IST.
- Almeida, T. (2013). *Espaços do Vinho Proposta para uma adega em Cambres, Lamego*. Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, FAUP.
- Baptista, J. (2017). *Abordagem Exigencial na Produção de Conteúdos de Manutenção de Edifícios* [Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP]. <http://www.fe.up.pt>
- Bourke, K. (1999b). Estimating Service Lives Using the Factor Method for Use in Life Costing. In M. Lacasse & D. Vanier (Eds.), *Durability of Building Materials and Components 8* (pp. 1518–1526). Ottawa: NRC Research Press.
- Brito, J. de, & Rato, V. (2003). *Exigências funcionais das coberturas inclinadas*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2076.2082>
- Camacho, J. (2018). *Custo do ciclo de vida das coberturas*. Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP.
- Campeão, J., Comportamento Termohigrotérmico dos edifícios. Folhas da Unidade Curricular de Conforto Térmico e Acústico. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Cerâmica Torreense. (n.d.). *Princípios Gerais de Manutenção de Telhados*.
- Choon Chai, C. (2011). *Previsão da vida útil de revestimentos de superfícies pintadas em paredes exteriores*. Instituto Superior Técnico, IST.
- Cruz, H. (2007). *Estruturas de madeira lamelada colada em Portugal. Instrumentos para a garantia da qualidade* (No. 1; II).
- Dias, A., Silva, R., Almeida, V., & Mouraz, C. (2018). *Guia para Projeto e Aplicação de Telhas Cerâmicas* (APICER).
- Falorca, J. (2004). *Modelo para plano de inspeção e manutenção em edifícios correntes*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, F.C.T.U.C.

- Flores, I., & de Brito, J. (2001). *Manutenção em Edifícios Correntes-Estado Actual do Conhecimento*.
<https://www.researchgate.net/publication/286778039>
- Flores, I., & de Brito, J. (2002). *Estratégias de Manutenção em Fachadas de Edifícios*.
- Gaspar, P., & Brito, J. (2007). *Métodos para a Estimativa da Vida Útil de Materiais de Construção*.
<https://www.researchgate.net/publication/281825007>
- Gaspar, P., & Brito, J. (2008). Service life estimation of cement-rendered facades. In *Building Research and Information* (Vol. 36, Issue 1). Routledge.
<https://doi.org/10.1080/09613210701434164>
- ISO 15686-1, 2011, Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 1: General principles and framework.
- Jernberg, P., Lacasse, M., Haagenrud, S., & Sjöström, C. (2004). *Guide and Bibliography to Service Life and Durability Research for Building Materials and Components* (P. Jernberg, M. Lacasse, S. Haagenrud, & C. Sjöström, Eds.).
- Matos, M. (2007). *Durabilidade como critério de projecto: o método factorial no contexto português*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP.
- Matos, R. (2016). *Building Life Cycle Management na reabilitação de edifícios*. Universidade de Aveiro, UA.
- Morgado, J. (2012). *Plano de inspecção e manutenção de coberturas de edifícios correntes Engenharia Civil*. Instituto Superior Técnico, IST.
- Jernberg, P., Sjöström, C., Lacasse, M., Brandt, E., & Siemes, T. (2004, March). *Service Life and Durability Research for Buildings and Components*.
<https://www.researchgate.net/publication/44050463>
- Paulo, P. & Brito, J., Classificação e descrição geral das soluções de revestimento de coberturas inclinadas em edifícios. Folhas da Unidade Curricular de Tecnologia da Construção de Edifícios. Instituto Superior Técnico.
- Pereira, C., Silva, A., de Brito, J., & Dinis Silvestre, J. (2018). *A previsão da vida útil de elementos construtivos como ferramenta de apoio à manutenção*.
<https://www.researchgate.net/publication/324330959>
- Pereira, M. (2008). *As Architecturas do vinho de um porto monofuncional* (III).
- Raposo, S. (2020). *Os Custos de Manutenção de Edifícios*.
<https://www.researchgate.net/publication/359064408>

- Rocha, D. (2016). *Análise das potencialidades de utilização da inércia higroscópica em edifícios Construção*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Schade, J. (2007). *Life Cycle Cost Calculation Models for Buildigs*.
- Silva, J. (2011). *Vidas Úteis em Elementos da Construção em Edifícios Habitacionais - Sistemas Envelope e Interior*. Instituto Superior Técnico, IST.
- Silva, M. (2012). *Previsão da Vida Útil de Elementos Metálicos Exteriores Não Estruturais em Edifícios*. Instituto Superior Técnico, IST.
- Soares, P., Rodrigues, F., & Rodrigues, H. (2019). *Life Cycle Cost Estimation for the Support of Maintenance and Refurbishment of Buildings*.
- Sousa, A. e, Silva, M., Moura, G., Abrantes, V., Silva, R., Freitas, V., & Sousa, H. (1998). *Manual de Aplicação de Telhas Cerâmicas (APICER)*.

Endereços eletrónicos

- <https://www.ceramicatorreense.pt/pt/suporte-tecnico/manutencao/principios-gerais-de-manutencao-de-telhados/> (12 de setembro)
- <https://www.ceramicatorreense.pt/pt/suporte-tecnico/concepcao-cobertura-telhado/estrutura-de-suporte-da-cobertura/> (12 de setembro)
- <https://www.ceramicatorreense.pt/pt/suporte-tecnico/conceitos/> (12 de setembro)
- <https://www.ceramicatorreense.pt/pt/suporte-tecnico/requisitos-tecnicos/exigencias-funcionais/> (12 de setembro)
- <https://www.ceramicatorreense.pt/pt/suporte-tecnico/aplicacao-telha-marselha/ventilacao-das-coberturas/> (12 de setembro)
- <https://www.guiadaengenharia.com/dimensionamento-madeira-esforcos/> (9 de setembro de 2022)
- <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/por-que-sistemas-de-drenagem-de-aguas-pluviais-exigem-projeto-cuidadoso/17923> (15 de setembro de 2022)
- <https://www.ceramicatorreense.pt/pt/suporte-tecnico/aplicacao-telha-lusa/ventilacao-das-coberturas/> (12 de setembro)
- <https://pt.onduline.com/pt-pt/particulares/produtos/825/subtelha-st150> (21 de julho de 2022)