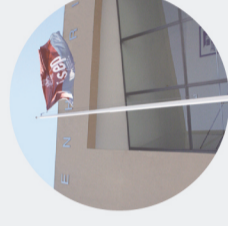




Custo do ciclo de vida das coberturas

JOSÉ PEDRO CAMACHO

novembro de 2018



Custo do ciclo de vida das coberturas



CUSTO DO CICLO DE VIDA DAS COBERTURAS

JOSÉ PEDRO CAMACHO

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

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientadora: Professora Doutora Eunice Maria Vilaverde Fontão

Supervisora: Engenheira Armandina Rosa Moreira da Silva (Câmara Municipal de Matosinhos)

OUTUBRO DE 2018

ÍNDICE GERAL

Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xvii
Índice de Tabelas.....	xix
Abreviaturas	xxiii
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Estado da arte	5
CAPÍTULO 3 Coberturas	22
CAPÍTULO 4 Custo do ciclo de vida	57
CAPÍTULO 5 Considerações Finais.....	87
Referências Bibliográficas	91
Anexos	97

RESUMO

O objetivo do presente relatório de estágio foi o de procurar soluções duráveis e económicas no que se refere a coberturas de edifícios. São analisadas ao longo deste relatório o tipo de coberturas utilizadas em edifícios, cuja manutenção é da responsabilidade da Câmara Municipal de Matosinhos. O município tem a necessidade de encontrar soluções mais económicas e duráveis de coberturas, visto que algumas delas, já necessitem de uma manutenção profunda.

O presente relatório de estágio abordará o ciclo de vida, a durabilidade, a manutenção e o custo do ciclo de vida, tendo em vista a obtenção de uma cobertura mais duradora e económica. Foi então criada uma ferramenta que permite calcular o custo de manutenção de várias coberturas, com o objetivo de auxiliar na escolha das melhores soluções do ponto de vista do ciclo de vida.

Tendo em conta do custo do ciclo de vida, serão comparados dois tipos de coberturas: a cobertura plana invertida com três tipos de revestimento, membrana betuminosa APP e SBS e tela de PVC, e a cobertura inclinada revestida a telha cerâmica com garantia de fabricante de 10 e 35 anos.

Do estudo realizado foi possível verificar que, nem sempre a escolha de uma solução mais barata traduzir-se-á num custo de manutenção mais baixo, este depende da durabilidade do material e da sua periodicidade de manutenção.

Palavras-chave: Ciclo de vida, Durabilidade, Custo do ciclo de vida, Coberturas, Manutenção, Câmara Municipal de Matosinhos

ABSTRACT

The purpose of this internship report was to search for durable and economic solutions for roofing of buildings. This report analyses the types of roofs used in buildings maintained by the Municipality of Matosinhos. The had realised the need to find solutions for roofs that will be more cost-effective and durable, since some of them already require significant maintenance.

The internship report will consider the topics related to the life cycle, durability, maintenance and cost of life cycle, in order to obtain a more durable and cost-effective roofing solution. A tool has been created to calculate the cost of maintenance of multiple roofs and therefore help in choosing the best solutions from a life cycle perspective.

From the standpoint of life cycle cost, it will be compared two types of roofing: inverter flat roof with three types of coating, bituminous membrane APP, bituminous membrane SBS and PVC roofing membrane, and inclined roof covered with clay roof tiles, with manufacturer's guarantee of 10 to 35 years.

From the study undertaken it was concluded that the choice of a cheaper solution won't always result in a lower ongoing maintenance cost, which depends on the durability of the material and it's maintenance schedule.

Keywords: Life Cycle, Durability, Life Cycle Cost, Roofing, Maintenance, Matosinhos City Council

AGRADECIMENTOS

Com o finalizar deste relatório de estágio, gostaria de apresentar os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para a concretização deste relatório e desta importante fase da minha vida.

À minha orientadora, Professora Eunice Vilaverde Fontão, manifesto uma enorme gratidão, pela sua ajuda, competência, exigência, disponibilidade e paciência demonstrada ao longo deste árduo caminho.

À Câmara Municipal de Matosinhos, um obrigado pela oportunidade de poder fazer parte da vossa equipa durante estes 6 meses. Agradeço a todos os funcionários que trabalham nesta instituição, em especial à Engenheira Armandina Moreira da Silva, pelo profissionalismo, ajuda, disponibilidade e amizade, que foram grandes ensinamentos a nível profissional, mas também, a nível pessoal.

À Arquiteta Ana Raquel Pinto, a minha companheira de gabinete, um grande obrigado pela paciência, companhia e amizade durante esta caminhada.

Por fim, e não menos importante, a minha namorada, uma das pessoas mais importante nesta caminhada. Ela que me ajudou a não desistir deste meu sonho, lutando ao meu lado, lendo e relendo tudo que escrevia. Obrigado por estares ao meu lado.

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivo.....	1
1.3	Estrutura.....	1
1.4	Estágio.....	2
CAPÍTULO 2	Estado da arte.....	5
2.1	Introdução.....	5
2.2	Ciclo de vida.....	5
2.3	Durabilidade e vida útil.....	6
2.3.1	Quantificação da vida útil.....	6
2.3.2	Fatores que influenciam a durabilidade.....	9
2.3.3	Métodos para estimar a durabilidade.....	10
2.3.4	Método fatorial.....	11
2.3.4.1	Quantificação de fatores.....	12
2.4	Custo do ciclo de vida.....	13
2.4.1	Abordagem do custo do ciclo de vida.....	14
2.4.2	Aplicação do LCC.....	15
2.5	Manutenção.....	16
2.5.1	Conceito.....	17
2.5.2	Vantagens da manutenção do edifício.....	17
2.5.3	Classificação.....	18
2.5.4	Manutenção preventiva.....	19

ÍNDICE DE TEXTO

2.5.5	Manutenção corretiva	19
2.5.6	Atividades de manutenção	20
2.5.7	Custos de manutenção de edifícios	21
2.6	Síntese	21
CAPÍTULO 3 Coberturas.....		22
3.1	Introdução.....	22
3.2	Exigências funcionais	22
3.3	Coberturas inclinadas.....	24
3.3.1	Elementos constituintes de coberturas inclinadas.....	25
3.3.2	Classificação da cobertura inclinada.....	27
3.3.2.1	Classificação quanto ao número de vertentes	27
3.3.2.2	Classificação quanto ao funcionamento estrutural dos elementos de revestimento ..	28
3.3.2.3	Classificação quanto ao tipo de estrutura de suporte dos elementos de revestimentos	29
3.3.2.4	Classificação quanto à natureza dos materiais de revestimentos	30
3.3.2.5	Classificação quanto à continuidade dos elementos de revestimentos	31
3.3.2.6	Classificação quanto à forma dos elementos de revestimentos.....	31
3.3.2.7	Classificação quanto à dimensão dos elementos de revestimentos.....	31
3.3.2.8	Classificação quanto à opacidade dos elementos de revestimentos.....	32
3.4	Coberturas planas	32
3.4.1	Elementos constituintes das coberturas planas.....	32
3.4.2	Classificação das coberturas planas.....	34
3.4.2.1	Classificação quanto à acessibilidade	35
3.4.2.2	Classificação quanto à estrutura de suporte.....	35
3.4.2.3	Classificação quanto à camada de forma	36
3.4.2.4	Classificação quanto ao isolamento térmico.....	36
3.4.2.5	Classificação quanto à camada de proteção	36

3.4.2.6	Classificação quanto ao revestimento de impermeabilização	37
3.4.2.7	Classificação quanto ao tipo de fixação	37
3.4.3	Processo de construção	38
3.4.3.1	Estrutura de suporte	38
3.4.3.2	Camada de forma	38
3.4.3.3	Revestimento de impermeabilização	39
3.4.3.4	Isolamento térmico	40
3.4.3.5	Camada de proteção	40
3.5	Anomalias e falhas construtivas em revestimentos de coberturas	41
3.5.1	Anomalias em coberturas inclinadas	41
3.5.1.1	Anomalias resultantes de defeitos de conceção	41
3.5.1.2	Anomalias resultantes de má execução em obra	42
3.5.1.3	Anomalias de funcionamento das coberturas	43
3.5.2	Anomalias em coberturas planas	44
3.5.2.1	Superfície corrente (horizontal)	44
3.5.2.2	Elementos emergentes	45
3.5.2.3	Juntas de dilatação	46
3.5.2.4	Platibandas	46
3.6	Coberturas em estudo	46
3.6.1	Caraterização dos revestimentos e das coberturas	47
3.6.1.1	Cobertura plana invertida com tela de PVC	47
3.6.1.2	Cobertura plana com membrana betuminosa	48
3.6.1.3	Cobertura inclinada com revestimento cerâmico	50
3.6.1.4	Cobertura Inclinada revestida a chapa metálica	51
3.7	Manutenção de coberturas	52
3.8	Vida útil dos revestimentos de cobertura	53
3.9	Síntese	55

CAPÍTULO 4	Custo do ciclo de vida.....	57
4.1	Introdução.....	57
4.2	Vida útil dos revestimentos de coberturas.....	57
4.2.1	Avaliação dos fatores.....	57
4.2.1.1	Fator A – Qualidade do produto de construção.....	58
4.2.1.2	Fator B – Nível de qualidade do projeto.....	58
4.2.1.3	Fator C – Nível de qualidade da execução.....	59
4.2.1.4	Fator D – Características do ambiente interior	59
4.2.1.5	Fator E – Características do ambiente exterior	61
4.2.1.5.1	Zonas climáticas.....	61
4.2.1.5.2	Precipitação	62
4.2.1.5.3	Classificação dos ambientes exteriores segundo as solicitações face à poluição e à influência marítima	64
4.2.1.5.4	Classificação do fator E	65
4.2.1.6	Fator F – Características do uso.....	65
4.2.1.7	Fator G – Nível de manutenção.....	66
4.2.1.8	Matriz de durabilidade	67
4.3	Ferramenta de cálculo para o custo de manutenção	68
4.4	Custo do ciclo de vida das coberturas	70
4.4.1	Custo de construção	70
4.4.2	Custo de manutenção.....	71
4.4.3	Custo de fim de vida	72
4.5	Aplicação do LCC.....	73
4.5.1	Cálculo da vida útil.....	73
4.5.1.1	Dados iniciais para o cálculo.....	73
4.5.1.2	Processo de cálculo	74
4.5.1.2.1	Cálculo da vida útil estimada telha cerâmica	75

4.5.1.2.2	Cálculo da vida útil estimada chapa metálica – chapa perfilada.....	76
4.5.1.2.3	Cálculo da vida útil estimada membranas betuminosas APP e SBS	76
4.5.1.2.4	Cálculo da vida útil estimada tela de PVC.....	77
4.5.2	Cálculo do custo de manutenção através da ferramenta de calculo	77
4.5.3	Outras coberturas.....	80
4.5.4	Custo do ciclo de vida	82
4.6	Análise de resultados.....	82
4.7	Síntese.....	85
CAPÍTULO 5	Considerações Finais.....	87
5.1	Conclusões	87
5.2	Desenvolvimentos Futuros	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 – Cobertura inclinada. Fonte: Cerâmica Torreense, 2010.....	25
Figura 3.2 – Esquema estrutural cobertura inclinada. Fonte: Cerâmica Torreense, 2010.	26
Figura 3.3 – Classificação quanto ao número de vertentes. Fonte: CYPE.....	27
Figura 3.4 – Cobertura inclinada. Fonte: CYPE.....	28
Figura 3.5 – Cobertura de edifício industrial.....	28
Figura 3.6 – Laje estrutural de uma cobertura inclinada. Fonte: CYPE.....	29
Figura 3.7 – Esquema estrutural de cobertura inclinada.	29
Figura 3.8 – Classificação quanto à natureza dos revestimentos. Fonte: CYPE.....	30
Figura 3.9 – Classificação quanto à forma dos revestimentos. Fonte: CYPE.....	31
Figura 3.10 – Classificação quanto à dimensão dos revestimentos. Fonte: CYPE.	31
Figura 3.11 – Classificação quanto à opacidade dos elementos de revestimentos. Fonte: CYPE.....	32
Figura 3.12 – Cobertura plana tradicional. Fonte: CYPE.	33
Figura 3.13 – Cobertura plana invertida. Fonte: CYPE.	34
Figura 3.14 – Classificação quanto a acessibilidade.....	35
Figura 3.15 – Classificação quanto à camada de proteção.	37
Figura 3.16 – Cobertura plana invertida com tela de PVC.	48
Figura 3.17 – Cobertura plana invertida revestida com membrana betuminosa. Fonte: Imperialum.	49
Figura 3.18 – Cobertura plana tradicional revestida com membrana betuminosa. Fonte: Imperialum. ...	49
Figura 4.1 – Zonas climáticas de inverno. Fonte: Despacho 15793-F, 2013.	61
Figura 4.2 – Zonas climáticas de verão. Fonte: Despacho 15793-F, 2013.	61
Figura 4.3 – Média da precipitação anual acumulada. Dados de observações no período 1961-1990. Fonte: Miranda, 2006.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.4 – Ferramenta de obtenção de valores de pluviosidade 63

Figura 4.5 – Exemplo de um calendário de manutenção. Fonte: CYPE..... 72

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Vida útil de referência em anos para elementos construtivos. Fonte: ISO 15686-1, 2011.....	7
Tabela 2.2 – Vida útil das construções e dos seus componentes em anos. Fonte: ABCB, 2015.....	7
Tabela 2.3 – Categorias de vida útil de projeto. Fonte: CSA Standard S478 ,1995.....	8
Tabela 2.4 – Categorias de vida de projeto para edifícios. Fonte: BS 7543 (2015).....	9
Tabela 2.5 – Valor de desvio sugeridos pela norma ISO 15686-1 (2011).....	12
Tabela 2.6 – Classificação da manutenção segundo a norma EN 13306 (2017).....	18
Tabela 2.7 – Descrição de manutenções segundo norma EN 13306 (2017).	18
Tabela 3.1 – Sistematização das exigências funcionais de coberturas. Fonte: Rato et al., 2003.....	23
Tabela 3.2 – Sistematização das exigências funcionais dos revestimentos de coberturas, adaptado de Rato et al. (2003).....	24
Tabela 3.3 – Descrição dos elementos de cobertura inclinada. Fonte: Cerâmica Torreense, 2010.	25
Tabela 3.4 – Descrição dos elementos estruturais da cobertura inclinada. Fonte: Torreense, 2010.....	26
Tabela 3.5 – Descrição dos tipos revestimentos adaptado de Paulo et al. (2001).	30
Tabela 3.6 – Descrição da continuidade dos revestimentos adaptado de Paulo et al. (2001).	31
Tabela 3.7 – Camadas constituintes de uma cobertura plana. Fonte: Belgas, 2006.	33
Tabela 3.8 – Classificação de revestimentos de impermeabilização.	37
Tabela 3.9 – Soluções de coberturas em estudo.	47
Tabela 3.10 – Material constituinte, por camada, em cobertura plana invertida com tela de PVC.....	48
Tabela 3.11 – Material constituinte, por camada, em cobertura plana invertida com membrana betuminosa.	49
Tabela 3.12 – Material constituinte, por camada, em cobertura plana tradicional com membrana betuminosa.	49
Tabela 3.13 – Material constituinte, por camada, em cobertura inclinada com revestimento cerâmico.	51

Tabela 3.14 – Vantagens e desvantagens de chapas metálicas.	51
Tabela 3.15 – Material constituinte por camada em cobertura inclinada com revestimento metálico....	51
Tabela 3.16 – Inspeções em coberturas inclinadas com revestimento cerâmico adaptado de Barreira (2016).	52
Tabela 3.17 – Manutenções preventiva e corretiva de coberturas inclinadas com revestimento cerâmico adaptado de Barreira (2016).	53
Tabela 3.18 – Vida útil, em anos, de referência dos elementos de coberturas inclinadas.	54
Tabela 3.19 – Vida útil, em anos, de referência dos elementos de coberturas planas.	55
Tabela 4.1 – Índice aplicável ao fator A. Fonte: Matos, 2007.	58
Tabela 4.2 – Índice aplicável ao fator B. Fonte: Matos, 2007.	58
Tabela 4.3 – Índice aplicável ao fator C. Fonte: Matos, 2007.	59
Tabela 4.4 – Índice aplicável ao fator D. Fonte: Matos, 2007.	59
Tabela 4.5 – Classificação dos locais interiores segundo a exposição à humidade adaptado de Matos (2007).	60
Tabela 4.6 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno. Fonte: Despacho nº 15793-F, 2013.	61
Tabela 4.7 – Critérios para a determinação da zona climática de verão. Fonte: Despacho nº 15793-F, 2013.	62
Tabela 4.8 – Zonas de precipitação para Portugal continental. Fonte: Matos, 2007.	63
Tabela 4.9 – Definição das atmosferas exteriores em função dos índices de poluição do ar e da influência marítima. Fonte: Matos, 2007.	64
Tabela 4.10 – Índice aplicável ao fator E. Fonte: Matos, 2007.	65
Tabela 4.11 – Índice aplicável ao fator F. Fonte: Matos, 2007.	65
Tabela 4.12 – Índice aplicável ao fator G. Fonte: Matos, 2007.	66
Tabela 4.13 – Classes de necessidades de manutenção segundo CSTB (1996).	66
Tabela 4.14 – Classes de necessidade de reparação segundo CSTB (1996).	66
Tabela 4.15 – Matriz de durabilidade. Fonte: Matos, 2007.	67
Tabela 4.16 – Extrato da ferramenta de cálculo do custo de manutenção.	68

Tabela 4.17 – Dados iniciais para o cálculo.....	69
Tabela 4.18 – Extrato da ferramenta de cálculo do custo de manutenção	69
Tabela 4.19 – Custos de construção por m ²	70
Tabela 4.20 – Custo de manutenção por m ² de coberturas por ano.....	71
Tabela 4.21 – Custo de fim de vida por m ²	72
Tabela 4.22 – Dados sobre a localização dos edifícios.....	73
Tabela 4.23 – Classificação de qualidade.....	73
Tabela 4.24 – Fatores modificadores de qualidade do produto e do ambiente do edifício.....	74
Tabela 4.25 – Fatores modificadores relativos as condições operacionais do elemento.....	75
Tabela 4.26 – Vida útil estimada telha cerâmica.....	75
Tabela 4.27 – Vida útil estimada de chapa metálica.....	76
Tabela 4.28 – Vida útil estimada das membranas betuminosas APP e SBS.....	76
Tabela 4.29 – Vida útil estimada da tela de PVC.....	77
Tabela 4.30 – Dados iniciais da cobertura.....	77
Tabela 4.31 – Cálculo do custo de manutenção de uma cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP, durante 100 anos.....	79
Tabela 4.32 – Valores dos custos de manutenção.....	80
Tabela 4.33 – Valores dos custos de manutenção.....	80
Tabela 4.34 – Dados iniciais.....	80
Tabela 4.35 – Custo de manutenção de cobertura plana invertida com tela de PVC.....	81
Tabela 4.36 – Custo de manutenção de cobertura plana tradicional com membrana SBS.....	81
Tabela 4.37 – Custo de manutenção de cobertura inclinada revestida a telha cerâmica com garantia de 10 anos.....	81
Tabela 4.38 – Custo de manutenção de cobertura inclinada revestida a telha cerâmica com garantia de 35 anos.....	81
Tabela 4.39 – Custo de manutenção de cobertura inclinada revestida a chapa metálica perfilada.....	81
Tabela 4.40 – Custo por m ² do ciclo de vida das soluções em estudo.....	82
Tabela 4.41 – Custo de manutenção por m ² da cobertura plana invertida.....	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.42 – Custo de manutenção por m ² da cobertura inclinada revestida a telha cerâmica.....	83
Tabela 4.43 – Custos de construção e de manutenção por m ² da cobertura plana invertida.....	83
Tabela 4.44 – Comparação de custos de construção e de manutenção por m ² da cobertura plana invertida.....	84
Tabela 4.45 – Custos de construção e manutenção por m ² da cobertura inclinada revestida a telha cerâmica.....	84
Tabela 4.46 – Comparação de custos de construção e manutenção por m ² da cobertura inclinada revestida a telha cerâmica.....	84
Tabela 4.47 – Comparação de LCC da cobertura plana invertida.....	85
Tabela 4.48 – Comparação de LCC da cobertura inclinada revestida a telha cerâmica.....	85

ABREVIATURAS

ABCB – *Australian Building Codes Board*

AFNOR – *Association Française de Normalisation*

APP – Polipropileno Atático (*Atactic Polypropylene*)

BS – *British Standards*

BSI – *British Standards Institution*

CM – *Custo de Manutenção*

CMM – Câmara Municipal de Matosinhos

CSA – *Canadian Standards Association*

CSTB – *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*

D.L. – Decreto-Lei

EN – Norma Europeia (*European Standard*)

EPDM – Etileno Propileno Dieno Monómero (*Ethylene Propylene Diene Monomer Rubber*)

EU – *European Union*

GD – Graus-dias

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

ISO – *International Organization for Standardization*

LCC – Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Cost*)

NAHB – *National Association of Home Builders*

NATO – Organização do Tratado do Atlântico Norte (*North Atlantic Treaty Organization*)

NS – *Norwegian Standard*

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos

PVC – Policloreto de Vinilo (*Polyvinyl Chloride*)

ABREVIATURAS

SBS – Estireno-Butadieno-Estireno (*Styrene-Butadiene-Styrene*)

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

RGEU – Regulamento Geral das Edificações Urbanas

RICS – *Royal Institution of Chartered Surveyors*

UEAtc – *Union Européenne pour L'agrément technique dans la construction*

UV – Ultravioleta

VU – Vida útil

VUE – Vida Útil Estimada

VUR – Vida Útil De Referência

WLC – Custo Total de Vida (*Whole-Life Costing*)

XPS – Poliestireno Extrudido (*Extruded Polystyrene Foam*)

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

O setor da construção, pela sua natureza, apresenta elevados impactos ambientais (Bragança et al., 2011) e económicos (Alves et al., 2013). Por isso, deve ter-se consciência nas tomadas de decisões durante a fase de projeto, de pensar no amanhã e nos custos que acarretará nas futuras gerações.

A metodologia do custo do ciclo de vida, é uma forma de conseguir poupanças no futuro, tanto a nível económico como a nível ambiental. Esta metodologia, é um processo económico e financeiro, que tem como objetivo saber, na fase de projeto, os custos que irá ter um elemento construtivo ao longo da sua vida útil (Alves et al. 2013).

1.2 OBJETIVO

No âmbito do estágio curricular o presente relatório teve como objetivo o estudo da aplicabilidade da metodologia do custo do ciclo de vida nas coberturas. Serão focadas temáticas para auxiliar a aplicação da metodologia, tais como, a análise da durabilidade dos materiais e as características das coberturas, para posteriormente aplicar a metodologia do custo do custo de vida.

1.3 ESTRUTURA

O presente relatório de estágio está dividido em 5 capítulos, o presente capítulo terá como temática o enquadramento, o objetivo e a estrutura deste relatório. Terá também uma pequena abordagem ao local estágio, que foi efetuado na Câmara Municipal de Matosinhos (CMM).

O segundo capítulo, intitulado por Estado da arte, abordará as temáticas necessárias para o estudo do tema, tais como, o ciclo de vida, a durabilidade e a vida útil, o custo do ciclo de vida e a manutenção.

O terceiro capítulo, denominado por Coberturas, serão abordadas as características funcionais e construtivas das coberturas planas e inclinadas. Por fim, serão apresentados os tipos de cobertura em estudo e a manutenção aconselhada.

CAPÍTULO 1

O quarto capítulo intitula-se Custo do ciclo de vida. É neste capítulo onde irá ser efetuado os cálculos de durabilidade dos revestimentos de cobertura, utilizando a metodologia criada por Matos (2007). Também será apresentado uma ferramenta de cálculo, desenvolvido no âmbito deste trabalho para determinar o custo de manutenção das coberturas.

O quinto e último capítulo, designado por Considerações Finais, é onde serão apresentadas as conclusões finais do estudo feito no âmbito do tema do relatório de estágio. Neste capítulo, está incluído também a análise e comparações dos resultados obtidos do Capítulo 4.

1.4 ESTÁGIO

O estágio realizou-se na CMM, na divisão de conservação de edifícios municipais da CMM, localizados nos armazéns gerais em Guifões – Matosinhos. A Divisão de Conservação de Edifícios Municipais é responsável por:

- ✓ *“Conceber, implementar e manter o “Programa Qualidade 100 %”, visando a manutenção de um estado de conservação adequado dos edifícios municipais e a implementação eficiente e atempada das medidas corretivas que se mostrem necessárias;*
- ✓ *Proceder à manutenção permanente e limpeza dos equipamentos municipais;*
- ✓ *Proceder à gestão e manutenção do edifício dos Paços do Concelho;*
- ✓ *Executar por administração direta e empreitada, obras de conservação e reparação de equipamentos municipais, segundo critérios de eficiência económica e de gestão de recursos humanos e máquinas;*
- ✓ *Proceder à gestão e manutenção nos edifícios municipais das redes de gás, água e eletricidade, incluindo o controlo dos consumos correntes destas e os consumos correntes de eletricidade;*
- ✓ *Dar parecer sobre projetos de novos edifícios municipais, incluindo a receção provisória e definitiva dos mesmos;*
- ✓ *O exercício, em geral, de competências que a lei atribua ou venha a atribuir ao Município relacionadas com as descritas nos números anteriores.”*

Fonte: Site da Câmara Municipal de Matosinhos.

O estágio, teve como propósito estudar e analisar quais as soluções construtivas mais económicas, tendo como base o ciclo de vida, e, também, comparar soluções com revestimentos diferentes.

A CMM forneceu os dados, para ajudar o estudo do tema proposto. Também foram realizadas visitas a edifícios municipais, com o objetivo de verificar o estado de conservação de algumas coberturas e observar como eram efetuadas as respectivas manutenções.

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

2.1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda cinco temas que se relacionam entre si, o ciclo de vida, a durabilidade e a vida útil, o custo do ciclo de vida e a manutenção. Serão focados os aspetos importantes no estudo do custo do ciclo de vida das coberturas.

Com o objetivo de entender o custo do ciclo de vida das coberturas, é necessário conhecer o tema e os conceitos associados ao mesmo. Segundo Langdon (2007), para melhor poder calcular o custo do ciclo de vida é importante ter em conta o tempo e o custo.

2.2 CICLO DE VIDA

O ciclo de vida de um produto compreende as várias fases pelo qual o material passa, desde a obtenção da matéria prima, para a produção do mesmo, até ao momento da sua deposição. Estas fases compreendem a extração da matéria prima, a produção, o transporte, a utilização, a manutenção e ao fim de vida (Bragança, 2011).

De acordo com a norma ISO 15686 – *Buildings and constructed assets – Service life planning*, 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 é também descrito pelo Artigo 2 da Diretiva 2014/24 EU relativa aos contratos públicos, como *“todas as etapas consecutivas e/ou interligadas, incluindo a investigação e desenvolvimento a efetuar, a produção, comercialização e respetivas condições, transporte, utilização e manutenção, ao longo da existência de um produto, de uma obra ou da prestação de um serviço, desde a aquisição das matérias-primas ou da geração de recursos até à eliminação, neutralização e fim do serviço ou utilização;”*.

Através da análise dos conceitos anteriores, pode-se aferir que o ciclo de vida de um produto é constituído principalmente por cinco fases, a fase de projeto, de construção, de operação, de manutenção e de fim de vida.

2.3 DURABILIDADE E VIDA ÚTIL

O conceito de durabilidade de acordo a norma ISO 15686 (2011), é a capacidade de um edifício, ou componente, desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo sob determinadas condições de serviço.

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

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

A durabilidade é a medida do desempenho de uma estrutura em relação a um período específico de tempo. Portanto, para garantir o desempenho adequado de uma estrutura ao longo de sua vida útil, a durabilidade deve ser entendida e considerada (Saba, 2013).

Na norma ISO 15686 (2011), a vida útil de um edifício é definida como o período de tempo desde que se constrói até que, este ou algumas das partes, já não cumpram o uso para o qual foram destinados.

2.3.1 Quantificação da vida útil

Os avanços nos métodos para prever a vida útil de materiais e componentes de elementos construtivos promoveram o surgimento de diversos estudos em relação a sua durabilidade. O estudo da previsão da vida útil requer um profundo conhecimento dos mecanismos de deterioração dos materiais e componentes dos elementos construtivos e dos fatores que causam a perda de rendimento em tempo.

Existem um conjunto de normas ISO que tratam especificamente do planeamento da vida útil, especificamente, a norma ISO 15686. O objetivo desta norma no planeamento da vida útil é, oferecer uma garantia razoável de que a vida útil estimada de um edifício, com um local específico e com uma manutenção planificada, supere a vida útil de projeto. A Tabela 2.1 apresenta a vida útil de referência para os elementos construtivos (ISO 15686-1).

Tabela 2.1 – Vida útil de referência em anos para elementos construtivos. Fonte: ISO 15686-1, 2011.

Vida útil de referência do edifício	Componente inacessibilidade estrutural	Componente onde a substituição é mais cara ou difícil*	Componentes onde é fácil a substituição	Instalações
Ilimitado	Ilimitado	100 anos	40 anos	25 anos
150 anos	150 anos	100 anos	40 anos	25 anos
100 anos	100 anos	100 anos	40 anos	25 anos
60 anos	60 anos	60 anos	40 anos	25 anos
25 anos	25 anos	25 anos	25 anos	25 anos
15 anos	15 anos	15 anos	15 anos	15 anos
10 anos	10 anos	10 anos	10 anos	10 anos

Nota 1: componentes fáceis de repor podem ter vidas de referência de 3 a 6 anos

Nota 2: a vida de referência ilimitada deve ser raramente utilizada, há que reduzir consideravelmente as opções de Projeto

* incluindo a drenagem de águas subterrâneas

A Tabela 2.1 sugere uma vida mínima de referência de alguns componentes do edifício em função da vida útil de referência de um edifício, baseando-se na acessibilidade para a manutenção.

A ABCB criou um manual sobre a durabilidade na construção. O objetivo deste manual é abordar o tema da durabilidade no contexto da construção. O manual é de carácter não obrigatório e foi criado para auxiliar no desenvolvimento de soluções duráveis e económicas. A Tabela 2.2 sugere a vida útil de sistemas construtivos.

Tabela 2.2 – Vida útil das construções e dos seus competentes em anos. Fonte: ABCB, 2015.

Categoria de vida útil (VU) de projeto	Vida útil de projeto	Vida útil para componentes ou subsistemas acessíveis e económicos para substituir ou reparar	Vida útil para componentes ou subsistemas de acesso moderado, mas difíceis ou onerosa de substituir ou reparar	Vida útil para componentes ou subsistemas não acessíveis ou não económicos de substituir ou reparar
Curta	1<VU<15	5 ou VU (se VU<5)	VU	VU
Normal	50 anos	5 anos	15 anos	50 anos
Longa	100 ou mais anos	10 anos	25 anos	100 anos

No Canada, a *Canadian Standards Association (CSA)*, criou-se uma norma sobre a durabilidade nas construções: *CSA Standard S478-95 – Guideline on Durability in Buildings*.

Esta norma fornece um conjunto de recomendações para auxiliar os projetistas na criação de edifícios duráveis. Fornece uma estrutura dentro da qual, as metas de durabilidade podem ser definidas e sugere

critérios para especificar o desempenho e durabilidade dos edifícios e das suas partes. Contém informações genéricas sobre fatores, como por exemplo ambientais, que afetam a durabilidade dos materiais.

A CSA Standard S478 (1995) contém uma tabela de sugestões de vida útil de projeto para diferentes categorias de edifícios, como mostra a Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Categorias de vida útil de projeto. Fonte: CSA Standard S478 ,1995.

Categoria	Vida útil de Projeto	Exemplos
Temporário	Superior 10 anos	Construções não permanentes, stands de vendas
		Edifícios de exposições temporárias
Vida média	25 até 49 anos	Maioria das construções industriais
		Maioria dos parques estacionamentos
Vida longa	50 até 99 anos	Maioria das habitações, de edifícios comerciais e escritórios
		Edifícios destinados a saúde e a educação
		Parques de estacionamentos subterrâneos, destinados a edifícios com vida longa
Permanente	Período mínimo de 100 anos	Edifícios monumentais e históricos
		Edifícios de culto

No Reino-Unido, a *British Standards Institution* (BSI), criou um guia para a durabilidade dos edifícios e dos seus elementos, dos seus produtos e dos seus componentes: *BS 7543:2015 - Guide to durability of buildings and building elements, products and components*.

A BS 7543 (2015) dá orientação sobre a durabilidade, a vida útil de projeto e a vida útil prevista dos edifícios, dos ativos construídos e dos seus componentes. Aplica-se a edifícios novos e existentes.

A BS 7543 (2015) fornece ferramentas fundamentais para auxiliar na tomada de decisão em termos de custos e dos impactos de carbono dos ambientes construídos. Propõem a Tabela 2.4 com sugestões de vida útil de projeto para as diferentes categorias de edifícios.

Tabela 2.4 – Categorias de vida de projeto para edifícios. Fonte: BS 7543 (2015).

Categoria	Descrição	Vida do edifício por categoria	Exemplos
1	Temporário	Período acordado até 10 anos	Abrigos não permanentes e edifícios de exposições temporários
2	Vida curta	Período mínimo de 10 anos	Salas de aulas temporárias; edifícios industriais de curta duração; interiores de escritórios, lojas e armazéns reabilitados
3	Vida média	Período mínimo de 30 anos	Maioria dos edifícios industriais; habitações reabilitadas
4	Vida normal	Período mínimo de 60 anos	Edifícios novos destinados a saúde e a educação; habitações novas; excelentes edifícios públicos reabilitados
5	Vida longa	Período mínimo 120 anos	Edifícios monumentais e outros edifícios de alta qualidade

Como se pode verificar através das publicações apresentadas anteriormente, o tema da durabilidade e vida útil são abordados com métodos semelhantes. De modo geral dividem a vida útil dos edifícios e dos componentes por categorias de utilização.

2.3.2 Fatores que influenciam a durabilidade

A forma pela qual os materiais e edifícios se degradam com o tempo depende de sua constituição física, de como foram instalados e das condições ambientais a que estão sujeitos. Existe um grande número de fatores ambientais e químicos que podem afetar a durabilidade de um material ou componente durante a sua vida útil. Segundo NAHB (2002) os fatores que mais influenciam são:

- ✓ **Humidade** – é o fator que mais influencia a durabilidade dos materiais. A humidade pode aparecer em várias formas, ou seja, através da chuva, do gelo, da neve e do vapor de água. A humidade também está ligada a outros fatores de durabilidade, por exemplo, a humidade pode promover a corrosão, a produção de habitats de insetos e a podridão, assim ao controlar a exposição da humidade, muitos outros problemas de durabilidade ficam também resolvidos.
- ✓ **Radiação UV** – a radiação UV da luz solar, tem um impacto tremendo nos revestimentos exteriores, por exemplo, a luz solar provoca o desvanecer das cores, os plásticos degradam-se, a perda de resistência das madeiras e as telhas e telas betuminosas tornam-se frágeis. A luz solar pode ainda aquecer as superfícies e conduzir a humidade do interior para o exterior dos materiais e dos edifícios. A luz solar intermitente também pode causar grandes variações de temperatura.
- ✓ **Agentes químicos** – as reações químicas na maioria das vezes ocorrem com a presença da água e, são responsáveis por uma variedade de problemas de durabilidade. Estes podem acelerar

drasticamente as taxas normais de degradação. Por exemplo, a incompatibilidade de diferentes materiais

- ✓ Insetos – determinados insetos, dependem da madeira para se alimentar. Em certos madeiramentos desprotegidos, pode ocorrer a presença de térmitas, ou outros insetos.
- ✓ Fungos – vulgarmente designados verdetes, é um fator que dá origem a várias patologias nos elementos construtivos, cuja presença altera o seu aspeto estético e pode diminuir a sua estanqueidade.
- ✓ Riscos naturais – os riscos naturais formam uma classe especial de preocupação da durabilidade, que geralmente estão associados a condições climáticas ou geológicas pontuais, como por exemplo, grandes furacões, terramoto, e entre outros de grande magnitude. No entanto, impactos na durabilidade podem ser provocados em eventos naturais moderados ou leves, mesmo um furacão suave pode causar penetração significativa de água, resultando no imediato, inundações, e ao longo prazo, corrosões. Os riscos naturais que afetam a durabilidade são os furacões, terremotos, inundações, incêndios, granizão, neve, trovoada e tornados.
- ✓ Desgaste – o desgaste é simplesmente o resultado de erosão, danos físicos, manchas, entre outras resultantes do uso continuado. O hábitos e estilos de vida dos utentes são, particularmente, importantes para este fator de durabilidade.

2.3.3 Métodos para estimar a durabilidade

Atualmente, nenhum método proposto para prever a vida útil se pode considerar como uma ciência exata. Isto deve-se ao facto de existirem diversos fatores que precisam de ser tidos em conta, fazendo desta previsão uma atividade interdisciplinar. Os principais métodos utilizados na previsão da vida útil são:

- ✓ Método determinístico
- ✓ Método probabilístico
- ✓ Método de engenharia
- ✓ Método fatorial

O método determinístico, é um método de fácil aplicação e baseia-se no estudo dos fatores que influenciam a degradação dos elementos estudados, a compreensão dos seus mecanismos de ação e, finalmente, a sua determinação traduzida em funções de degradação. Os fatores traduzem-se em fórmulas que expressam sua ação ao longo do tempo (Silva et al., 2016).

Silva et al. (2016) menciona que devido à incerteza associada ao desempenho do edifício, muitas vezes é necessário usar métodos probabilísticos para prever a vida útil dos elementos de construção. Os métodos probabilísticos consideram a degradação como um processo que depende do acaso, onde se define a probabilidade de deterioração para cada propriedade, durante um período de tempo. Para sua aplicação, é necessário possuir dados reais ocorridos num dado período de tempo.

O método de engenharia é, tal como o método determinístico, de fácil aplicação e, tal como o método probabilístico, onde se descreve os processos de degradação de forma probabilística. Os métodos de engenharia podem ser usados para identificar os fenómenos de degradação de forma mais analítica, sendo capazes de controlá-los no projeto através do planeamento de manutenção (Silva et al., 2016).

Por fim, o método fatorial, que Emídio, et al. (2013) define como o que *“permite determinar a vida útil dos elementos, sujeitos a condições específicas, a partir de uma vida útil de referência corrigida por vários fatores modificadores”*. Este método será abordado com mais pormenor no ponto seguinte.

2.3.4 Método fatorial

Como referido anteriormente, o método fatorial consiste em estimar uma vida útil de um componente a partir de uma série de fatores de durabilidade e de uma vida útil de referência. Tomando em consideração que não é um método exato e, depende diretamente de análise e de experiência do projetista, é importante para dar uma ideia aproximada de quanto pode durar uma solução (Moreno, 2016).

A partir de uma vida útil de referência, esperada em condições padrão, obtém-se uma estimativa da vida útil para as condições particulares pretendidas através da multiplicação da vida útil de referência por uma série de fatores relacionados com diversos aspetos determinantes para a durabilidade. A vida útil estimada (VUE) de determinado produto é calculada segundo a seguinte equação:

Equação 1

$$VUE = VUR \times Fator A \times Fator B \times Fator C \times Fator D \times Fator E \times Fator F \times Fator G$$

Onde:

VUR – Vida útil de referência (do produto);

Fator A – Qualidade do produto de construção;

Fator B – Nível de qualidade do projeto;

Fator C – Nível de qualidade da execução;

Fator D – Características do ambiente interior;

Fator E – Características do ambiente exterior;

Fator F – Características do uso;

Fator G – Nível de manutenção.

2.3.4.1 Quantificação de fatores

Na determinação da vida útil total, é importante ter em conta a vida útil de referência, bem como, de que maneira são determinados cada um dos fatores. A norma ISO 15686 sugere uma classificação em três níveis de acordo com o grau de influência que esta vai exercer sobre o mesmo produto. Os valores sugeridos para os fatores, devem estar entre 0,8 e 1,2, tal como indicado na Tabela 2.5

Tabela 2.5 – Valor de desvio sugeridos pela norma ISO 15686-1 (2011).

Valor	Desvio em relação à condição de referência
0,8	Quando o fator tem influência negativa sobre o elemento em estudo.
1,0	Quando o fator não tem influência sobre o desempenho do elemento em estudo.
1,2	Quando o fator tem influência positiva sobre o elemento em estudo.

Se, um fator específico não se aplica na determinação da vida útil em determinada situação então, deve-se considerar o fator em causa igual a unidade. A classificação deve ser cuidada para não haver duplicações nas avaliações das condições. Os fatores de durabilidade que o método fatorial usa, são os seguintes:

- ✓ Fator A – Este fator expressa a qualidade do material utilizado. A qualidade dos materiais depende da sua fabricação, da sua manufatura e principalmente, que sejam cumpridas as normas técnicas para cobrir as necessidades funcionais e ambientais dos edifícios.
- ✓ Fator B – Este fator expressa o nível de qualidade de conceção da estrutura ou componente de um edifício. A qualidade depende em muito da experiência do projetista na sua preparação.
- ✓ Fator C – Este fator expressa a qualidade da mão-de-obra com a regularidade que da fiscalização em obra. É muito importante que, as pessoas que vão executar os trabalhos de construção e instalação, sejam plenamente capacitadas e preparadas para tais fins.
- ✓ Fator D – Este fator expressa o ambiente interior dos edifícios. Condicionantes como a temperatura, ventilação, iluminação, humidades, e entre outros, influenciam diretamente na deterioração dos componentes construtivos. Não se aplica em elementos em contacto com exterior.
- ✓ Fator E – Este fator expressa o ambiente exterior da localização dos edifícios. Fatores como o vento, a humidade, a chuva, a radiação ou certos fungos vão influenciar diretamente a deterioração dos componentes construtivos.

- ✓ Fator F – Este fator expressa as condições de utilização do material ou componente e a sua adequação. O uso que se espera que o edifício tenha, influencia a degradação e a deterioração do edifício e dos seus componentes.
- ✓ Fator G – Este fator expressa a extensão da manutenção do material ou componente com a sua reparação. O nível e a qualidade dos trabalhos de manutenção permitirão direta ou indiretamente que o edifício alcance a sua vida útil estimada. A manutenção deficiente pode reduzir o valor do fator, mas, em algumas situações, também a manutenção demasiado intensiva, pode reduzir a vida útil.

Os fatores aqui apresentados, assumem os valores indicados na Tabela 2.5, para a determinação da vida útil, que será apresentada com mais pormenor no subcapítulo 4.2.

2.4 CUSTO DO CICLO DE VIDA

O custo do ciclo de vida (LCC) – *Life Cycle Costing*, é uma técnica utilizada para estimar o custo total de uma construção. Na indústria da construção, o LCC é aplicado na quantificação de custos totais de edifícios, de sistemas e de materiais de construção. Esta técnica, pode ajudar nas tomadas de decisões nos projetos e nos investimentos na construção.

A norma ISO 15686-5 – *Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 5: Life-cycle costing*, refere que o custo do ciclo de vida “(...) é uma técnica valiosa para prever o desempenho dos custos dos ativos construídos. O custo do ciclo de vida é uma forma de análise para determinar se um Projeto atende aos requisitos de desempenho.”, refere também que é uma “Metodologia para a avaliação económica sistemática dos custos do ciclo de vida durante um período de análise” e “O custo do ciclo de vida pode abordar um período de análise que abranja todo o ciclo de vida, fases selecionadas ou períodos”.

Segundo Bragança et. al (2011) o LCC “(...) é utilizado para comparar soluções construtivas ou edifícios que satisfaçam o mesmo nível de desempenho. Estas comparações permitem verificar qual a solução que apresenta custos mais baixos durante o período em estudo e, por conseguinte, a solução de melhor desempenho económico.”

O LCC é usado para avaliar os custos de um edifício ao longo do seu ciclo de vida, incluindo a aquisição, o desenvolvimento, a operação, a gestão, a reparação, a eliminação e o desmantelamento. Permite comparações de custos entre diferentes cenários de investimentos, de projeto e de especificações.

2.4.1 Abordagem do custo do ciclo de vida

O uso de LCC é ainda limitado (Langdon, 2007). Segundo Langdon (2007), diferentes fontes de informação são necessárias no LCC e, portanto, o processo de análise é visto como complicado e demorado. Tendo este fator em conta, os documentos, as diretrizes e os padrões do LCC foram desenvolvidos para dar aos profissionais os conselhos necessários para a implantação do LCC. De seguida, uma pequena análise de duas normas, e de um relatório disponíveis na Europa.

A norma ISO 15686-5, fornece diretrizes para a realização de análises do custo do ciclo de vida de edifícios e ativos construídos e suas partes, novas ou já existentes. Os objetivos da ISO 15686-5 são as seguintes:

- ✓ Estabelecer terminologia clara e uma metodologia comum para o Custo do Ciclo de Vida (LCC);
- ✓ Permitir o uso prático do LCC e que seja amplamente utilizado na indústria da construção;
- ✓ Permitir a aplicação de técnicas e metodologias de LCC para uma ampla gama de métodos de aquisição;
- ✓ Ajudar a melhorar a tomada de decisão e na avaliação de processos nas fases relevantes de qualquer processo;
- ✓ Abordar preocupações sobre incertezas e riscos e, melhorar a confiança na previsão de LCC;
- ✓ Tornar o LCC e os pressupostos subjacentes mais transparentes e robustos;
- ✓ Estabelecer os princípios orientadores, as instruções e as definições para diferentes formas de LCC;
- ✓ Fornecer uma estrutura para previsões consistentes e avaliação de desempenho de LCC, o que facilita níveis mais fortes de análise comparativa de custos;
- ✓ Fornecer uma base comum para estabelecer metas de LCC durante o projeto e a construção, contras as quais o desempenho de custo real pode ser seguido e avaliado ao longo da vida útil do ativo;
- ✓ Fornecer orientações sobre quando realizar o LCC, a que níveis e quais rúbricas de custos são apropriados a análise;
- ✓ Ajudar a revelar o valor real LCC, usando o planeamento da vida útil;
- ✓ Esclarecer as diferenças de LCC e o Custo total da Vida (WLC – Whole-Life Costing);
- ✓ Fornecer um menu genérico de custos para LCC/WLC compatível e personalizável para códigos de custos nacionais e internacionais;
- ✓ Fornecer referencias cruzadas para orientação sobre atividade associadas dentro das outras partes da ISO 15686.

A norma ISO 15686-5 menciona que o custo do ciclo de vida é importante na gestão dos ativos construtivos, permitindo comparações de várias alternativas de projeto.

A norma norueguesa NS 3454 (2013) – *Life cycle costs for construction works - Principles and classification*, estabelece a relação entre os custos do ciclo de vida, as despesas anuais, os custos operacionais e os custos anuais e determina um gráfico económico de contas para esses custos.

A NS 3454 abrange todos os tipos de projetos de construção e, é uma ferramenta de programação que, facilita o projeto, bem como a gestão, o desenvolvimento, a operação e a manutenção.

Em setembro 2001, um grupo de trabalho, *Task Group 4: Life Cycle Costs in Construction*, foi formado no âmbito da construção sustentável, para a elaboração de um documento sobre o LCC na construção. O objetivo era fazer recomendações sobre como o LCC podia ser integrada na política europeia (Langdon, 2007). Este grupo de trabalho, composto por representantes de diferentes países europeus, criou um documento que contém seguintes recomendações:

- ✓ Adotar uma metodologia europeia comum para avaliar os custos do ciclo de vida na construção;
- ✓ Incentivar uma contribuição de dados de referência, para melhor oferecer um suporte de boas práticas e manuais de manutenção;
- ✓ Incorporar o LCC na contratação e adjudicação de contratos públicos;
- ✓ Tornar públicos os indicadores do custo do ciclo de vida em edifícios;
- ✓ Realizar o custo do ciclo de vida na fase inicial de um projeto;
- ✓ Criar iniciativas de medidas fiscais para o uso de LCC;
- ✓ Desenvolver fichas de orientações.

O documento criado por *Task Group 4*, inclui informações úteis sobre o LCC, tais como métodos, ferramentas e estudos de casos de LCC.

2.4.2 Aplicação do LCC

A avaliação do LCC traz uma visão económica de um edifício ou componente na fase de projeto. A avaliação de investimentos na construção, em termos de custos de ciclo de vida, é uma das formas de garantir a economia, a eficiência e a eficácia (NATO, 2009). Os benefícios do uso LCC nos processos de tomada de decisão na preparação do edifício são:

- ✓ Transparência e sustentabilidade de custos futuros de construção;
- ✓ Planeamento dos custos futuros associados ao edifício;
- ✓ Avaliação de alternativas de projeto (edifícios ou componentes);
- ✓ Apreciação da combinação entre os parâmetros técnicos do projeto e dos seus custos (Substituição de materiais e elementos, tecnologias construtivas, e entre outros);

- ✓ Maior afetação na obtenção da “relação custo-benefício”.

O principal desafio do LCC, ou qualquer método de avaliação económica, é determinar os efeitos económicos dos projetos alternativos de edifícios e de sistemas de construção e quantificar esses efeitos e expressá-los em valor monetário (custos).

Segundo Langdon (2007), as duas principais medidas para o cálculo do LCC são o tempo e o custo. Sendo assim, a maioria das informações para a realização do cálculo estão relacionados com o tempo de vida e os custos das soluções.

Na construção existe a utilização de diversos materiais, os quais, têm ciclos de vida distintos. Por conseguinte, as informações necessárias para a realização do LCC aprofundado, é em geral grande, e com a falta de dados uteis, confiáveis e consistentes há uma grande dificuldade na sua implementação (Langdon, 2007).

Segundo o artigo 68 da Diretiva 2014/24 EU, o cálculo do LCC é descrito de seguinte forma:

“1. O cálculo dos custos do ciclo de vida abrange partes ou a totalidade dos custos relevantes a seguir indicados ao longo do ciclo de vida de um produto, serviço ou obra:

- a) Custos suportados pela autoridade adjudicante ou outros utilizadores, nomeadamente:*
 - i. custos relacionados com a aquisição,*
 - ii. custos de utilização, tais como consumo de energia e de outros recursos,*
 - iii. custos de manutenção,*
 - iv. custos de fim de vida, tais como custos de recolha e reciclagem.*
- b) Custos imputados a externalidades ambientais ligadas ao produto, serviço ou obra durante o seu ciclo de vida, desde que seja possível determinar e confirmar o seu valor monetário; estes custos podem incluir o custo das emissões de gases com efeito de estufa e de outras emissões poluentes, assim como outros custos de atenuação das alterações climáticas.”*

2.5 MANUTENÇÃO

Os edifícios, como qualquer outro bem, necessitam durante a sua vida de uma atenção e um cuidado por parte do seu proprietário. A manutenção é a melhor maneira de conseguir uma revalorização contínua e um aumento da vida útil de um edifício (Navarro, 1995).

Uma manutenção adequada, juntamente com a reabilitação, que adapta os espaços e as instalações a novas necessidades, fazem que muitos edifícios ultrapassem o seu ciclo de vida (Navarro, 1995). Este subcapítulo, terá uma pequena abordagem sobre os aspetos gerais da manutenção em edifícios.

2.5.1 Conceito

A manutenção, pela norma ISO 15686, resume-se na utilização coordenada de atividades técnicas e administrativas associadas à vida de um edifício ou das suas partes com vista a manter um edifício, num estado que lhe permita desempenhar as suas funções. O conceito de manutenção tem sido amplamente descrito por vários autores, devido à necessidade de conservar e manter não só os edifícios, mas tudo que, com o tempo, se pode deteriorar.

A manutenção, no geral, contém um conjunto de procedimentos e operações que permitem avaliar e corrigir o desempenho dos elementos e/ou componentes do edifício, de maneira a garantir as condições mínimas de funcionalidade e aumentar a vida útil destes, por conseguinte, a do edifício (Silva, 2013).

As características da manutenção são baseadas nas características do próprio edifício e estão intimamente relacionadas com o período de construção e os materiais que foram utilizados em sua execução.

Existem vários tipos de manutenção, sendo os dois principais a manutenção preventiva e a manutenção corretiva. A primeira, como seu nome indica, previne qualquer inconveniente que possa ocorrer na vida dos edifícios, fazendo cumprir o desempenho para o qual o edifício foi concebido. A manutenção corretiva trata de corrigir os erros que os edifícios apresentem, para estender ao máximo a sua vida útil e conservar o património arquitetónico, estes erros serão abordados no subcapítulo 3.5. A manutenção corretiva, normalmente, acaba por ser mais dispendiosa, uma vez que pode implicar uma substituição parcial ou total dos elementos construtivos.

2.5.2 Vantagens da manutenção do edifício

A principal vantagem da manutenção está intimamente ligada a um conceito de economia, prolongando desta forma, o tempo de exploração de uma construção sem ter que fazer grandes investimentos (Fernández, 2007).

2.5.3 Classificação

Existem várias formas de classificar a manutenção dos edifícios atendendo a fatores como o tipo de obra, o proprietário do edifício e o momento que se realiza a manutenção. A norma EN 13306 (2017) classifica de seguinte forma.

Tabela 2.6 – Classificação da manutenção segundo a norma EN 13306 (2017).



Na Tabela 2.7, é descrita de forma sintetizada, segundo a norma EN 13306 (2017), as classificações de manutenção referidas na Tabela 2.6.

Tabela 2.7 – Descrição de manutenções segundo norma EN 13306 (2017).

Tipo de Manutenção	Definição
Manutenção Preventiva	Manutenção realizada em intervalos pré-determinados, correspondendo a critérios pré-definidos e destinados a reduzir a probabilidade de falha, de perda de desempenho, ou a degradação de um elemento.
Manutenção condicionada	Manutenção preventiva baseada na monitorização do funcionamento da propriedade e/ou seus parâmetros desse funcionamento, incorporando as ações que dela resultam.
Manutenção agendada	Manutenção preventiva realizada em intervalos de tempo pré-determinados ou de acordo com um número definido de unidades, mas sem controle prévio da condição da propriedade.
Manutenção corretiva	Manutenção realizada após uma falha, pretende restaurar um elemento para um estado no qual ele pode executar sua função exigida.
Manutenção Deferida	Manutenção corretiva que não é executada imediatamente após uma falha ser relatada, mas é atrasada de acordo com as regras de manutenção.
Manutenção Imediata	Manutenção corretiva executada sem detalhes após a deteção de falhas para evitar consequências graves.

2.5.4 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é uma atividade planeada para evitar grandes gastos em edifícios. Procura prevenir falhas e a deterioração nos elementos, cujo custo de reparação é maior quando elas são apresentadas. A manutenção preventiva também visa prolongar a vida útil dos edifícios e seus componentes (Salazar, 2009).

O objetivo da manutenção preventiva é evitar precocemente as falhas que possam ocorrer nos elementos que compõem o edifício. Os edifícios podem atingir a vida útil esperada se forem mantidos adequadamente (Salazar, 2009). Nesta manutenção, são realizadas diferentes operações, que garantem o correto funcionamento e conservação das instalações. A manutenção preventiva contém os seguintes benefícios:

- ✓ Redução de falhas e tempos de inatividade, o que levará a maior disponibilidade de instalações e menor gasto de recursos em tarefas de manutenção corretiva.
- ✓ Aumento da vida das instalações. Operações preventivas nas instalações levarão a uma vida útil mais longa.
- ✓ Poupanças económicas. O investimento de uma manutenção preventiva será eficiente a longo prazo, pois vai aumentar a vida útil das instalações e evitar possíveis falhas que acarretem um alto custo económico. Os custos de reparação, se a manutenção preventiva for realizada, serão menores.
- ✓ Controlo e monitorização. Esta manutenção permitirá assumir um controlo constante das instalações, sabendo sempre o estado dos mesmos a qualquer momento.
- ✓ Trabalhos controlados. Existirá uma melhor programação dos trabalhos a realizar.

2.5.5 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva refere-se à realização de ações, somente quando ocorrem falhas ou a deterioração da instalação é avançada e se torna visível, causando incómodo aos usuários do edifício. Esta manutenção é aquela que vai acarretar um maior volume de trabalho na manutenção de um edifício.

Em muitos casos, o custo de reparação ou substituição é alto e muitas das correções que necessitam de ser feitas poderiam ser previstas e evitadas a tempo, quando o problema ainda era de menor gravidade. Em síntese, a manutenção corretiva, concentra-se em combater imediatamente o problema quando ele é visível ou suas consequências se tornaram notórias. Este tipo de manutenção não é planeado, mas responde a uma necessidade imediata.

2.5.6 Atividades de manutenção

Nas atividades de manutenção as tarefas realizadas durante a fase de exploração dos edifícios, com o objetivo de garantir os níveis mínimos de qualidade e evitar a progressiva deterioração dos elementos, asseguram o valor comercial do bem e a sustentabilidade da sua utilização durante a vida útil expectável (Flores et al., 2001). Segundo a norma ISO 13306 (2017), o conjunto de atividades de manutenção são:

- ✓ Inspeção – Controlo de conformidade, medindo, observando, testando ou calibrando as características significativas de uma instalação. Em geral, a inspeção pode ser realizada antes, durante ou depois de outras atividades de manutenção.
- ✓ Monitorização – Atividade executada manual ou automática para observar o estado real de uma instalação. A operação de monitorização difere da inspeção, pois é usada para avaliar os parâmetros da propriedade ao longo do tempo. Ela pode ser contínua durante um período de tempo ou após um número de operações.
- ✓ Manutenção de rotina – Atividades de manutenção básica, regulares ou repetitivas que geralmente não requerem qualificações, autorizações ou ferramentas especiais. A manutenção de rotina pode incluir, por exemplo, limpeza, reparações básicas, e entre outros.
- ✓ Revisão – Conjunto completo de observações e ações realizadas, a fim de manter o nível exigido de segurança de um bem. Uma revisão pode ser realizada em intervalos de tempo estabelecidos ou após um determinado número de operações. Uma revisão pode exigir um desmantelamento total ou parcial da instalação.
- ✓ Reconstrução – Ação após o desmantelamento de um bem e a reparação ou substituição de componentes que estão a aproximar-se do fim de sua vida útil e/ou devem ser substituídos sistematicamente. A reconstrução difere da revisão na medida em que pode incluir modificações e/ou melhorias na instalação.

O propósito da reconstrução, esta dá, normalmente, a uma instalação uma vida útil, que pode ser, mais longa que a original.

- ✓ Reparação – Ações físicas executadas para restaurar a função de uma instalação, de uma falha.
- ✓ Melhoria – Conjunto de medidas técnicas, administrativas e de gestão destinadas a melhorar a segurança funcional de uma instalação sem alterar sua função exigida.
- ✓ Modificação - Conjunto de medidas técnicas, administrativas e de gestão para alterar a função requerida de uma instalação. Modificação não significa substituição por uma instalação equivalente. Uma modificação não é uma ação de manutenção, mas está relacionada à alteração

na função necessária de uma instalação, fornecendo a instalação uma nova função. As alterações podem afetar tanto a segurança como o desempenho da instalação ou ainda ambos.

2.5.7 Custos de manutenção de edifícios

A seleção de atividades de manutenção a serem utilizadas no edifício devem ter em consideração o ciclo de vida dos materiais de construção. Em alguns casos, quando o material alcançou a condição de desgaste, o trabalho de manutenção é exigido para retificar esses defeitos. Portanto, é necessário entender o desempenho dos materiais, a fim de reduzir os custos de execução durante a operação de construção. Conhecendo o tempo de vida físico e detalhado dos materiais, permite prever o orçamento para solução.

Dentro do custo de manutenção encontra-se as manutenções programadas (preventiva), as reparações não programadas (corretivas), o funcionamento (exploração) e o custo de limpeza.

2.6 SÍNTESE

Em síntese deste capítulo, a obtenção do LCC, é necessário ter em conta duas medidas, o tempo e o custo. Assim sendo, o cálculo do LCC está relacionado com o tempo de vida e o custo das soluções.

CAPÍTULO 3

COBERTURAS

3.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como propósito reunir informação, de forma sintetizada, sobre tecnologias de sistemas de coberturas correntes, incluindo a caracterização dos materiais de revestimento e de impermeabilização.

Uma cobertura é, por definição, o conjunto de elementos resistentes e protetores destinados a fechar a parte superior de um edifício. As coberturas têm como principal objetivo proteger as construções das ações climáticas, não esquecendo o conforto térmico, a segurança contra incêndio, a segurança estrutural e a segurança contra a intrusão. Sendo assim, é fundamental construí-las de modo que cumpram estes objetivos (Morgado, 2012).

As coberturas podem ser classificadas quanto a forma em:

- ✓ Planas – estas podem ser não acessíveis, acessíveis a pessoas (terraços), acessíveis a veículos, ou ajardinadas (também chamada cobertura verde);
- ✓ Inclínadas – estas normalmente designadas por telhados;

3.2 EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS

As exigências funcionais de uma cobertura podem definir-se como, um conjunto de requisitos a impor a este elemento para que, este desempenhe adequadamente as suas funções. Estes requisitos dependerão da função essencial de proteção, mas também de funções específicas de tipologias de uso e de processos construtivos adotados (Rato et al., 2003).

Um sistema de cobertura deve satisfazer, principalmente, as seguintes exigências: a estanqueidade, o conforto térmico e o desempenho face as ações diversas suscetíveis de degradá-lo a longo prazo. Portanto, a cobertura tem de ser eficiente perante as ações mecânicas, da temperatura, da radiação solar e da água (Rato et al., 2003).

Nas exigências de segurança, tem que ser garantida a segurança estrutural, dimensionando a estrutura da cobertura de forma a resistir as cargas permanentes, cargas variáveis e cargas acidentais. Deve também, dependendo do edifício, oferecer segurança contra incêndio (Rato et al., 2003).

Para garantir as exigências de durabilidade, os materiais aplicados devem conservar as suas qualidades e devem ser tomadas certas disposições construtivas que permitem o acesso, a limpeza, a manutenção e a reparação dos sistemas de cobertura (Rato et al., 2003). Na Tabela 3.1, estão listadas de forma sistemática as exigências funcionais de coberturas.

Tabela 3.1 – Sistematização das exigências funcionais de coberturas. Fonte: Rato et al., 2003.

Exigências funcionais	Subconjunto de 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 punçoamento
		Ações de choques acidentais
Ação dos agentes atmosféricos		
Segurança contra as intrusões		
Exigências de habitabilidade	Estanqueidade	À água
		Às poeiras/permeabilidade ao ar
	Conforto higrotérmico	Isolamento térmico
		Suscetibilidade a condensações
		Proteção solar
	Conforto acústico	Ruídos aéreos
		Ruídos de percussão
	Conforto visual	Iluminação natural
		Refletividade da camada de proteção
	Aspeto	Exterior
Interior		
Qualidade 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 de economia	Limitação do custo global	Custo de construção
		Custo de conservação, manutenção e reparação
Outras exigências	Estabilidade geométrica	
	Processo construtivo	
	Sustentabilidade	

Das exigências funcionais referidas na Tabela 3.1, as que se aplicam aos revestimentos de coberturas são descritas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Sistematização das exigências funcionais dos revestimentos de coberturas, adaptado de Rato et al. (2003).

Exigências funcionais	Subconjunto de exigências
Segurança	Segurança contra incêndio (reação ao fogo dos materiais)
	Resistência a ações inerentes ao uso normal
	Segurança contra as intrusões
Habitabilidade	Estanqueidade à água
	Estanqueidade às poeiras / permeabilidade ao ar
	Conforto higrotérmico
	Conforto acústico
	Conforto visual
	Aspeto
Durabilidade	Conservação das características dos materiais
	Limpeza, manutenção e reparação
Exigências de economia	
Outras exigências	Estabilidade geométrica
	Processo construtivo
	Sustentabilidade

Um bom desempenho de uma cobertura não depende exclusivamente das características dos materiais, mas, do bom desempenho de cada um dos elementos que a constitui e da forma como foi concebida e executada a cobertura. Daí, a importância das exigências funcionais.

3.3 COBERTURAS INCLINADAS

Considera-se cobertura inclinada por definição, sempre que esta apresenta uma inclinação entre 5° e os 45° (Ferreira, 2009). Neste tipo de coberturas, a estanquidade poderá estar garantida pela inclinação da cobertura e pelo seu revestimento.

As coberturas inclinadas são muito marcantes na arquitetura portuguesa, sendo que o seu revestimento preferido na construção corrente, tem sido a telha cerâmica. Nos edifícios industriais e em outras coberturas de grande vão, é mais frequente encontrar, desde há alguns anos, soluções de revestimento de chapas metálicas, fibrocimento, e entre outros (Paulo et al., 2001).

3.3.1 Elementos constituintes de coberturas inclinadas

Uma cobertura inclinada é composta por diversos elementos, formas e superfícies, pelo que é necessário proceder à correta designação de cada elemento. A Figura 3.1, mostra de forma esquematizada, a posição dos principais elementos de cobertura inclinada.

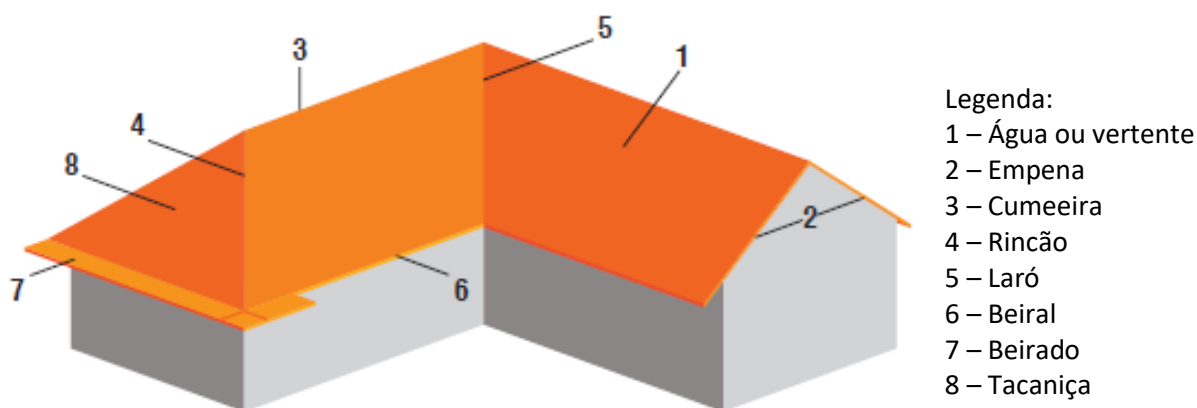


Figura 3.1 – Cobertura inclinada. Fonte: Cerâmica Torreense, 2010.

A terminologia portuguesa sobre as coberturas tem significados diferentes consoante a zona do país. Os elementos representados na Figura 3.1, estão descritos na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Descrição dos elementos de cobertura inclinada. Fonte: Cerâmica Torreense, 2010.

Elemento	Descrição
Água ou vertente (1)	Caimento dos telhados em forma retangular ou trapezoidal.
Empena (2)	Superfície triangular da parede que limita lateralmente uma cobertura de uma ou duas águas.
Cumeeira (3)	Representa a parte mais elevada de uma cobertura, linha de separação das águas de uma cobertura, peça que cobre a fileira.
Rincão (4)	Termo que define a linha de interceção de duas águas de uma cobertura que se encontram num ângulo exterior.
Laró (5)	Elemento da estrutura de uma cobertura, que faz a ligação de duas águas, que se encontra num nível inferior, é a peça oposta ao rincão.
Beiral (6)	Remate de topo de um telhado de duas águas, formando normalmente um triângulo. Funciona como uma pequena água de uma cobertura. Executada com a própria telha.
Beirado (7)	Remate com a mesma função que o beiral, mas com a diferença que é executada com peças e acessórios, capa e bica.
Tacaniça (8)	Remate de topo de uma cobertura de duas águas, formando normalmente um triângulo. Funciona como uma pequena água de uma cobertura.

Quanto à estrutura de suporte propriamente dita, pode encontrar-se os principais elementos exemplificados na Figura 3.2.

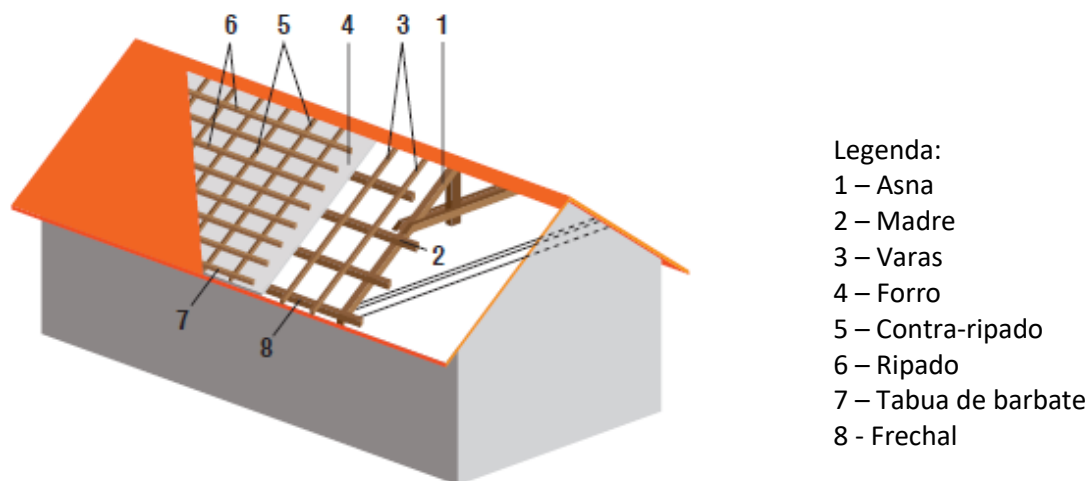


Figura 3.2 – Esquema estrutural cobertura inclinada. Fonte: Cerâmica Torreense, 2010.

A Tabela 3.4 apresenta uma pequena descrição dos elementos estruturais da cobertura, que está representada na Figura 3.2.

Tabela 3.4 – Descrição dos elementos estruturais da cobertura inclinada. Fonte: Torreense, 2010.

Elemento	Descrição
Asna (1)	Treliça de madeira, metálica ou mista que serve de apoio à estrutura secundária.
Madre (2)	Peça da estrutura principal da cobertura, disposta perpendicularmente à linha de maior declive da vertente, em que apoia diretamente o vareado e que transmite o esforço à estrutura principal da cobertura.
Varras (3)	Peça da estrutura secundária da cobertura, disposta segundo a linha de maior declive da vertente em que geralmente apoia o ripado.
Forro (4)	Elemento contínuo que forra interiormente a cobertura, acompanhando a vertente, colocado entre a estrutura principal e secundária da cobertura, ou imediatamente abaixo desta.
Contra-ripado (5)	Peça da estrutura secundária, disposta sob o ripado, segundo a linha de maior declive da vertente, que apoia sobre um elemento contínuo.
Ripado (6)	Conjunto de peças da estrutura secundária da cobertura disposta perpendicularmente à linha de maior declive da vertente, em que se apoiam os elementos do revestimento.
Tabua de barbante (7)	Peça da estrutura secundária da cobertura, que substitui o ripado na beira da cobertura, para manter a pendente da fiada de telhas da beira. A tabua de barbante é muitas vezes substituída por uma ripa dupla.
Frechal (8)	Peça da estrutura secundária da cobertura, correspondente a uma madre que apoia na parede resistente e recebe e distribui esforços transmitidos pelo vareado.

3.3.2 Classificação da cobertura inclinada

Este subcapítulo, descreve, de forma sintetizada, as formas de classificar uma cobertura inclinada e os respectivos revestimentos, com o propósito de compreender toda a sua tecnologia. As coberturas inclinadas e seus revestimentos podem se classificadas de seguinte forma:

- ✓ Quanto ao número de vertentes;
- ✓ Quanto ao funcionamento estrutural dos elementos de revestimento;
- ✓ Quanto ao tipo de estrutura de suporte dos elementos de revestimentos;
- ✓ Quanto à natureza dos materiais de revestimentos;
- ✓ Quanto à opacidade dos elementos de revestimentos.

3.3.2.1 Classificação quanto ao número de vertentes

A vertente de uma cobertura inclinada, também designada como água, pode ser classificada de seguinte forma:

- ✓ Cobertura de uma água ou telheiro – cobertura inclinada constituída por uma vertente.
- ✓ Cobertura de duas águas – cobertura inclinada constituída por duas vertentes que se interseam definindo uma cumeeira.
- ✓ Cobertura de quatro águas – cobertura inclinada constituída por quatro vertentes que se interseam definindo uma cumeeira e quatro rincões.
- ✓ Pavilhão – cobertura inclinada de quadro águas que se interseam apenas quatro rincões que convergem num ponto.



Figura 3.3 – Classificação quanto ao número de vertentes. Fonte: CYPE.

3.3.2.2 Classificação quanto ao funcionamento estrutural dos elementos de revestimento

O funcionamento estrutural dos elementos de revestimentos de coberturas inclinadas, pode ser classificado em:

- ✓ Diferenciadas – os elementos de revestimento descarregam sobre outros elementos rígidos, com se pode verificar na Figura 3.4.

Os elementos de revestimento podem ser soletos, telhas, chapas ou outros elementos descontínuos de pequenas e médias dimensões, em praticamente qualquer tipo de material.

Os elementos resistentes podem ser ripas, varas e madres, vigas, asnas com as mais diversas configurações e arcos, de madeira ou derivados, de betão, metálicos ou de alvenaria.



Figura 3.4 – Cobertura inclinada. Fonte: CYPE.

- ✓ Indiferenciada ou autoportante – a estrutura de suporte, desempenha também as funções de revestimento, como se pode verificar na Figura 3.5. Por exemplo, cascas de betão, que são elementos prefabricados, em betão armado pré-esforçado, cascas metálicas, painéis prefabricados de betão e painéis-sanduíche leves metálicos com núcleo isolante.



Figura 3.5 – Cobertura de edifício industrial.

3.3.2.3 Classificação quanto ao tipo de estrutura de suporte dos elementos de revestimentos

A estrutura de suporte dos elementos de revestimentos, podem se classificar em:

- ✓ Contínuas – são constituídas por um elemento contínuo ou um conjunto de peças monolíticas, como se pode verificar na Figura 3.6. Por exemplo, lajes estruturais (betonada in situ ou prefabricada) de betão (Figura 3.6), forro de madeira.

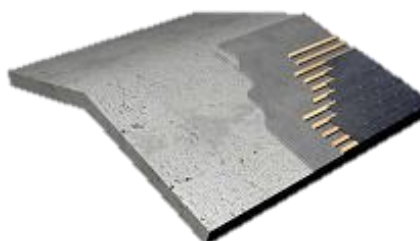


Figura 3.6 – Laje estrutural de uma cobertura inclinada. Fonte: CYPE.

- ✓ Descontínuas – são aquelas constituídas por vários elementos distintos, como se pode verificar na Figura 3.7. Por exemplo, ripado e contra ripado de madeira, vigotas e ripas prefabricadas de betão, ripado metálico e madres de madeira, de betão ou metálicas.

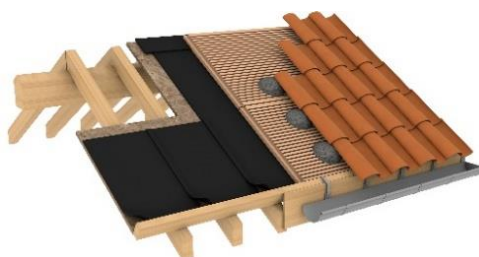


Figura 3.7 – Esquema estrutural de cobertura inclinada.

3.3.2.4 Classificação quanto à natureza dos materiais de revestimentos

Os revestimentos podem ser classificados do ponto vista da sua natureza, como se pode verificar na Figura 3.8.



Figura 3.8 – Classificação quanto à natureza dos revestimentos. Fonte: CYPE.

A Tabela 3.5, descreve os revestimentos usados consoante a sua natureza e apresentada na Figura 3.8.

Tabela 3.5 – Descrição dos tipos revestimentos adaptado de Paulo et al. (2001).

Natureza do elemento	Elementos
Vegetais	Colmo; palha; ramos de árvores.
Pétreos naturais	Soletos de ardósia, granito ou calcário.
Pétreos artificiais	Telhas cerâmicas ou de betão; chapas de fibrocimento (sem amianto); canaletes de fibrocimento; soletos de fibrocimento.
Betuminosos	Placas betuminosas; membranas, telas e feltros betuminosos; chapas betuminosas com fibras celulósicas
Metálicos	Chapas de zinco, alumínio, aço galvanizado, aço inoxidável; folhas de cobre; placas de chumbo; telhas metálicas
Sintéticos	Membranas de PVC plastificado, de borracha butílica ou de EPDM (Etileno Propileno Dieno Monómero)
Plásticos	Chapas de policloreto de vinilo; chapas de poliéster reforçado com fibras de vidro; chapas de polimetacrilato de metilo; chapas alveolares de policarbonato
Mistos	Chapas de aço revestidas com betume e folhas de alumínio; painéis-sanduíche com camada de isolamento térmico

3.3.2.5 Classificação quanto à continuidade dos elementos de revestimentos

A continuidade dos elementos de revestimentos pode ser classificada como Tabela 3.6 apresenta.

Tabela 3.6 – Descrição da continuidade dos revestimentos adaptado de Paulo et al. (2001).

Classificação	Exemplos
Elementos contínuos	Telas betuminosas
	Feltros betuminosos
	Membranas de betumes-polímeros e sintéticas
Elementos descontínuos	Telhas
	Chapas metálicas, de plástico, e entre outros.
	Soletos

Em Portugal, os revestimentos de cobertura inclinada, na sua maioria, são constituídas por elementos descontínuos, por exemplo a telha cerâmica e as chapas metálicas.

3.3.2.6 Classificação quanto à forma dos elementos de revestimentos

As formas dos revestimentos de cobertura são classificadas como a Figura 3.9 apresenta.



Figura 3.9 – Classificação quanto à forma dos revestimentos. Fonte: CYPE.

3.3.2.7 Classificação quanto à dimensão dos elementos de revestimentos

Os elementos de revestimento podem ser classificados quanto a dimensão, como a Figura 3.10 apresenta.

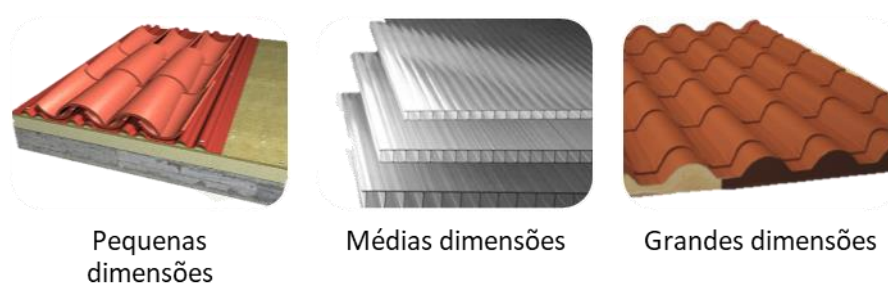


Figura 3.10 – Classificação quanto à dimensão dos revestimentos. Fonte: CYPE.

- ✓ Pequenas dimensões – telhas, soletos, e entre outros.
- ✓ Médias dimensões – chapas metálicas, placas betuminosas, e entre outros.
- ✓ Grandes dimensões – cascas de betão armado ou metálicas, painéis-sanduiche, e entre outros.

3.3.2.8 Classificação quanto à opacidade dos elementos de revestimentos

Os elementos de revestimentos, quanto à opacidade, podem ser classificados como a Figura 3.11 apresenta.

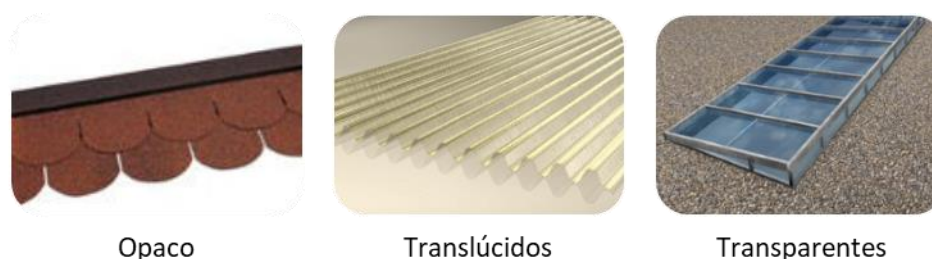


Figura 3.11 – Classificação quanto à opacidade dos elementos de revestimentos. Fonte: CYPE.

3.4 COBERTURAS PLANAS

Entende-se por cobertura plana, uma cobertura na qual os materiais que a constituem estão dispostos horizontalmente ou próximos dessa posição. De acordo com o regulamento geral das edificações urbanas (RGEU), a cobertura plana terá uma inclinação mínima de 1%, e no máximo 8%, para garantir o escoamento das águas pluviais.

Hoje em dia as coberturas planas são cada vez mais comuns, quer por razões arquitetónicas quer pela utilização. O recurso, cada vez maior desta solução, depreende-se com facto da sua execução ser mais rápida e da possibilidade da sua utilização como um terraço acessível.

Segundo Mascarenhas (2008), as coberturas planas têm como vantagem, serem cerca de 10% mais económicas, devido não possuírem uma estrutura para garantir as pendentes. Podem contribuir para a valorização de um edifício, ao serem criadas nestas zonas de lazer e jardins.

3.4.1 Elementos constituintes das coberturas planas

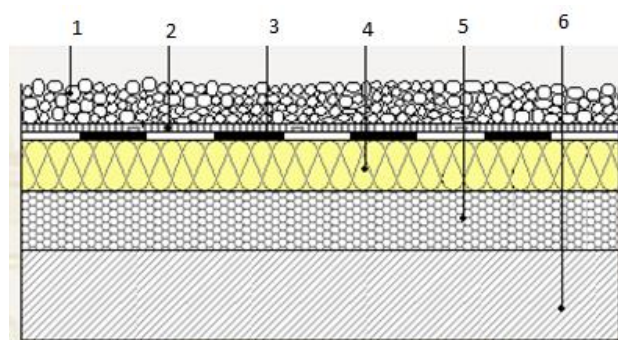
As coberturas planas são caracterizadas, tal como referido anteriormente, por serem praticamente planas, onde a sua inclinação será apenas o suficiente para fazer o escoamento das águas pluviais. Nas coberturas planas, para satisfazer as principais exigências funcionais, é necessário existirem, na sua constituição, as camadas e elementos descritos na Tabela 3.7 (Belgas, 2006).

Tabela 3.7 – Camadas constituintes de uma cobertura plana. Fonte: Belgas, 2006.

Camada	Função
Estrutura de suporte (contínuo ou descontínuo)	Elemento de suporte de coberturas, pode ser uma laje contínua ou um conjunto de elementos pontuais.
Camada de forma	Camada que irá garantir a pendente da cobertura. Quando executada com betões leves deve ser regularizada superficialmente com uma camada de betonilha.
Camada de difusão	Em zonas de forte higrometria (muita produção de vapor de água) é utilizado para distribuir a pressão de vapor. Por exemplo emulsões betuminosas.
Barreira para-vapor	Impede a passagem do vapor de água. Por exemplo laminas de PVC.
Isolamento térmico	Material com grande resistência térmica, que reduz a trocas térmicas entre o interior e o exterior, por exemplo lã mineral, XPS, e entre outros.
Camada de independência	Garante a separação entre o isolamento térmico e a impermeabilização. Por exemplo, uma manta geotêxtil.
Revestimento de impermeabilização	Material impermeável, por exemplo, uma tela asfáltica, uma tela poliolefina, uma tela de PVC, e entre outros.
Camada de dessolidarização	Permite o funcionamento independente da impermeabilização e da camada de proteção, ajudando á preservação da impermeabilização.
Camada de proteção	Para proteção da impermeabilização, mas também para acabamento final da cobertura (estético), por exemplo seixo rolado, lajetas de betão, cerâmica, e entre outros.

A ordem de colocação de alguns elementos e camadas a utilizar, pode variar de acordo com o tipo de cobertura plana (tradicional ou invertida), em função do seu uso final.

Na solução de cobertura plana tradicional, em geral, as camadas e elementos que a constituem, a sua colocação pode ser como demonstra a Figura 3.12.



Legenda:

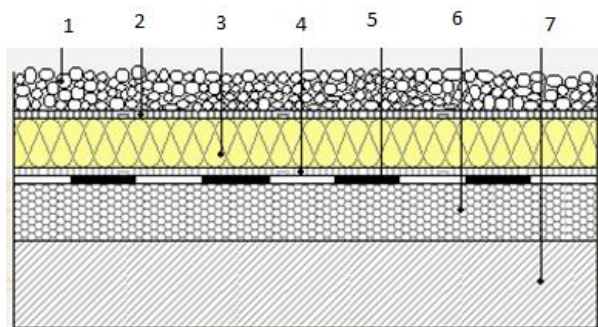
- 1 – Camada de proteção
- 2 – Manta de geotêxtil
- 3 – Revestimento de impermeabilização
- 4 – Isolamento térmico
- 5 – Camada de forma
- 6 – Estrutura de suporte

Figura 3.12 – Cobertura plana tradicional. Fonte: CYPE.

Na cobertura plana tradicional existe uma serie de efeitos que aceleram o desgaste do sistema de impermeabilização já que, os revestimentos de impermeabilização, ao serem aplicadas por cima do isolamento térmico, está submetida a:

- ✓ choque térmico;
- ✓ danos mecânicos;
- ✓ degradação por radiação ultravioleta;
- ✓ degradação (também do isolamento térmico convencional) provocada por humidade presente na parte inferior do sistema de impermeabilização e provenientes de chuva que ocorra durante a execução, da própria humidade dos materiais de construção ou de condensação intersticial.

Numa cobertura plana invertida, a ordem de colocação das várias camadas e elementos será diferente da tradicional. A diferença é que o isolamento térmico é colocado por cima do revestimento de impermeabilização. Em geral, os elementos que constituem as coberturas planas invertidas podem ser colocados como demostra a Figura 3.13.



Legenda:

- 1 – Camada de proteção
- 2 – Manta geotêxtil
- 3 – Isolamento térmico
- 4 – Manta geotêxtil
- 5 – Revestimento de impermeabilização
- 6 – Camada de forma
- 7 – Estrutura de suporte

Figura 3.13 – Cobertura plana invertida. Fonte: CYPE.

A cobertura invertida, inverter-se as posições relativas tradicionais dos sistemas de impermeabilização e de isolamento térmico. Com esta solução a durabilidade de qualquer sistema de impermeabilização aumenta consideravelmente, pois, são suprimidos os efeitos prejudiciais já mencionados na cobertura tradicional (Belgas, 2006).

3.4.2 Classificação das coberturas planas

Neste subcapítulo, é descrito, de forma sintetizada, a classificação de uma cobertura plana e os respetivos revestimentos, com o propósito de compreender toda a sua tecnologia. As coberturas planas e seus revestimentos podem ser classificados quanto:

- ✓ À acessibilidade;
- ✓ À camada de forma;

- ✓ À camada de proteção;
- ✓ À camada de fixação;
- ✓ À estrutura de suporte;
- ✓ Ao isolamento térmico;
- ✓ Ao revestimento de impermeabilização.

3.4.2.1 Classificação quanto à acessibilidade

A acessibilidade das coberturas planas pode ser classificada, como demonstra a Figura 3.14, apontando as mais comuns.



Não acessível (exceto a trabalhos de reparação e manutenção)



Cobertura acessível a pessoas - terraço



Cobertura acessível veículos - estacionamento



Especiais (por exemplo jardins ou equipamentos)

Figura 3.14 – Classificação quanto a acessibilidade.

Nas coberturas não acessíveis devem ser criados caminhos de circulação, para a circulação de pessoas para trabalhos de manutenção e reparação.

3.4.2.2 Classificação quanto à estrutura de suporte

A estrutura de suporte é uma parte da cobertura projetada para suportar o peso próprio e as cargas que lhe são impostas. Pelo guia da *Union Européenne pour L'agrément technique dans la construction* (UEAtc) estas podem ser classificadas de seguinte forma:

- ✓ Rígida continua – Como as pré-lajes e lajes maciças e aligeiradas de betão armada ou pré-esforçado;
- ✓ Rígida descontinua – Como as pranchas vazadas ou perfis especiais;
- ✓ Flexível – Em geral, descontinua – Como as chapas metálicas nervuradas ou pranchas de madeira ou seus derivados.

3.4.2.3 Classificação quanto à camada de forma

Camada de forma ou pendente, é uma camada de espessura variável que oferece à cobertura uma inclinação que permite a livre drenagem de água. A inclinação da pendente pode ser classificada de acordo com as diretrizes gerais UEAtc (1982):

- ✓ Classe I – a pendente origina estagnação de água e permite a aplicação de proteção pesada, por exemplo lajetas, seixo rolado, entre outros;
- ✓ Classe II – a pendente permite o escoamento de água e a aplicação de proteção pesada;
- ✓ Classe III – a pendente permite o fácil escoamento da água, mas não aceita a aplicação de proteção pesada;
- ✓ Classe IV – a pendente impõe medidas especiais na aplicação das suas camadas.

3.4.2.4 Classificação quanto ao isolamento térmico

A camada de isolamento térmico pode ser disposta de seguintes formas:

- ✓ Isolamento térmico sobre a estrutura de suporte – O isolamento térmico serve de suporte da impermeabilização ou de camada de forma.
- ✓ Isolamento térmico sobre a impermeabilização – O isolamento térmico serve também de proteção do revestimento de impermeabilização.
- ✓ Isolamento térmico sob a camada resistente – O isolamento térmico está sobre o teto falso.

3.4.2.5 Classificação quanto à camada de proteção

Pode existir uma ou mais camadas de material de proteção que, podem ser assentes ou coladas na superfície superior do sistema de impermeabilização. A sua proteção pode ter uma função estética, mas a sua principal função é, geralmente, proteger o sistema de impermeabilização contra os efeitos da radiação solar ou os efeitos mecânicos da erosão. A camada de proteção de impermeabilização pode ser classificada de seguinte forma:

- ✓ Sem proteção - Aquelas em que o revestimento de impermeabilização fica visível.
- ✓ Com proteção leve - Autoproteção de fábrica - mineral (areia fina, areão, gravilha ou lamelas de xisto), metálica (folha de alumínio ou cobre) ou orgânica (folha e plástico); Proteção “in-situ” – mineral (areão ou gravilha), ou orgânica (tintas de alumínio).
- ✓ Com proteção pesada - camada rígida – betonilha, ladrilhos sobre betonilha, ou placas pré-fabricada de betão, material cerâmico ou madeira; constituída por materiais soltos (godo, calhaus ou seixo ou material britado), sempre colocado em obra.



Figura 3.15 – Classificação quanto à camada de proteção.

3.4.2.6 Classificação quanto ao revestimento de impermeabilização

Camada de material impermeável aplicada sobre toda a superfície da cobertura que serve para impedir a entrada de água na estrutura do edifício. Os revestimentos de impermeabilização podem ser classificados conforme a Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Classificação de revestimentos de impermeabilização.

Revestimento de impermeabilização	Fabrico	Tipo de revestimento
Tradicionais	In situ	Asfalto Emulsões betuminosas
	Pré-fabricado	Membranas, telas ou feltros betuminosos
Não tradicionais	In situ	Resinas acrílicas
		Resinas poliméricas
		Espumas de poliuretano
		Emulsões de betumes modificados
	Pré-fabricado	Membranas de betumes modificados (APP ou SBS)
		Membranas termoplásticas (PVC)
		Membranas elastoméricas

3.4.2.7 Classificação quanto ao tipo de fixação

Segundo Mascarenhas (2008), as fixações das membranas podem ser executadas das seguintes formas:

- ✓ De forma aderida – onde a superfície da membrana é colada ao suporte em toda a sua extensão. Trata-se do melhor processo de fixação, qualquer infiltração fica limitada, tornando mais fácil de localizar e reparar.

Esta forma de fixação deve ser utilizada em edifícios altos ou locais ventosos, onde as telas possam ser arrancadas. Devem ser ainda utilizadas, quando a cobertura tenha uma inclinação superior à 15°, que acontece nos paramentos dos muretes, também, em coberturas com circulação de veículos.

- ✓ De forma semi-aderida – consiste em fixar as telas ao suporte no perímetro, nos pontos singulares (sumidouros, chaminés, ventiladores, muretes, caleiras, claraboias, e entre outros) e no meio da cobertura através de alguns pontos ou linhas.

A fixação pode ser feita através do recurso a colas ou o aquecimento de emulsões, ou por fixações mecânicas (perfis e / ou parafusos).

- ✓ De forma não aderida – pode ter, também, a designação de flutuante ou independente. Consiste apenas fixar as telas ou membranas ao longo do perímetro da cobertura e nos pontos singulares. Na restante extensão da cobertura a fixação é feita através de godô, ou lajetas, e entre outros.

3.4.3 Processo de construção

Segundo a classificação das camadas da cobertura plana descritas em 3.4.1, será efetuada uma pequena descrição dos processos construtivos das respetivas camadas principais.

3.4.3.1 Estrutura de suporte

Elemento construtivo sobre o qual o sistema de impermeabilização será aplicado, geralmente constituído pelas lajes. A superfície do suporte deverá apresentar-se bem limpa e rugosa, devendo ser convenientemente molhada para evitar a absorção da água do betão da camada de forma (Imperialum, 2015).

3.4.3.2 Camada de forma

Trata-se de uma camada que tem como objetivo conferir as pendentes à cobertura, destinadas a dirigir a água para os locais de escoamento. Os materiais mais utilizados na execução das camadas de forma são os seguintes (Mascarenhas, 2008):

- ✓ Betão leve de argila expandida;
- ✓ Granulado de cortiça;
- ✓ Betão leve de poliestireno expandido;
- ✓ Betão celular.

A execução incorreta da camada de forma pode provocar a acumulação de água, que pode levar a rotura da estrutura e a infiltrações. Algumas regras na conceção e cuidados de execução em obra da camada de forma (Imperialum, 2015):

- ✓ As pendentes deverão apresentar um valor não inferior a 2 %;

- ✓ Nas caleiras a espessura mínima da camada de forma não deverá ser inferior a 3cm e a pendente não deverá ser inferior a 0.5 %;
- ✓ Independentemente do tipo da camada de forma atrás referida dever-se-á sempre executar sobre a mesma uma betonilha de resistência e proteção mecânica;
- ✓ As betonagens serão executadas em painéis com as dimensões de 3,0 m x 3,0 m, feitas alternadamente de modo a evitar a sua fissuração e retração.

3.4.3.3 Revestimento de impermeabilização

O revestimento de impermeabilização é um conjunto de materiais que devem garantir a impermeabilização das coberturas.

No sistema de impermeabilização com membranas betuminosas, este será constituído por:

- ✓ Primário – Emulsões betuminosas não iónicas. Antes da aplicação do primário dever-se-á garantir que a camada de forma e regularização está bem limpa.
- ✓ Revestimento de impermeabilização – As juntas de sobreposição devem ser perfeitamente soldadas, por fusão, com a chama de um maçarico. Durante a soldadura, deverá compactar-se a zona da junta, de forma a garantir uma colagem eficiente entre as membranas. As sobreposições serão longitudinais e transversais e terão um mínimo de 8 a 10 cm, respetivamente.

Nos sistemas de dupla camada a membrana inferior será soldada nas juntas e/ou totalmente aderida ao suporte. A membrana superior deverá ser sempre completamente aderida, pela chama, à membrana inferior.

A aplicação das membranas é feita pelo seu aquecimento por meio de chama de maçarico apropriado até à fluidificação da sua face inferior, à medida que as mesmas vão sendo desenroladas sobre o suporte. A membrana da segunda camada é totalmente aderida à primeira e a sua ligação assegurada pela soldadura com chama.

No sistema de impermeabilização com telas de PVC, sobre os suportes devidamente preparados será aplicada uma camada de cola nas zonas de colagem, bem como na face inferior da tela. Esta cola será aplicada a pincel, rolo ou por pistola e o seu consumo depende muito do tipo do suporte base e do material que o constitui.

As telas de PVC, em rolos, devem ser desenroladas sem ficarem sujeitas a tensões, e alinhados sobre o suporte de modo a que, a largura de sobreposição dos mesmos nas juntas longitudinais e transversais não seja inferior a cerca de 5 cm

3.4.3.4 Isolamento térmico

Nos sistemas de cobertura tradicional – acessibilidade limitada e acessíveis a pessoas – podem ser utilizados painéis de fibras minerais de lã de rocha, recoberta por betume, painéis em poliisocianurato, igualmente recobertas por betume, ou aglomerado de cortiça expandido.

Nos sistemas de coberturas invertidas – acessibilidade limitada, acessíveis a pessoas e a veículos – podem ser utilizados, painéis de poliestireno extrudido ou painéis de poliestireno expandido hidrófugo.

3.4.3.5 Camada de proteção

A camada de proteção, tal como o próprio nome indica, têm como função a proteção da cobertura. Esta protege principalmente contra os efeitos da radiação solar, mas, ao mesmo tempo, pode evitar que as telas de impermeabilização ou placas de isolamento térmico sejam levantadas pelo vento ou por uma enchente, podem também, permitir a circulação sobre a cobertura sem a danificar e, por fim, podem melhorar a resistência ao fogo das telas de impermeabilização ou dos isolamentos térmicos (Imperialum, 2015).

Em coberturas de acessibilidade limitada, as formas mais usuais são as seguintes:

- ✓ Betonilha com espessura mínima de 3 cm, esquartelada em painéis com dimensão máxima de 3,0 x 3,0 m, executados alternadamente;
- ✓ Seixo rolado, lavado, com granulometria compreendida entre o diâmetro mínimo das grelhagens dos tubos de queda, aumentado de 3 mm e aos 16 mm. será espalhado e com uma espessura mínima de 8 cm;
- ✓ Lajetas simplesmente apoiadas.

Em coberturas acessíveis à circulação e permanência de pessoas, a formas mais usual é a seguinte:

- ✓ Betonilha com espessura mínima de 4 cm, armada com malhasol, em painéis de 3,0 x 3,0 m, esquartelada e com preenchimento das juntas por mástique, podendo ser ou não revestida de acordo com especificações de projeto.

Em coberturas acessíveis à circulação e permanência de veículos, as formas mais usuais são as seguintes:

- ✓ Laje armada com espessura e armada de acordo com projeto, podendo ser ou não revestida;
- ✓ Betão betuminoso.

Sempre que se utilize a proteção pesada nas zonas transitáveis ou não transitáveis, as betonilhas nos remates dos painéis com os elementos verticais rígidos, salientes das coberturas ou lajes, será constituída uma junta de 1,5 cm de espessura em toda a altura da betonilha, preenchida com poliestireno expandido,

poliestireno extrudido ou aglomerado negro de cortiça e fechada superiormente com aplicação de mástique (Imperialum, 2015).

3.5 ANOMALIAS E FALHAS CONSTRUTIVAS EM REVESTIMENTOS DE COBERTURAS

Neste subcapítulo será abordado algumas anomalias e falhas construtivas que podem ocorrer nas coberturas inclinada e nas coberturas planas, com vista a entender as causas e consequências destas.

A anomalia é *“o que se desvia da norma, da generalidade”, “irregularidade”*. Na construção, é tudo o que não está conforme no que diz respeito à função para o qual foi concebido e/ou projetado.

3.5.1 Anomalias em coberturas inclinadas

3.5.1.1 Anomalias resultantes de defeitos de concepção

As anomalias mais frequentes resultantes de defeitos de concepção são as seguintes:

1. Inclinação da cobertura – Uma inclinação insuficiente pode provocar um escoamento deficiente das águas pluviais. Este fato pode dar origem, por exemplo, a infiltrações, por outro lado, facilita a acumulação de lixos, musgos e outros agentes, interferindo no funcionamento da cobertura.

Se, por outro lado, a cobertura apresentar uma grande inclinação, o risco da queda dos revestimentos de cobertura, pela simples ação da gravidade ou outros agentes, nomeadamente o vento, será elevada.

2. Ventilação da cobertura – A falta de ventilação da cobertura é, provavelmente, a causa mais frequente para o aparecimento de anomalias em coberturas. É importante saber como se processa a circulação de ar na cobertura, a quantidade de elementos de ventilação e a sua localização.

Sem ventilação, ou ventilação deficiente, a cobertura poderá a vir sofrer de descasque do revestimento por ação de gelo-degelo, o aparecimento prematuro de fungos, a suscetibilidade de condensações e a degradação acelerada dos elementos de suporte e demais acessórios. Uma cobertura sem ventilação poderá, em curto espaço de tempo, apresentar deficiências funcionais graves.

3. Geometria dos elementos estruturais – A estrutura de suporte deverá ser projetada para suportar as solicitações a que irá ser sujeitas ao longo da vida útil, nomeadamente, o peso próprio, o peso dos agentes atmosféricos, por exemplo a neve, e outras cargas variáveis, por exemplo trabalhos de manutenção que possam ocorrer.

É frequente olhar para uma cobertura e verificar deformações acentuadas ao longo de uma água. Estas deformações resultam, normalmente, da deficiente resistência dos elementos estruturais, as zonas deformadas apresentam, geralmente, aberturas e desalinhamento dos revestimentos, que irão proporcionar a infiltração de águas e de outros elementos estranhos.

3.5.1.2 Anomalias resultantes de má execução em obra

A qualidade dos produtos e do projeto, normalmente, é uma condição necessária, mas não suficiente para o bom desempenho da cobertura. Uma má aplicação dos materiais, é um fator que pode influenciar o aparecimento de anomalias nas coberturas. As causas de ocorrência de anomalias devido á má execução são:

1. Defeitos nas fixações – Os defeitos nas fixações, são manifestadas pela ausência ou insuficiência dos elementos de fixação, coloca em risco o posicionamento dos elementos de revestimento, por conseguinte, traduz-se em perdas de estanquidade da cobertura.

Quando os elementos de fixação não são corretamente executados, a ação do vento pode contribuir para o agravamento das deformações nos revestimentos, por conseguinte, a perda ou a rotura dos mesmos.

2. Defeitos nos remates – Maioria das infiltrações numa cobertura com elementos de pequena dimensão ocorrem nos pontos singulares (cumeeiras, rincões, larós, elementos emergentes, paredes de bordo, beirais e elementos de drenagem de águas pluviais).

As cumeeiras e os rincões são elementos de ligação entre vertentes, a execução destes reveste-se da grande importância, visto que nestes pontos da cobertura podem ocorrer diversas anomalias, por exemplo infiltrações.

Os larós são elementos que faz a ligação entre águas e, como se encontra no nível inferior da cobertura, estes constituem canais de drenagem de águas pluviais. A deficiente execução dos larós pode colocar em risco a estanquidade da cobertura.

Os remates de elementos emergentes (chaminés, janelas e claraboias) nas coberturas são, normalmente, executados recorrendo a rufagem com chapa metálica ou com bandas flexíveis autocolantes com materiais sintéticos. A execução incorreta destes remates, devidos estes serem um ponto sensível a entrada de água, podem ocorrer infiltrações.

3. Sobreposição – As sobreposições dos revestimentos de cobertura devem obedecer os valores tabelados pelos fabricantes. A deficiente sobreposição dos revestimentos pode possibilitar a abertura de juntas inconvenientes, que podem comprometer a estanquidade e a segurança da cobertura.

4. Desalinhamento de elementos de revestimento – Para obter o alinhamento correto dos elementos de revestimento de uma cobertura, tem de ser respeitada as indicações das fichas técnicas de cada elemento de revestimento. O incumprimento das indicações, pode levar a que a cobertura apresente falhas, comprometendo a estética e a funcionalidade da cobertura.

3.5.1.3 Anomalias de funcionamento das coberturas

Frequentemente pode encontrar-se coberturas que durante anos tiveram bom funcionamento e que do momento para o outro deixem de desempenhar corretamente a sua função. As causas mais frequentes são as seguintes:

1. Fraturas – Os revestimentos podem sofrer impactos que podem levar a abertura de fendas, fissuras ou até mesmo a quebra. As grandes causas dessas anomalias, em geral, podem ter origem de aplicação de novas estruturas sobre os revestimentos, movimentação de cargas e de pessoas, e entre outros que possam ter dado a origem a essas anomalias.

Para prevenir este problema, sempre que haja a necessidade de circulação na cobertura, utilizar os caminhos de circulação previamente construídos.

2. Acumulação de detritos – A acumulação de detritos pode comprometer o funcionamento da cobertura, a água deixa de escoar livremente, podendo provocar infiltrações. A solução para este tipo de problema passa por manutenções periódicas da cobertura para limpeza.
3. Descasque por ação do gelo – Os descasques são, talvez, um dos maiores problemas ocorridos numa cobertura, que podem ocorrer em revestimentos cerâmicos e de micro-cimento, mesmo que estes revelem conformidade segundo o ensaio de resistência ao gelo.

A causa desta anomalia deve-se a ausência de ventilação. Não havendo arejamento dos elementos de revestimentos, prolonga o seu tempo de secagem em situações de chuva e humidade ambiente. A massa do revestimento fica sujeita a constantes variações de temperatura por espaços de tempo longos, sujeitando-se desta forma a ciclos de gelo-degelo. Como o revestimento demora a secar, a água existente no corpo do elemento sofre variações bruscas de volume podendo provocar a sua destruição, daí a importância permitir trocas de calor e humidade com o exterior. A orientação geográfica pode ter influência no gelo-desgelo, visto que os revestimentos construídos com a orientação geográfica a norte, em geral, são mais propícios à ocorrência de descasques.

4. Infiltrações de água – A estanquidade à água é uma das exigências funcionais mais importantes numa cobertura. No entanto, é frequente encontrar-se infiltrações, que a maior causa não se prende ao fator de qualidade dos materiais.

As infiltrações podem ocorrer por vários fatores, como por exemplo, uma inclinação insuficiente e/ou execuções incorretas em zonas de remates. Os pontos mais críticos são remates de cumeeira, remates com a parede e chaminés, encaixe dos revestimentos, larós, nas inclinações dos beirados, e entre outros.

3.5.2 Anomalias em coberturas planas

3.5.2.1 Superfície corrente (horizontal)

1. Perfurações do revestimento de impermeabilização – As perfurações dos revestimentos de impermeabilizações podem ter como causas a realização de trabalhos sobre as coberturas, ações de cargas estáticas (por exemplo cavaletes, andaimes, extratores de ar, suportes de ar, depósitos de água, e entre outros) ou dinâmicos (por exemplo quedas de objetos) ou ações de peças de fixação do revestimento (por exemplo aquando da circulação de pessoas e da colocação de equipamentos nas zonas adjacentes) (Peneda et al., 2007).

As consequências provocadas pelas perfurações do revestimento de impermeabilização são, a perda de estanqueidade, pode afetar a estética da cobertura e pode ser afetada a salubridade dos próprios espaços habitados (Peneda et al., 2007).

2. Arrancamento da membrana de impermeabilização – O arrancamento da membrana de impermeabilização pode ter como causa, a inexistência de proteção pesada, o descolamento do material de proteção ou da perda de coesão do material isolante (Peneda et al., 2007).

Pode ter como consequência, a perda de estanqueidade, pode afetar a salubridade dos próprios espaços habitados e pode afetar a estética da cobertura (Peneda et al., 2007).

3. Descolamento das juntas de sobreposição – O descolamento das juntas de sobreposição pode ter como causa, ação do vento, variação de temperatura ou a diferença das características dos materiais de sobreposição (Peneda et al., 2007). Pode ter como consequência a perda de estanqueidade.
4. Formação de pregas – A anomalia muito nítida em revestimentos constituídos por materiais com características térmicas bastantes distintas (por exemplo membranas auto protegidas com folha de alumínio). Podem ter como consequências esta anomalia a acumulação de águas nas imediações destas áreas, perda de estanqueidade e pode ser afetada a estética da cobertura (Peneda et al., 2007).

5. Empolamentos – Os empolamentos podem ter como causa, a inexistência de colagem em zonas localizadas, a falta de planeza, existência de materiais estranhos entre a impermeabilização e o suporte ou humidade nos materiais de suporte (Peneda et al., 2007).

Pode ter como consequência, a suscetibilidade de bolsas de ar e a acumulação de águas nas imediações destas áreas (Peneda et al., 2007).

6. Permanência prolongada de água – A permanência prolongada de água na cobertura pode ter como causa a reduzida pendente da cobertura, a obstrução na caleira e nos sumidouros, a inclinação insuficiente, deformações acentuadas de suportes compressíveis ou disposições construtivas inadequadas nas zonas dos sumidouros (Peneda et al., 2007).

Pode ter como consequência, a redução da resistência e da capacidade de deformação do revestimento de impermeabilização, a perda de estanqueidade e pode ser afetada a estética da cobertura (Peneda et al., 2007).

7. Fissuração – As fissurações podem ter como causas, a perda de ductilidade pela ação da radiação UV, o desprendimento do granulado mineral da membrana por ação do vento ou pelo escoamento da água, o deslocamento da proteção pesada pela ação do vento e a inexistência de uma camada de dessolidarização entre a proteção pesada e o revestimento de impermeabilização (Peneda et al., 2007).

Pode ter como consequência, o envelhecimento mais rápido do revestimento de impermeabilização, a perda de estanqueidade e pode ser afetada a estética da cobertura (Peneda et al., 2007).

8. Vegetação – As causas mais frequentes para o aparecimento de vegetação nas coberturas planas são devido a deficiente drenagem da cobertura, a utilização de membranas sem aditivos anti raízes e a ausência de manutenção (Peneda et al., 2007).

3.5.2.2 Elementos emergentes

1. Descolamento dos remates – Nos elementos emergentes os descolamentos dos remates podem ter como causa a irregularidade dos paramentos, as más condições de realização da colagem, material isolante inadequado e falta de disposições construtivas de proteção do bordo superior do remate.
2. Fluência/deslizamento dos remates – Podem ter como causa a inexistência de fixação mecânica complementar ao nível superior.

3. Insuficiência de altura dos remates – A falta de definição das camadas a aplicar sobre a impermeabilização ou alterações posteriores (por exemplo a modificação de acessibilidade), pode causar insuficiências de alturas do isolamento, colocando em risco a estanqueidade da cobertura.
4. Fissuração dos remates – A inexistência de proteção vertical dos remates pode ser uma causa na fissuração ou nos movimentos diferenciais acentuados entre a laje de betão e a alvenaria.
5. Inadequado capeamento do coroamento – Podem ter como consequências no revestimento ou mesmo a própria platibanda, a fissuração. O capeamento horizontal sem pendentes e a deficiente colagem ou fixação mecânicas destes podem ter consequências graves na cobertura.

3.5.2.3 Juntas de dilatação

Fissuração ou descolamento das juntas de sobreposição podem ter como seguintes causas:

1. Realização de remates ao nível da superfície corrente, sobretudo quando a cobertura é acessível, tendo maior suscetibilidade a ações mecânicas;
2. Realização de camada de proteção pesada rígida sem interrupção sobre a junta de dilatação (transmissão dos movimentos da junta aos remates de impermeabilização);
3. Inexistência de camada de dessolidarização entre as membranas de impermeabilização e as peças de remate;
4. Deficiente execução de juntas entre edifícios de diferentes alturas.

3.5.2.4 Platibandas

Perfurações e rasgamentos nas platibandas podem ter as seguintes causas:

1. A falta de coordenação em obra, pode implicar deficientes execuções;
2. Remate da base deficientemente executado.

3.6 COBERTURAS EM ESTUDO

Neste subcapítulo, serão abordados alguns dos tipos de coberturas existentes nos edifícios municipais da CMM. O estudo tem como principal foco, os revestimentos das coberturas, dado que, é a camada da cobertura que mais influência da vida útil do sistema de coberturas. A Tabela 3.9 apresenta as coberturas que serão analisadas.

Tabela 3.9 – Soluções de coberturas em estudo.

Tipo de cobertura		Revestimento de impermeabilização
Plana	Invertida	Tela em PVC
		Membrana betuminosa (APP e SBS)
	Tradicional	Membrana betuminosa SBS
Inclinada		Telha cerâmica
		Chapa metálica

3.6.1 Caracterização dos revestimentos e das coberturas

3.6.1.1 Cobertura plana invertida com tela de PVC

A tela de PVC, policloreto de vinilo, tem vindo a ser utilizada na impermeabilização desde dos finais dos anos 60. É um revestimento que se adapta facilmente a diversas superfícies e irregularidades.

Segundo Mascarenhas (2008) a tela de PVC pode ser aplicada por fixação mecânica, flutuante, adesão total por colagem, entre outros. Tem como principais características a flexibilidade a baixas temperaturas, o bom comportamento ao fogo, a resistência ao ataque de raízes, a facilidade de obras sem chamas e a resistência aos raios UV.

A vantagem na utilização destas telas em relação a outros tipos de sistemas, é o seu peso. Estas telas são mais leves e ideais para coberturas industriais. Em comparação com as telas betuminosas, as telas de PVC toleram melhor a acumulação de água, resistem mais ao envelhecimento e os bordos e cantos não precisam de ser arredondados.

No que se refere às desvantagens em relação a outros tipos de sistemas, é o facto de possuir uma gama de acessórios específicos para os remates, exige mão-de-obra especializada, é difícil de fazer as uniões e não deve ser aplicado em coberturas com o pavimento em asfalto, devido a sua incompatibilidade com asfaltos e betuminosos (Mascarenhas, 2008). A Tabela 3.10, descreve os materiais utilizados em cada camada de uma cobertura plana invertida com tela de PVC.

Tabela 3.10 – Material constituinte, por camada, em cobertura plana invertida com tela de PVC.

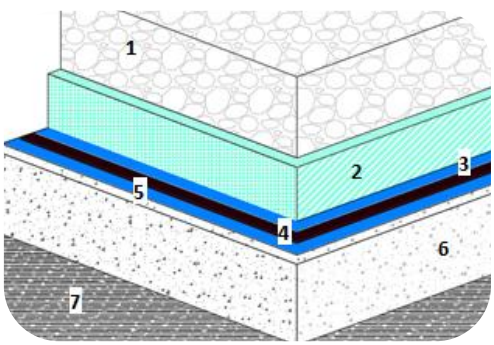
Camada	Material	Esquema
Camada de proteção (1)	Seixo rolado e para os caminhos de manutenção lajetas de betão	
Isolamento térmico (2)	Placas de poliestireno extrudido (XPS)	
Camada de independência (3)	Manta geotêxtil	
Impermeabilização (4)	Tela de PVC – camada única	
Camada de independência (5)	Manta geotêxtil	
Camada de forma (6)	Betão leve – betonilha com argila expandida	
Estrutura de suporte (7)	Betão armado	

Figura 3.16 – Cobertura plana invertida com tela de PVC.

3.6.1.2 Cobertura plana com membrana betuminosa

As membranas betuminosas, segundo Mascarenhas (2018), são um dos produtos mais utilizados como revestimento de impermeabilização pelas seguintes razões:

- ✓ Muito económicas, mesmo sendo utilizado em duas camadas;
- ✓ Tratar-se de um sistema muito enraizado na cultura construtiva;
- ✓ Não exige uma mão de obra muito especializada.

A membrana betuminosa tem as seguintes desvantagens:

- ✓ Nas coberturas invertidas, tem a uma vida útil mais reduzida devido aos raios UV;
- ✓ Não deverá ser utilizada em locais onde a água possa ficar parada;
- ✓ Para salvaguardar a impermeabilização, deverá sempre ser construída por duas camadas;
- ✓ Em pavilhões industriais não são adequadas devido ao seu peso próprio;
- ✓ Em dias húmidos a sua aplicação é limitada ou desaconselhada.

A Tabela 3.11, descreve os materiais utilizados em cada camada de uma cobertura plana invertida com membrana betuminosa.

Tabela 3.11 – Material constituinte, por camada, em cobertura plana invertida com membrana betuminosa.

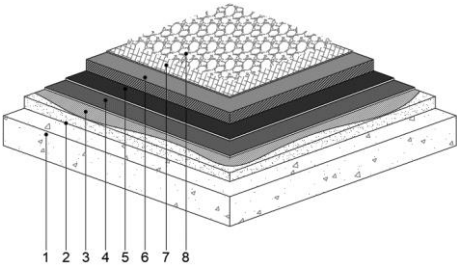
Camada	Material	Esquema
Estrutura de suporte (1)	Betão armado	
Camada de forma (2)	Betão leve – betonilha com argila expandida	
Primário (3)	Emulsão betuminosa iônica	
Impermeabilização (4 e 5)	Membrana à base em betumes-polímeros de polipropileno atático (APP) ou de estireno-butadieno-estireno (SBS) – dupla camada	
Isolamento térmico (6)	Placas de poliestireno extrudido (XPS)	
Camada de independência (7)	Manta geotêxtil	
Camada de proteção (8)	Seixo rolado e para os caminhos de manutenção lajetas de betão	

Figura 3.17 – Cobertura plana invertida revestida com membrana betuminosa. Fonte: Imperialum.

A Tabela 3.12 é referente a classificação dos materiais constituintes da cobertura plana tradicional com membrana betuminosa.

Tabela 3.12 – Material constituinte, por camada, em cobertura plana tradicional com membrana betuminosa.

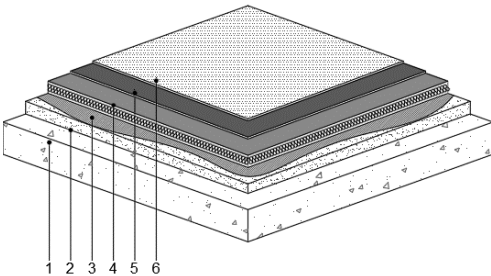
Camada	Material	Esquema
Estrutura de suporte (1)	Betão armado	
Camada de forma (2)	Betão leve – betonilha com argila expandida	
Primário (3)	Emulsão betuminosa iônica	
Isolamento térmico (4)	Placas de lã de rocha hidrófuga	
Impermeabilização (5 e 6)	Membrana a base em betumes-polímeros de polipropileno atático (APP) ou de estireno-butadieno-estireno (SBS) – dupla camada, sendo a segunda camada revestida (alumínio ou a grão mineral)	

Figura 3.18 – Cobertura plana tradicional revestida com membrana betuminosa. Fonte: Imperialum.

3.6.1.3 Cobertura inclinada com revestimento cerâmico

O revestimento de cerâmico foi um dos primeiros materiais de construção a ser fabricado pelo homem e, ainda hoje, é o mais utilizado e eficiente para o revestimento de coberturas inclinadas. Isto deve-se ao fato do seu conhecimento alargado em matéria de durabilidade, resistência, entre outros.

A telha cerâmica tem como vantagem:

- ✓ Diversidade no espectro (cor e formato);
- ✓ Isolamento térmico e acústico – devido a característica da argila cozida de possuir bom comportamento térmico, sendo bem aplicada, e a densidade das telhas reduz a transmissão dos ruídos exteriores para o interior dos edifícios;
- ✓ Resistência ao fogo – a telha cerâmica é um elemento incombustível, não propaga o fogo;
- ✓ Bom desempenho face aos agentes climáticos – as características técnicas da cerâmica e os seus níveis de porosidade das telhas garantem o seu bom comportamento aos agentes atmosféricos, comportando-se como membrana porosa, que não permite a entrada de água, mas assegura as trocas de gasosas do interior para o exterior.
- ✓ Durabilidade – com uma boa manutenção, dependendo da zona onde esta localizado o edifício, a telha cerâmica pode durar mais de 100 anos

As desvantagens da telha cerâmica são:

- ✓ Fragilidade – o material cerâmico é um material frágil, devendo ter cuidado na sua colocação;
- ✓ Resistência ao vento – em regiões com ventos de grande intensidade, não são aconselhadas a aplicação deste tipo de revestimento;
- ✓ Peso-próprio – a telha cerâmica, devido o seu peso-próprio, exige uma estrutura de suporte reforçada, para que não comprometa a segurança do edifício;
- ✓ Durabilidade – como referido anteriormente, a cobertura pode durar mais de 100 anos, mas pode durar muito menos se a manutenção for fraca ou inexistente.

A Tabela 3.13, descreve os materiais utilizados em cada camada de uma cobertura inclinada com revestimento cerâmico.

Tabela 3.13 – Material constituinte, por camada, em cobertura inclinada com revestimento cerâmico.

Camada	Material
Estrutura de suporte	Madeira, aço ou betão armado
Isolamento térmico	Placas de poliestireno extrudido, lã de rocha, ou entre outros
Impermeabilização	Subtelha de material asfáltico
Camada de proteção	Telha de cerâmica (do tipo lusa, marselha, canudo e entre outros)

3.6.1.4 Cobertura Inclinada revestida a chapa metálica

A chapa metálica é um revestimento leve que, pode ser utilizado em edifícios industriais, agrícolas, instalações provisórias, pavilhões gimnodesportivos, aeroportos, edifícios escolares, entre outros. Estes podem ser constituídos de vários materiais, entre os mais utilizados encontra-se o aço, o zinco, o cobre e o alumínio. A Tabela 3.14 apresenta as principais vantagens e desvantagens da chapa metálica.

Tabela 3.14 – Vantagens e desvantagens de chapas metálicas.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Grande estabilidade dimensional e cromática; • Pequeno número de juntas; • Grande versatilidade de formas e vãos; • Não necessita de mão-de-obra especializada; • Boa ventilação e possível fraca inclinação; • Adapta-se bem as variações de temperatura; • Boa durabilidade e baixos custos de manutenção; • Fácil de reparação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não garante por si só o isolamento térmico e acústico; • Sensível ao acabamento de proteção; • Preço elevado; • Difícil acesso para a manutenção.

A Tabela 3.15 descreve os materiais utilizados em cada camada de uma cobertura inclinada com revestimento metálico.

Tabela 3.15 – Material constituinte por camada em cobertura inclinada com revestimento metálico.

Camada	Material
Estrutura de suporte	Aço estrutural
Camada de proteção	Aço pré-lacado, galvanizado, zinco e entre outros

3.7 MANUTENÇÃO DE COBERTURAS

No presente subcapítulo serão descritos, as diversas ações de manutenção preventivas e corretivas bem como sua periodicidade recomendada, de maneira a minimizar ou eliminar as anomalias descritas no subcapítulo 3.5. Serão descritas as ações de manutenção das seguintes coberturas:

- ✓ Cobertura inclinada com revestimento cerâmico (Tabela 3.16 e Tabela 3.17).
- ✓ Cobertura inclinada revestida a chapa metálica (Anexo I).
- ✓ Cobertura plana invertida revestida a membrana APP ou SBS, ou tela de PVC (Anexo II).
- ✓ Cobertura plana tradicional revestida a membrana APP ou SBS, ou tela de PVC (Anexo III).

Como referido no subcapítulo 2.5.6, a inspeção é um conjunto de observações efetuadas antes, durante ou depois das manutenções. A Tabela 3.16 descreve as ações de inspeção e a sua periodicidade.

Tabela 3.16 – Inspeções em coberturas inclinadas com revestimento cerâmico adaptado de Barreira (2016).

Inspeção	Periodicidade aconselhada
Inspeção e limpeza do sistema de drenagem	Semestral
Inspeção e possível desobstrução dos pontos de ventilação	Semestral
Inspeção de controlo da zona corrente da cobertura	Anual
Inspeção do estado de conservação do sistema de drenagem	Anual
Inspeção e ações de manutenção pró-ativas de elementos de fixação	Anual
Inspeção geral de controlo.	Anual
Inspeção da estrutura de suporte, com o intuito de verificar a existência de deformações, humidade, desprendimentos e ataque de organismos.	Bienal
Inspeção das juntas de dilatação	Bienal
Inspeção e reforço das claraboias e pontos singulares	5 anos
Inspeção da estrutura de suporte em madeira, com o intuito de verificar a sua estabilidade e estado de conservação - efetuar ações de manutenção ligeiras.	10 anos
Inspeção e possível reforço das fixações degradadas, inspeção pormenorizada de todo o revestimento, bem como as ações de manutenção profundas (reparação/substituição de revestimento)	15 anos

A Tabela 3.17, apresenta as ações de manutenções preventivas e corretivas de coberturas inclinadas, tais como, a reparação, a substituição e a limpeza.

Tabela 3.17 – Manutenções preventiva e corretiva de coberturas inclinadas com revestimento cerâmico adaptado de Barreira (2016).

Manutenção preventiva e corretiva	Periodicidade aconselhada
Ações de manutenção corretivas (reparação/substituição de elementos do revestimento e de fixação danificados)	Sempre que necessário
Reparação das juntas de dilatação que apresentam um estado de degradação	Sempre que necessário
Reparação dos elementos de drenagem	Sempre que necessário
Ações de manutenção ligeiras dos revestimentos e remates da cobertura (eliminação de verdete, vegetação parasitaria, fungos e outros detritos suscetíveis de degradação da cobertura)	1 ou 2 anos
Ações de manutenção ligeiras (reparações pontuais)	5 anos
Intervenção profunda nas fixações e todo o sistema de drenagem	7 anos
Ações de manutenção de coberturas em telha cerâmica e a camada de impermeabilização, dependendo da agressividade do meio	10, 15 ou 20 anos
Aplicação de proteção contra a corrosão nos revestimentos em chapa metálica, dependendo da agressividade do meio	10, 15 ou 20 anos
Ações de intervenção profunda do sistema de ventilação	15 anos
Ações de manutenção na estrutura de suporte em madeira	25 anos
Ações de reparação/substituição da estrutura de suporte, dependendo da agressividade do meio	30, 40 ou 50 anos
Substituição do sistema de drenagem	40 anos
Substituição do sistema de impermeabilização	20 anos
Substituição total do revestimento, dependendo da agressividade do meio	20, 25 ou 35 anos

As periodicidades aconselhadas da Tabela 3.16 e Tabela 3.17 podem também ser alteradas, dependendo da experiência do projetista e do estado de conservação dos materiais constituintes da cobertura.

3.8 VIDA ÚTIL DOS REVESTIMENTOS DE COBERTURA

A vida útil de um componente de um edifício, é o período de tempo desde que se constrói até que este perde a funcionalidade a qual foi destinado. Para a previsão de vida útil das coberturas, deve ter-se em conta a vida útil de cada elemento que constitui a cobertura, uma vez que ditará quanto tempo que a cobertura durará antes de ser substituída.

A vida útil de uma cobertura depende das condições meteorológicas locais, do projeto e da construção adequada, da qualidade do material e da manutenção. As Tabela 3.18 e Tabela 3.19 aborda a vida útil dos elementos existentes nas coberturas, através da análise de várias bibliografias. A Tabela 3.18 apresenta a vida útil de referência dos diferentes materiais das coberturas inclinadas.

Tabela 3.18 – Vida útil, em anos, de referência dos elementos de coberturas inclinadas.

Tipo de cobertura	Elementos de cobertura	Material	Fabricante	NAHB (2007)	RICS (2001)
Cobertura inclinada	Estrutura de suporte	Madeira		30 anos	84 anos
		Betão armado		50 anos	
		Metálica			30 anos
	Revestimento	Ardosia		50 anos	74 anos
		Telha cerâmica	15 a 50 anos	50 anos	64 anos
		Telha de betão		50 anos	
		Fibrocimento		25 anos	
		Chapas metálicas	35 anos	20 anos	37 a 48 anos
		Chapas plásticas			10 a 25 anos
		Placas asfálticas		20 anos	
		Isolamento térmico	Mineral	Vida útil de referência do edifício	35 anos
	Sintético				
	Drenagem de águas pluviais	Metálicos		20 a 40 anos	
		PVC		30 anos	
		Fibrocimento			
		Fibra de vidro		50 anos	
	Remates	Metálicos		20 anos	
		Betuminosos			
	Elementos de fixação	Metálicos		20 anos	

A Tabela 3.19 apresenta a vida útil de referência dos diferentes materiais de coberturas planas.

Tabela 3.19 – Vida útil, em anos, de referência dos elementos de coberturas planas.

Tipo de cobertura	Elementos de cobertura	Material	Fabricante	NAHB (2007)	RICS (2001)
Cobertura plana	Estrutura de suporte	Madeira		30 anos	40 anos
		Betão armado		50 anos	
		Metálica			30 anos
	Camada de impermeabilização	Asfalto		20 anos	36 anos
		Betume	10 a 20 anos	20 anos	19 anos
		Plástico	25 anos	30 anos	27 anos
	Camada de proteção	Mineral		25 anos	20 a 30 anos
		Sintético		20 a 50 anos	25 anos
		Metálico		20 anos	35 a 39 anos
		Betão			
		Cerâmico			
	Sistemas de isolamento térmico	Mineral	Vida útil de referência do edifício	35 anos	36 anos
		Sintético			
		Vegetal			
	Sistemas de drenagem	Metálicos		20 a 40 anos	
		PVC		30 anos	
		Fibrocimento			
		Fibra de vidro		50 anos	
	Sistemas de remates	Metálicos		20 anos	
		Membranas betuminosas			
	Elementos de fixação	Metálicos		20 anos	

3.9 SÍNTESE

Em síntese deste capítulo, as coberturas podem ser classificadas segundo as exigências funcionais e construtivas. Para que uma cobertura cumpra as exigências funcionais abordadas, é necessário que a construção seja bem concebida e que a manutenção seja regular.

CAPÍTULO 4

CUSTO DO CICLO DE VIDA

4.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentado uma ferramenta, expressa através de uma folha de cálculo, que permitirá fazer o cálculo do custo de vida das coberturas abordadas no capítulo 3. Esta ferramenta servirá de auxílio na gestão de manutenção das coberturas e na escolha de soluções mais económicas.

Numa primeira fase será apresentado o método fatorial de acordo com Matos (2007) para, posteriormente, calcular a vida útil estimada dos revestimentos de impermeabilização de coberturas pois, são estes elementos que influenciam a estanqueidade de uma cobertura.

Numa segunda fase serão abordados os custos de construção, manutenção e fim de vida das coberturas em estudo.

Na fase final será exposta um exemplo da aplicação da ferramenta criada e as comparações dos custos de ciclo de vida das diferentes soluções.

4.2 VIDA ÚTIL DOS REVESTIMENTOS DE COBERTURAS

Neste subcapítulo será apresentada o método fatorial, abordado por Matos (2007), para o cálculo da vida útil estimada dos revestimentos de coberturas, com a finalidade de tentar compreender em quanto tempo a cobertura necessita de ser substituída. Posteriormente esse valor será utilizado na ferramenta de cálculo apresentada em 4.3.

4.2.1 Avaliação dos fatores

Na avaliação de cada fator de durabilidade, utilizado no método fatorial e descrito no subcapítulo 2.3.4.1, segundo Matos (2007), foram identificados quais as solicitações constantes a que os produtos de construção estavam sujeitos de forma permanente e apresentados critérios para a sua avaliação. Cada fator de durabilidade, será traduzido em índices de durabilidade, valores estes, apresentado na Tabela 2.5.

4.2.1.1 Fator A – Qualidade do produto de construção

Segundo Matos (2007) o fator A foi classificado segundo o nível de controlo de qualidade a que os produtos da construção estão sujeitos, tal como indicado na Tabela 4.1. Para a obtenção do fator A, deve ter-se em consideração os seguintes pontos:

- ✓ Declaração de conformidade CE – Os produtos fornecidos à obra, tem a marcação CE. Segundo o Regulamento (EU) n.º 305/2011, “a marcação CE deverá ser aposta em todos os produtos de construção para os quais o fabricante tenha feito uma declaração de desempenho.”

A declaração de desempenho, segundo o regulamento (EU) n.º 305/2011, deve descrever o desempenho dos produtos de construção relativamente às suas características essenciais, características estas que, são atributos de um produto de construção correspondentes aos requisitos básicos das obras de construção. Os requisitos básicos das obras de construção estão descritos no Anexo IV.

- ✓ Certificado de qualidade – A certificação de qualidade de um produto é um processo que é efetuado por um organismo de certificação, que analisa a conformidade de um produto.

Tabela 4.1 – Índice aplicável ao fator A. Fonte: Matos, 2007.

	Classificação segundo o fornecimento do produto à obra	Índice aplicável
Fator A	Com declaração de conformidade CE e certificado de qualidade	1.2
	Com declaração de conformidade CE emitida pelo fabricante ou com certificado de qualidade	1.0
	Sem declaração conformidade CE e sem Certificação	0.8

4.2.1.2 Fator B – Nível de qualidade do projeto

Segundo Matos (2007) o fator B foi classificado segundo o grau de informação que os projetos fornecem à obra, tal como indicado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Índice aplicável ao fator B. Fonte: Matos, 2007.

	Níveis de qualidade do projeto	Índice aplicável
Fator B	Projeto sem cumprimento do artigo 80ª do D.L. 555/99	0.8
	Projeto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001, incluindo no projeto de execução memória descritiva com descrição sistemática das principais soluções construtivas adotadas	1.0
	Execução dos desenhos à escala adequada ao trabalho a executar em obra, à definição de todos os produtos a aplicar, bem como, caderno de encargos e respetivas especificações técnicas	1.2

4.2.1.3 Fator C – Nível de qualidade da execução

Segundo Matos (2007) o fator C foi classificado segundo o nível de qualificação da mão-de-obra e a regularidade da fiscalização em obra, tal como indicado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Índice aplicável ao fator C. Fonte: Matos, 2007.

Fator C	Nível de qualificação da mão-de-obra			
			Qualificada	Não qualificada
	Regularidade da fiscalização em obra	Regular		1.2
Pontual			1.0	0.8
Ausente			1.0	0.8

4.2.1.4 Fator D – Características do ambiente interior

Segundo Matos (2007) o fator D foi classificado segundo a higroscopicidade dos produtos e a sua exposição à humidade nos locais interiores, tal como indicado na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Índice aplicável ao fator D. Fonte: Matos, 2007.

Fator D	Higroscopicidade	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) para esta avaliação teve necessidade de distinguir os produtos que sofrem influência significativa da ação da humidade. A humidade relativa do ar dos edifícios resulta do equilíbrio entre a produção de vapor de água no seu interior e o seu caudal de ventilação. Então, diz-se que um material é higroscópico quando o seu teor de humidade varia em função da humidade relativa do ar. A Tabela 4.5 é uma adaptação, da classificação dos locais interiores à exposição da humidade segundo Matos (2007).

Tabela 4.5 – Classificação dos locais interiores segundo a exposição à humidade adaptado de Matos (2007).

Tipo de local	Higrometria do local	Alguns exemplos dos locais
EA – Locais secos ou pouco húmidos	Higrometria fraca	Locais normalmente ventilados e aquecidos: Quartos; Escritórios; Espaços de circulação.
EB – Locais medianamente húmidos	Higrometria média	Locais normalmente ventilados e aquecidos: Locais de uso coletivo: Sala de aulas. Locais de uso privado: Locais com um ponto de água (cozinhas e instalações sanitárias); Cave aquecida; Cozinha privada.
EB+ – Locais privados / Locais húmidos de uso privado	Higrometria forte	Locais normalmente ventilados e aquecidos: Quarto de banho com um chuveiro e/ou banheira; Cave não aquecida, garagem; Chuveiro ou quarto de banho privado em locais de acolhimento público: hotéis, lares de idosos, hospitais; Sanitários de escritório para o uso privado.
EB++ – Locais coletivos / Locais húmidos de uso coletivo	Higrometria forte	Chuveiro individual de uso coletivo em locais tipo internatos, fábricas; Vestiários coletivos, sem comunicação direta com um local do tipo EC; Cozinhas coletivas * em função do tipo de conservação e limpeza; Locais húmidos de uso privado, com jato de hidromassagem no chuveiro e/ou banheira; Lavandarias coletivas sem carácter comercial (escola, hotel, centro de férias,); Sanitários públicos em locais do tipo: escolas, hotéis, aeroportos,
EC – Locais muito húmidos em ambiente não agressivo	Higrometria muito forte	Chuveiros coletivos, com várias pessoas no local ao mesmo tempo: estádios, Locais muito ginásios, Cozinhas coletivas * e sanitários acessíveis ao público, se estiver prevista limpeza a jato de alta pressão e/ou com produtos agressivos; Lavandarias coletivas com carácter comercial e destinadas a uso intensivo; Lavandaria central de hospital; Centro aquático, piscina (exceto as paredes do tanque), incluindo locais de comunicação direta com o tanque.

* Cozinhas coletivas são locais onde são preparadas refeições ou alimentos que são consumidos no local.

4.2.1.5 Fator E – Características do ambiente exterior

Segundo Matos (2007) o fator E foi classificado segundo solicitações permanentes a que os produtos aplicados no exterior estão sujeitos nomeadamente, a temperatura, a precipitação, a poluição e a influência marítima, tal como indicado na Tabela 4.10.

Segundo Matos (2007), as solicitações a que os produtos de construção aplicados na envolvente exterior dos edifícios estão sujeitos são inúmeras. Assim, pela existência de um vasto leque de diversidade, Matos (2007) optou por utilizar, na matriz de durabilidade, as solicitações incluídas na ISO 15686-4, as quais serão descritas, mais ao pormenor, nas alíneas abaixo.

4.2.1.5.1 Zonas climáticas

Para a obtenção do zonamento climático em Portugal, é utilizado o Despacho nº 15793-F, 2013. Segundo o despacho, o zonamento climático de Portugal baseia-se na nomenclatura das unidades territoriais para fins estatísticos (NUTS) de nível III (Anexo V).

Segundo o Despacho nº 15793-F, 2013, define três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3 - Figura 4.1), e três zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3 - Figura 4.2).

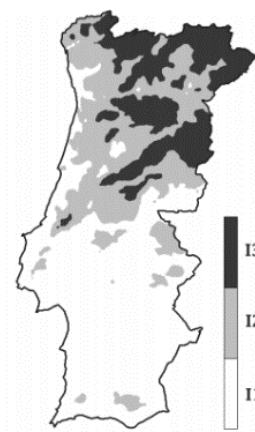


Figura 4.1 – Zonas climáticas de inverno.

Fonte: Despacho 15793-F, 2013.

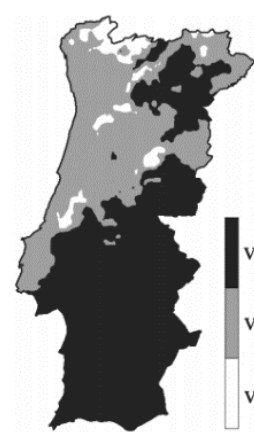


Figura 4.2 – Zonas climáticas de verão.

Fonte: Despacho 15793-F, 2013.

As zonas climáticas de inverno são definidas a partir do número de graus-dias (GD) de referência, disponíveis no Anexo VI, na base de 18 °C, correspondente a estação de aquecimento, estão representadas graficamente na Figura 4.1.

Tabela 4.6 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno. Fonte: Despacho nº 15793-F, 2013.

Critério	GD ≤ 1300	1300 < GD ≤ 1800	GD > 1800
Zona	I1	I2	I3

As zonas climáticas de verão são definidas a partir da temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$) de referência, disponíveis no Anexo VII, estão representadas graficamente na Figura 4.2.

Tabela 4.7 – Critérios para a determinação da zona climática de verão. Fonte: Despacho nº 15793-F, 2013.

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$20 \text{ }^\circ\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_{ext,v} > 22 \text{ }^\circ\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

4.2.1.5.2 Precipitação

Segundo Miranda et al. (2006), refere que “a precipitação anual média em Portugal Continental é de cerca de 900 mm, apresentando uma variação espacial muito significativa.” ... “os valores mais elevados são observados no Minho, onde em algumas zonas a precipitação anual acumulada é superior a 3000 mm.”(Figura 4.3) “Os valores mais baixos, inferiores a 400 mm/ano, ocorrem numa região restrita da Beira Interior (a Sul do Douro) e mais extensivamente no interior do Alentejo, com valores inferiores a 600 mm/ano.”

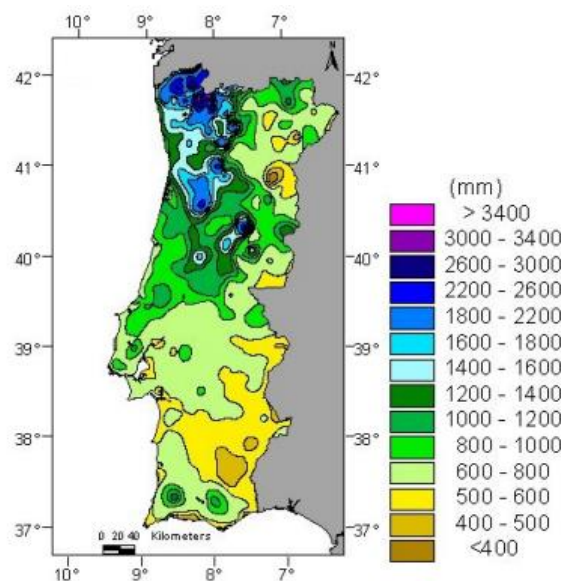


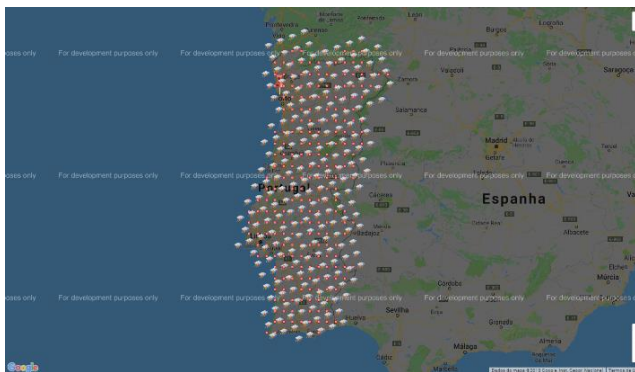
Figura 4.3 – Média da precipitação anual acumulada. Dados de observações no período 1961-1990. Fonte: Miranda, 2006.

Segundo Matos (2007), Portugal continental é dividido em três zonas de precipitação distintas e nos seguintes intervalos (Tabela 4.8).

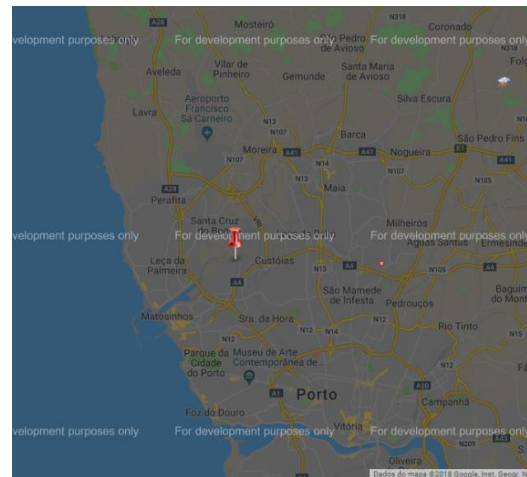
Tabela 4.8 – Zonas de precipitação para Portugal continental. Fonte: Matos, 2007.

Zonas de precipitação para Portugal continental		
P1	P2	P3
Pouco pluvioso	Moderadamente pluvioso	Muito pluvioso
≤ 600 mm	600 a 1200 mm	≥ 1200 mm

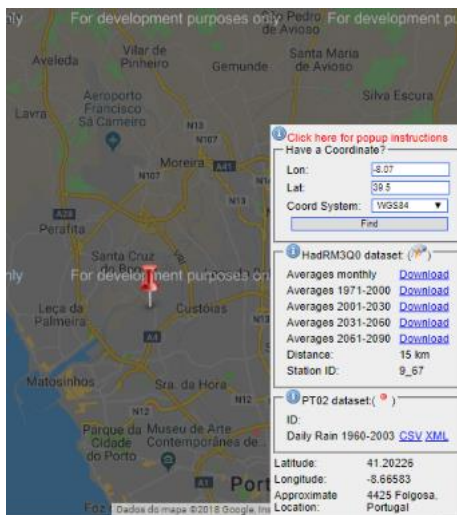
A obtenção dos valores de precipitação do local em estudo, foi obtida pela ferramenta¹ produzida pelo Instituto Superior de Agronomia da Universidade Nova de Lisboa.



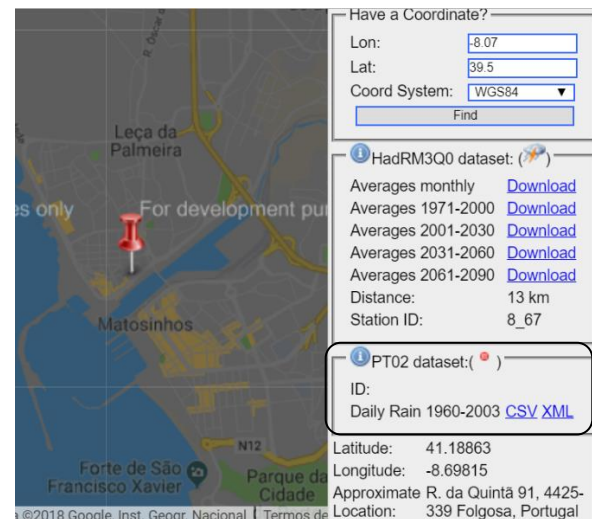
a) Mapa de Portugal Continental.



b) A zona em estudo, Matosinhos.



c) Utilização da ferramenta (1).



d) Utilização da ferramenta (2).

Figura 4.4 – Ferramenta de obtenção de valores de pluviosidade.

¹ <http://home.isa.utl.pt/~joaopalma/modelos/simflor/utills/map/map.html>

A ferramenta fornece dados do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), da base de dados PT02 para um período de 1950 a 2003. A base de dados PT02, utiliza dados de 188 estações meteorológicas do IM e de 618 postos udométricos do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH).

4.2.1.5.3 Classificação dos ambientes exteriores segundo as solicitações face à poluição e à influência marítima

Para avaliar as solicitações face à poluição e à influência marítima a que os produtos estão sujeitos, adaptou uma classificação proposta pela *Association Française de Normalisation (AFNOR)*, tal como nos mostra a Tabela 4.9 (Matos, 2007).

Tabela 4.9 – Definição das atmosferas exteriores em função dos índices de poluição do ar e da influência marítima. Fonte: Matos, 2007.

Atmosfera	Definição da atmosfera
E1	Atmosfera rural não poluída. Meio correspondente ao exterior das construções situadas em zonas rurais sem presença de poluição particular.
E2	Atmosfera normal urbana ou industrial. Meio correspondente ao exterior das 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.
E3	Atmosfera severa urbana ou industrial. Meio correspondente ao exterior das construções situadas em importantes aglomerados e/ou numa zona de desenvolvimento industrial. O aumento da agressividade é devido à presença de compostos químicos contínuos ou interrompidos sem que estes sejam de forte teor e de corrosão com importância.
E4	Atmosfera das construções situadas entre os 10 e os 20 km do litoral.
E5	Atmosfera das construções situadas entre os 3 e os 10 km do litoral.
E6	Atmosfera das construções situadas a menos de 3 km do litoral.
E7	Atmosfera mista normal: combinação das atmosferas E2 e E6.
E8	Atmosfera mista severa: combinação das atmosferas E3 e E6.
E9	Atmosfera agressiva: combinação das atmosferas E3 e E6 com agressividade agravada por fatores climáticos.

4.2.1.5.4 Classificação do fator E

Tabela 4.10 – Índice aplicável ao fator E. Fonte: Matos, 2007.

Fator E	Precipitação	Atmosfera	Zona Climática de Verão								
			V1			V2			V3		
			P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Zona climática de Inverno	I1	E1*, E1+E4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0
		E2*, E2+E4	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	0.8
		E3*, E3+E4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8
		E1+E5, E2+E5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
		E3+E5, E1+E6, E7	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8
		E8, E9	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	I2	E1*, E1+E4	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		E2*, E2+E4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
		E3*, E3+E4	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8
		E1+E5, E2+E5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8
		E3+E5, E1+E6, E7	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
		E8, E9	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	I3	E1*, E1+E4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
		E2*, E2+E4	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8
		E3*, E3+E4	2.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
		E1+E5, E2+E5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8
		E3+E5, E1+E6, E7	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
		E8, E9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

* Deverá subentender-se que as construções estão situadas a mais de 20km do litoral

4.2.1.6 Fator F – Características do uso

Segundo Matos (2007) o fator F foi classificado segundo a adequação ao uso de determinado produto selecionado e sua confrontação com a respetiva classificação de exigências, tal como indicado na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Índice aplicável ao fator F. Fonte: Matos, 2007.

Fator F	Classificação do produto segundo a sua adequação ao uso	Índice aplicável
	Possui classificação superior à exigida em todos os níveis	1.2
	Possui classificação mínima exigida	1.0
	Inexistência de classificação de adequação ao uso aplicável ao produto	0.8

4.2.1.7 Fator G – Nível de manutenção

Segundo Matos (2007) encontram-se no âmbito deste fator todos os produtos da construção acessíveis a ações de manutenção, reparação e/ou substituição, tal como indicado na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 – Índice aplicável ao fator G. Fonte: Matos, 2007.

Fator G	Classe de manutenção - e	Classe de reparação - r			
		r1	r2	r3	r4
	e1	0.8	0.8	0.8	1.0
	e2	0.8	0.8	1.0	1.2
	e3	0.8	1.0	1.2	1.2
	e4	0.8	1.0	1.2	1.2

A Tabela 4.13 caracteriza o trabalho de manutenção necessário para garantir a durabilidade do elemento ou componente.

Tabela 4.13 – Classes de necessidades de manutenção segundo CSTB (1996).

Classe de manutenção	Descrição do tipo de manutenção
e1	Se necessitar de manutenção frequente (intervalos de tempo entre os 3 e os 10 anos)
e2	Se necessitar de manutenção normal (intervalos de tempo entre os 10 e os 20 anos)
e3	Se necessitar de manutenção espaçada (intervalos de tempo iguais ou superiores a 20 anos)
e4	Se as intervenções necessárias forem apenas a lavagem periódica (intervalos de tempo iguais ou superiores a 10 anos)

A Tabela 4.14 classifica a facilidade ou não de reparar pontualmente um elemento construtivo. A incapacidade de manter o desempenho inicial pode justificar uma classificação mais baixa.

Tabela 4.14 – Classes de necessidade de reparação segundo CSTB (1996).

Classe de reparação	Descrição do tipo de reparação
r1	Se a reparação é difícil e necessita de produtos ou componentes específicos
r2	Se a reparação é fácil, mas necessita de produtos ou componentes específicos ou se a reparação é difícil, mas pode ser efetuada com os produtos correntes no mercado
r3	Se a reparação é fácil e pode ser realizada com os produtos correntes no mercado, mas necessita de intervenção além da zona a reparar
r4	Se a reparação é fácil e pode ser realizada com produtos correntes no mercado e sem necessitar de intervenção além da zona a reparar

4.2.1.8 Matriz de durabilidade

A Tabela 4.15 sintetiza a classificação dos diferentes fatores de durabilidade e expressa o grau de influência que determinada situação específica apresenta face à condição de referência (Matos, 2007).

Tabela 4.15 – Matriz de durabilidade. Fonte: Matos, 2007.

Matriz Durabilidade														
Fatores														
AMBIENTE	Fator A	Classificação segundo o fornecimento do produto à obra									Índice aplicável			
		Com declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade									1.2			
		Com declaração de conformidade CE emitida pelo fabricante ou com Certificado de									1.0			
		Sem declaração de conformidade CE e sem Certificação									0.8			
	Fator B	Níveis de qualidade do Projeto									Índice aplicável			
		Projeto sem cumprimento do artigo 80ª do D.L. 555/99									0.8			
		Projeto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projeto de Execução dos desenhos à escala adequada ao trabalho à executar em obra, à									1.2			
	Fator C	Nível de qualificação da mão-de-obra												
		Regularidade da fiscalização em obra		Regular			Qualificada			Não qualificada				
				Pontual			1.2			1.0				
		Ausente		1.0			1.0			0.8				
	0.8			0.8			0.8							
	Fator D	Higroscopicidade		Exposição à humidade em locais interiores										
		Higroscópicos		EA	EB	EB+	EB++	EC						
		Não-Higroscópicos		1.2	1.0	0.8	0.8	...						
	Fator E	Precipitação		Zona Climática de Verão										
				Atmosfera			V1			V2			V3	
		Zona climática de Inverno		I1	E1*, E1+E4	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
					E2*, E2+E4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0
					E3*, E3+E4	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8
E1+E5, E2+E5					1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
E3+E5, E1+E6, E7					1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8
E8, E9					1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
I2				E1*, E1+E4	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
				E2*, E2+E4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
				E3*, E3+E4	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8
				E1+E5, E2+E5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8
				E3+E5, E1+E6, E7	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
				E8, E9	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
I3				E1*, E1+E4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
				E2*, E2+E4	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8
				E3*, E3+E4	2.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
				E1+E5, E2+E5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8
				E3+E5, E1+E6, E7	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
				E8, E9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
CONDICÕES OPERACIONAIS	Fator F	Classificação do produto segundo a sua adequação ao uso									Índice aplicável			
		Possui classificação superior à exigida em todos os níveis									1.2			
		Possui classificação mínima exigida									1.0			
	Inexistência de classificação de adequação ao uso aplicável ao produto									0.8				
Fator G	Classe de manutenção - e		Classe de reparação - r											
	e1		r1	r2	r3	r4								
	e2		0.8	0.8	0.8	1.0								
	e3		0.8	0.8	1.0	1.2								
	e4		0.8	1.0	1.2	1.2								

* Deverá subentender-se que as construções estão a mais de 20 km do litoral

4.3 FERRAMENTA DE CÁLCULO PARA O CUSTO DE MANUTENÇÃO

Para o cálculo do custo do ciclo de vida (LCC), foi criado no âmbito do presente trabalho, uma ferramenta de cálculo que auxilia na obtenção do custo de manutenção, utilizando como base as ações de manutenção e as periodicidades referenciadas no subcapítulo 3.7.

A ferramenta vai possibilitar calcular o custo de manutenção (CM) durante um período de tempo pré-estabelecido, através de introdução de dados pelo utilizador, tal como as periodicidades que cada ação de manutenção irá ter e o custo que lhe está associado. Estes dados inseridos podem ser alterados sempre que o usuário achar necessário. A Tabela 4.16 é um extrato desta ferramenta.

Tabela 4.16 – Extrato da ferramenta de cálculo do custo de manutenção.

Manutenção	Periodicidade aconselhada	Periodicidade	Custo Unitário / m ²	Custo / frequência	Frequência	CM/ m ²	CM
Ações de manutenção ligeiras em todos os elementos da cobertura	Anual	1 ano	0.11 €	10.64 €	9	0.96 €	95.74 €
Ações de manutenção preventivas no sistema de proteção em asfalto	Trienal	3 anos	0.11 €	10.64 €	3	0.32 €	31.91 €

A Tabela 4.16, fornece ao utilizador o custo por frequência de cada ação de manutenção (Equação 2), a frequência que a ação que irá ter durante o período em estudo, o custo por m² do período em análise (Equação 3), e por fim o custo total em análise (Equação 4). Os custos apresentados na tabela são calculados através das seguintes equações:

- ✓ Custo por frequência da ação de manutenção

Equação 2

$$\text{Custo/frequência} = \text{custo unitário/m}^2 \times \text{área da cobertura}$$

- ✓ Custo de manutenção por m² do período em análise

Equação 3

$$\text{CM/m}^2 = \text{custo unitário/m}^2 \times \text{frequência}$$

- ✓ Custo de manutenção do período de análise

Equação 4

$$CM = \text{custo unitário/m}^2 \times \text{frequência} \times \text{área da cobertura}$$

Para o cálculo, é necessário também colocar outros dados, tais como a duração do estudo a efetuar e a área da superfície da cobertura em causa, como se pode verificar na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 – Dados iniciais para o cálculo.

SOLUÇÃO	LOCALIZAÇÃO	NUTS III	VIDA ÚTIL DE PROJETO	ÁREA DA COBERTURA (M2)
Cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP²	Matosinhos	Grande Porto	100	500

A ferramenta está formatada para obter também, os valores do custo de manutenção por ano da vida útil de serviço. A vida útil de serviço, é um período de tempo, durante o qual, um edifício ou seus componentes excedam os requisitos de desempenho (ISO 15686-1).

O utilizador, com a ferramenta, consegue ter uma base teórica, de quanto será o custo de manutenção em cada ano do ciclo de vida em estudo. A ferramenta está criada para vida útil até 100 anos de vida útil de serviço, como se pode verificar na Tabela 4.18. Segundo as Tabela 2.3 e Tabela 2.4, a vida útil de referência de um edifício com as características dos edifícios municipais da CMM, edifícios destinados à educação é 50 a 99 anos. Sendo assim, a ferramenta está programada para ciclos de vida até 100 anos.

Tabela 4.18 – Extrato da ferramenta de cálculo do custo de manutenção

Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano X	Ano 99	Ano 100
- €	10.64 €	10.64 €	10.64 €	10.64 €
- €	- €	- €	- €	- €

² APP – Betumes-polímeros de polipropileno atático²

4.4 CUSTO DO CICLO DE VIDA DAS COBERTURAS

Como referido anteriormente, o LCC, são todos os custos inerentes a todo um ciclo de vida de um elemento ou componente. Este subcapítulo, apresentará os custos, numa maneira geral, associados a cada tipo de cobertura, tais como o custo de construção, de manutenção e de fim de vida.

4.4.1 Custo de construção

Para o cálculo do custo de construção de cada cobertura, foi utilizado a ferramenta do CYPE – Gestor de preços. Com a ausência de dados atuais da parte da CMM, sobre os custos de construção, foi utilizado os valores dos rendimentos por metro quadrado de cobertura da ferramenta, e com um estudo de preços no mercado, é obtido os valores de custos de construção que estão expressos na Tabela 4.19.

Tabela 4.19 – Custos de construção por m².

Cobertura	CYPE	Câmara Municipal	Estudo do mercado
Plana invertida com tela de PVC	62.09 €	20.24 €	51.76 € (Anexo XI)
Plana invertida com membrana betuminosa APP	59.46 €	----	43.81 € (Anexo IX)
Plana invertida com membrana betuminosa SBS ³	62.82 €	----	47.80 € (Anexo VIII)
Plana tradicional com membrana betuminosa SBS	61.23 €	----	41.59 € (Anexo X)
Inclinada com telha cerâmica (telha básica – 10 anos)	47.96 €	----	28.16 € (Anexo XII)
Inclinada com telha cerâmica (telha hidrófuga – 35 anos)		----	31.12 € (Anexo XII)
Inclinada com chapa metálica	12.66 €	----	7.90 € (Anexo XIII)

³ SBS – Betumes-polímeros de estireno-butadieno-estireno

4.4.2 Custo de manutenção

Os custos de manutenção, apresentados na Tabela 4.20, foram obtidos pela ferramenta do CYPE e de um estudo de uma empresa externa a CMM.

Tabela 4.20 – Custo de manutenção por m² de coberturas por ano.

Cobertura	CYPE (primeiros 10 anos)	Câmara Municipal (durante 3 anos)
Plana invertida com tela de PVC	1.55 €	3.80 €
Plana invertida com membrana betuminosa APP	1.51 €	
Plana invertida com membrana betuminosa SBS	1.55 €	
Plana tradicional com membrana betuminosa (APP e SBS)	1.72 €	1.40 €
Inclinada com telha cerâmica (telha básica – 10 anos)	1.50 €	1.70 €
Inclinada com telha cerâmica (telha hidrófuga – 35 anos)		
Inclinada com chapa metálica	0.37 €	1.00 €

O CYPE apresenta custos decenais de manutenção para uma determinada unidade de obra e, para a obtenção destes custos, o programa tem em conta os seguintes pontos:

- ✓ O programa calcula o valor das operações de manutenção preventivas definidas no calendário de manutenção como mostra a Figura 4.5, que inclui, ainda, os custos das Inspeções, revisões, relatórios e pareceres, que se repercutem entre as unidades de obras afetadas.
- ✓ É excluído o custo de manutenção corretiva, correspondendo às reparações e/ou reposições de elementos, como resultado de atos de vandalismo, acidentes ou catástrofes naturais.
- ✓ O programa determina o custo de manutenção de cada unidade de obra em função das soluções e qualidade construtivas adotadas. Incluindo o custo indireto relativo a segurança e saúde, gestão de resíduos se for o caso.

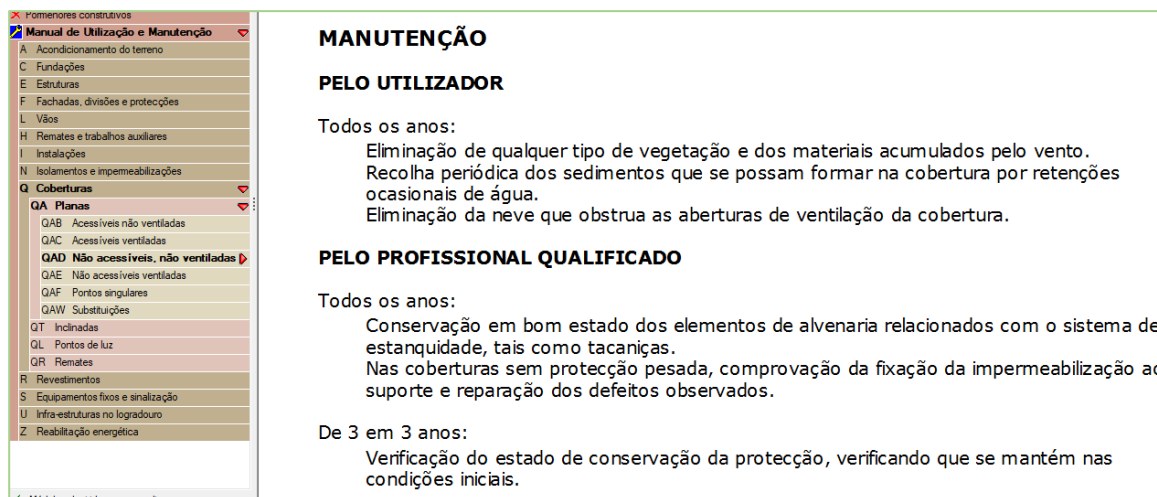


Figura 4.5 – Exemplo de um calendário de manutenção. Fonte: CYPE.

Os outros valores do custo de manutenção são obtidos através de uma proposta de contrato de manutenção de uma empresa externa à CMM, onde os valores dos custos são referentes a 3 anos de contrato.

4.4.3 Custo de fim de vida

O custo de fim de vida, apresentado na Tabela 4.21, é obtido pela ferramenta CYPE e do alterado com valores do mercado (Anexo XIV). Os custos incluem:

- ✓ Nas coberturas planas, demolição completa das camadas da cobertura e respetivas proteções, sem afetar a estabilidade dos elementos estruturais.
- ✓ Nas coberturas inclinadas, a desmontagem dos revestimentos, dos elementos de fixação, dos remates, das caleiras e dos tubos de queda, sem afetar a estabilidade dos elementos estruturais.

Tabela 4.21 – Custo de fim de vida por m².

COBERTURA	CYPE	Estudo do mercado
Plana invertida com tela de PVC	16.95 €	6.47 €
Plana invertida com membrana betuminosa (APP e SBS)	16.95 €	6.47 €
Plana tradicional com membrana betuminosa (APP e SBS)	15.06 €	5.92 €
Inclinada com telha cerâmica (telha básica – 10 anos)	11.77 €	4.03 €
Inclinada com telha cerâmica (telha hidrófuga – 35 anos)	11.77 €	4.03 €
Inclinada com chapa metálica	6.46 €	1.95 €

A diferença no custo, será o preço da mão de obra, mas mantendo o rendimento, pois no CYPE apresenta valores mais elevados em comparação o que é praticado, em média, em Portugal Continental.

4.5 APLICAÇÃO DO LCC

O presente subcapítulo, pretende demonstrar a aplicabilidade da metodologia do LCC.

Em primeiro lugar, será calculado a vida útil dos revestimentos de cobertura, através do método fatorial abordado no subcapítulo 4.2. O intuito da utilização do método será de determinar a vida útil estimada dos revestimentos das coberturas em estudo.

Em segundo lugar, será demonstrada a aplicabilidade da ferramenta de cálculo do custo de manutenção, e fazendo um paralelo com os valores demonstrados em 0.

Por fim será feito o cálculo do LCC de cada uma das coberturas em estudo.

4.5.1 Cálculo da vida útil

4.5.1.1 Dados iniciais para o cálculo

Para iniciar o cálculo da vida útil estimada serão necessários vários dados, tais como, a localização e tipo de utilização do edifício, a qualidade do produto de construção e da manutenção. A Tabela 4.22 será alusiva aos dados sobre a localização do edifício.

Tabela 4.22 – Dados sobre a localização dos edifícios.

Dados	Descrição
Localização	Matosinhos.
NUTS III	Grande Porto.
Zona climática de Verão	V2 – Obtido através do subcapítulo 4.2.1.5.1.
Zona climática de inverno	I1 – Obtido através do subcapítulo 4.2.1.5.1.
Região Pluviométrica	P3 – Obtido através do subcapítulo 4.2.1.5.2.
Atmosfera exterior	Atmosfera normal urbana ou industrial – E2 + E5 – Obtido através da Tabela 4.9.
Atmosfera interior	Sala de aulas – EB – Obtido através da Tabela 4.5.

Enquanto que a Tabela 4.23 fará menção à qualidade do produto, execução e fornecimento em obra.

Tabela 4.23 – Classificação de qualidade.

Classificação segundo o fornecimento do produto à obra	Com declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade
Níveis de qualidade do Projeto	Projeto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projeto de Execução memória descritiva com descrição sistemática das principais soluções construtivas adotadas
Nível de qualificação da mão-de-obra	Qualificada
Regularidade da fiscalização em obra	Pontual

4.5.1.2 Processo de cálculo

Com os dados iniciais anteriores, serão obtidos os índices aplicáveis a cada fator, como demonstram a Tabela 4.24 e a Tabela 4.25.

Na Tabela 4.24, estão descritos os fatores relativos à qualidade do produto e do ambiente onde está inserido o edifício, os valores dos fatores, serão sempre iguais para todos os estudos, visto que os edifícios estão localizados no mesmo concelho.

Tabela 4.24 – Fatores modificadores de qualidade do produto e do ambiente do edifício.

Matriz de durabilidade			Índice aplicável
QUALIDADE	Fator A	Classificação segundo o fornecimento do produto à obra	1.2
		Com declaração de conformidade CE e certificado de qualidade.	
	Fator B	Níveis de qualidade do Projeto	1.0
		Projeto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projeto de Execução memória descritiva com descrição sistemática das principais soluções construtivas adotadas.	
	Fator C	Nível de qualificação da mão-de-obra	1.0
		Qualificada	
Regularidade da fiscalização em obra			
	Pontual		
AMBIENTE	Fator D	Exposição à humidade em locais interiores	1.0
		EB	
		Higroscopicidade	
		Não higroscópico ou higroscópico *	
	Fator E	Zona Climática de Verão	1.0
		V2	
		Zona climática de Inverno	
		I1	
		Precipitação	
		P3	
Atmosfera			
E2 + E5			

* No fator D, o material sendo ou não higroscópico não irá influenciar o valor do índice.

A Tabela 4.25, é relativa aos fatores modificadores referentes às condições operacionais. Como o objetivo do relatório de estágio é comparar o LCC de uma cobertura com ou sem manutenção regular, será nesta tabela que se irá fazer a diferença no valor da vida útil estimada das coberturas.

Tabela 4.25 – Fatores modificadores relativos as condições operacionais do elemento.

CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Fator F	Classificação do produto segundo a sua adequação ao uso	1.0
		Possui classificação mínima exigida.	
	Fator G	Classe de manutenção - e	0.8 ou 1.2
		Classe de reparação - r	

O fator G será o decisivo para fazer a diferença para o cálculo da vida útil estimada

De acordo com a fórmula, apresentada no capítulo 2, procede o cálculo da vida útil estimada para cada elemento com manutenção ou sem manutenção regular

4.5.1.2.1 Cálculo da vida útil estimada telha cerâmica

Neste subcapítulo é calculada a vida útil estimada de telhas correntes no mercado, uma mais básica com garantia do fabricante de 10 anos e outra melhorada com garantia de 35 anos, para posteriormente comparar os seus custos de ciclo de vida.

Tabela 4.26 – Vida útil estimada telha cerâmica.

Solução	Com manutenção adequada		Sem manutenção adequada	
	Telha cerâmica (10 anos)	Telha cerâmica (35 anos)	Telha cerâmica (10 anos)	Telha cerâmica (35 anos)
VUR (anos)	10	35	10	35
Fator A	1.2	1.2	1.2	1.2
Fator B	1.0	1.0	1.0	1.0
Fator C	1.0	1.0	1.0	1.0
Fator D	1.0	1.0	1.0	1.0
Fator E	1.0	1.0	1.0	1.0
Fator F	1.0	1.0	1.0	1.0
Fator G	1.2	1.2	0.8	0.8
VUE (anos)	14.4	50.4	9.6	33.6

Pode comprovar-se que uma telha com manutenção adequada pode durar cerca de 40 % do valor de referência, e sem manutenção durar menos de 4 % da sua vida útil de referência.

4.5.1.2.2 Cálculo da vida útil estimada chapa metálica – chapa perfilada

A solução de chapa perfilada pode ter uma durabilidade 35 anos em média, segundo NAHB. Será esse o valor a utilizar para o cálculo da vida útil estimada.

Tabela 4.27 – Vida útil estimada de chapa metálica.

Solução	Com manutenção adequada	Sem manutenção adequada
	Chapa metálica (chapa perfilada)	Chapa metálica (chapa perfilada)
VUR (anos)	35	35
Fator A	1.2	1.2
Fator B	1.0	1.0
Fator C	1.0	1.0
Fator D	1.0	1.0
Fator E	1.0	1.0
Fator F	1.0	1.0
Fator G	1.2	0.8
VUE (anos)	50.4	33.6

4.5.1.2.3 Cálculo da vida útil estimada membranas betuminosas APP e SBS

Segundo alguns fabricantes, a vida útil de uma membrana betuminosa APP é de 10 anos, e da SBS é de 20 anos.

Tabela 4.28 – Vida útil estimada das membranas betuminosas APP e SBS.

Solução	Com manutenção adequada		Sem manutenção adequada	
	Membrana APP	Membrana SBS	Membrana APP	Membrana SBS
VUR (anos)	10	20	10	20
Fator A	1.2	1.2	1.2	1.2
Fator B	1.0	1.0	1.0	1.0
Fator C	1.0	1.0	1.0	1.0
Fator D	1.0	1.0	1.0	1.0
Fator E	1.0	1.0	1.0	1.0
Fator F	1.0	1.0	1.0	1.0
Fator G	1.2	1.2	0.8	0.8
VUE (anos)	14.4	28.8	9.6	19.2

4.5.1.2.4 Cálculo da vida útil estimada tela de PVC

Segundo alguns fabricantes, a vida útil de uma tela de PVC é de 25 anos, será este valor que vai servir de referência para o cálculo da vida útil estimada.

Tabela 4.29 – Vida útil estimada da tela de PVC.

Solução	Com manutenção adequada	Sem manutenção adequada
	Cobertura invertida revestida a tela de PVC	Cobertura invertida revestida a tela de PVC
VUR (anos)	25	25
Fator A	1.2	1.2
Fator B	1.0	1.0
Fator C	1.0	1.0
Fator D	1.0	1.0
Fator E	1.0	1.0
Fator F	1.0	1.0
Fator G	1.2	0.8
VUE (anos)	36	24

4.5.2 Cálculo do custo de manutenção através da ferramenta de calculo

Este subcapítulo, terá um exemplo de aplicação da ferramenta criada para, posteriormente, calcular o LCC de uma cobertura. A Tabela 4.30, apresenta dados, que servirá para iniciar a ferramenta de cálculo apresentado em 4.3.

Tabela 4.30 – Dados iniciais da cobertura.

SOLUÇÃO	LOCALIZAÇÃO	NUTS III	VIDA ÚTIL DE PROJETO (anos)	ÁREA DA COBERTURA (m ²)
Cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP	Matosinhos	Grande Porto	100	500

A cobertura em análise, é uma cobertura plana invertida revestida com membrana betuminosa APP, com uma área útil de 500 m², com período de análise de 100 anos, pois é um edifício escolar.

Será necessário a vida útil estimada do revestimento de cobertura para o cálculo. Segundo a Tabela 4.28, a vida útil estimada deste tipo de revestimento é de 15 anos, com a manutenção adequada, um valor que foi calculado através do método fatorial.

CAPÍTULO 4

As periodicidades das ações serão utilizadas as recomendadas, visto que, em princípio será efetuada uma manutenção adequada. Com a exceção das ações de substituição, que serão de 15 anos, que é a vida útil estimada do revestimento de cobertura.

Os valores do custo unitário de cada ação de manutenção, é obtida pelo valor decenal de manutenção de uma cobertura, que o CYPE fornece. O valor é dividido pelo número de ações que a cobertura ira ter durante 10 anos, assim, obtém-se o valor unitário de cada ação. Com a exceção do custo unitário das ações de substituição, esse valor é obtido através do custo de construção da cobertura.

A Tabela 4.31, apresenta um exemplo de cálculo do custo de manutenção, de uma cobertura com área de 500 m², durante um período de tempo de 100 anos.

Tabela 4.31 – Cálculo do custo de manutenção de uma cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP, durante 100 anos.

Manutenção	Periodicidade aconselhada	Periodicidade	Custo Unitário / m ²	Custo / frequência	Frequência	Custo de manutenção / m ²	Custo de Manutenção
Ações de manutenção ligeiras em todos os elementos da cobertura	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Ações de manutenção preventivas no sistema de proteção em asfalto	Trienal	3 anos	0.11 €	55.00 €	33	3.63 €	1.815.00 €
Ações de manutenção pró-ativas (reparação de elementos danificados no sistema de drenagem, camada de proteção, impermeabilização e elementos de fixação)	Sempre que necessário	5 anos	0.11 €	55.00 €	19	2.09 €	1.045.00 €
Ações de manutenção profundas (limpeza de possíveis acumulações de fungos e vegetação - aplicação de produtos fungicidas e anti vegetação própria para a cobertura) da zona corrente da cobertura, dependendo da agressividade do meio.	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Ações de manutenção profundas no sistema de impermeabilização	30 anos	30 anos	0.11 €	55.00 €	3	0.33 €	165.00 €
Inspeção com intuito de verificar a existência de anomalias e verificar o estado de conservação de toda a cobertura	Semestral	Semestral	0.11 €	55.00 €	199	21.89 €	10.945.00 €
Inspeção da estrutura de suporte	Bienal	2 anos	0.11 €	55.00 €	49	5.39 €	2.695.00 €
Inspeção da fixação do sistema de impermeabilização nos pontos singulares nos casos em que não é aplicado como material de proteção (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos	10 anos	0.11 €	55.00 €	9	0.99 €	495.00 €
Inspeção do estado de conservação da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos	10 anos	0.11 €	55.00 €	9	0.99 €	495.00 €
Inspeção do estado de conservação da camada de proteção	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção do estado de conservação das uniões com o sistema de drenagem, fixadores, sobreposições e pontos singulares	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção dos remates com muretes e platibandas	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção e ações de manutenção da estrutura de suporte com chapas metálicas	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção e ações de manutenção ligeiras dos remates	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção e ações de manutenção ligeiras nas juntas de dilatação	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção e ações de manutenção, com o intuito de reparar danos localizados dos elementos de proteção solar	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção, ações de manutenção ligeiras e limpeza do sistema de drenagem (limpeza de detritos que poderão contribuir para um ineficaz escoamento da água)	Semestral	Semestral	0.11 €	55.00 €	199	21.89 €	10.945.00 €
Inspeção, limpeza da zona corrente da cobertura	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Intervenção profunda nas fixações e todo o sistema de drenagem	7 anos	7 anos	0.11 €	55.00 €	14	1.54 €	770.00 €
Intervenções ligeiras na zona corrente da cobertura e no sistema de drenagem	Sempre que necessário	5 anos	0.11 €	55.00 €	19	2.09 €	1.045.00 €
Substituição da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que o sistema de impermeabilização não é aplicado como material de proteção	40, 50 ou 60 anos	15 anos	8.76 €	4.380.00 €	6	52.56 €	26.280.00 €
Substituição do sistema de drenagem	40 anos	15 anos	8.76 €	4.380.00 €	6	52.56 €	26.280.00 €
Substituição do sistema de impermeabilização (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que não é aplicado como material de proteção	20, 25 ou 30 anos	15 anos	8.76 €	4.380.00 €	6	52.56 €	26.280.00 €
Substituição do sistema de proteção (dependendo da agressividade do meio)	20, 25 ou 30 anos	15 anos	8.76 €	4.380.00 €	6	52.56 €	26.280.00 €
Substituição global da cobertura	20 anos	15 anos	8.76 €	4.380.00 €	6	52.56 €	26.280.00 €
			46.00 €	23.000.00 €		432.53 €	216.265.00 €

A ferramenta dá os seguintes valores, o custo de manutenção durante o ciclo de vida (CM), o custo de manutenção por metro quadrado de cobertura durante o seu ciclo de vida (CM/m²) e por fim dá o custo de manutenção por metro quadro de cobertura por ano (CM/m²/ano).

Tabela 4.32 – Valores dos custos de manutenção.

Cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP	CM/m ²	CM	CM/m ² / ano
Com Manutenção periódica	432.53 €	216.265.00 €	4.33 €

Agora para a mesma cobertura, só mudando o tipo de membrana betuminosa, de APP para a SBS, será efetuado o mesmo cálculo (Anexo XV). A membrana SBS terá uma vida útil estimada de 30 anos. A ferramenta obtém os seguintes valores de custos de manutenção, apresentados na Tabela 4.33.

Tabela 4.33 – Valores dos custos de manutenção.

Cobertura plana invertida com membrana betuminosa SBS	CM/m ²	CM	CM/m ² / ano
Com Manutenção periódica	313.13 €	156.565.00 €	3.13 €

Como se pode verificar, pela análise das tabelas, ao mudar de tela para uma mais cara, o custo de manutenção baixa, devido a própria membrana betuminosa SBS ter uma vida útil maior do que a membrana APP.

4.5.3 Outras coberturas

Neste subcapítulo, serão apresentados os valores de custo de manutenção para cada uma das coberturas em estudo. Os dados iniciais serão iguais as do subcapítulo 4.5.2.

Tabela 4.34 – Dados iniciais.

SOLUÇÃO	LOCALIZAÇÃO	NUTS III	VIDA ÚTIL DE PROJETO (anos)	ÁREA DA COBERTURA (m ²)
----	Matosinhos	Grande Porto	100	500

1. Cobertura plana invertida com tela de PVC (Anexo XVIII).

Tabela 4.35 – Custo de manutenção de cobertura plana invertida com tela de PVC.

Cobertura plana invertida com tela de PVC	CM/m ²	CM	CM/m ² /ano
Com manutenção periódica	273.14 €	136.569.09 €	2.73 €

2. Cobertura plana tradicional com membrana SBS (Anexo XX).

Tabela 4.36 – Custo de manutenção de cobertura plana tradicional com membrana SBS.

Cobertura plana tradicional com membrana SBS	CM/m ²	CM	CM/m ² /ano
Com manutenção periódica	317.94 €	158.970.08 €	3.18 €

3. Cobertura inclinada revestida a telha cerâmica.

O cálculo da telha cerâmica será feito para duas telhas com garantias de fabricante diferentes, uma com 10 anos (Anexo XVI) e outra com 35 anos (Anexo XVII).

Tabela 4.37 – Custo de manutenção de cobertura inclinada revestida a telha cerâmica com garantia de 10 anos.

Cobertura inclinada revestida a telha cerâmica – 10 anos	CM/m ²	CM	CM/m ² /ano
Com manutenção periódica	343.96 €	171.980.00 €	3.44

Tabela 4.38 – Custo de manutenção de cobertura inclinada revestida a telha cerâmica com garantia de 35 anos.

Cobertura inclinada revestida a telha cerâmica – 35 anos	CM/m ²	CM	CM/m ² /ano
Com manutenção periódica	206.12 €	103.060.00 €	2.06 €

4. Cobertura inclinada revestida a chapa metálica perfilada (Anexo XIX).

Tabela 4.39 – Custo de manutenção de cobertura inclinada revestida a chapa metálica perfilada.

Cobertura inclinada revestida a chapa metálica perfilada	CM/m ²	CM	CM/m ² /ano
Com manutenção periódica	51.09 €	25.546.54 €	0.51 €

4.5.4 Custo do ciclo de vida

O custo do ciclo de vida é o somatório dos custos associados ao um ciclo de vida. Estes custos são:

- ✓ Custo de construção – Valores de estudo do mercado obtidos da Tabela 3.19;
- ✓ Custo de manutenção – Valores calculados nos subcapítulos 4.5.2 e 4.5.3.
- ✓ Custo de fim de vida – Valores de estudo do mercado obtidos da Tabela 4.21.

A Tabela 4.40 demonstra o LCC de diferentes coberturas em estudo, de um edifício com uma duração de 100 anos.

Tabela 4.40 – Custo por m² do ciclo de vida das soluções em estudo.

Cobertura			Custo de construção	Custo de manutenção (100 anos)	Custo de fim de vida	Custo do ciclo de vida
Plana invertida	Membrana betuminosa APP		43.81 €	432.53 €	6.47 €	482.81 €
	Membrana Betuminosa SBS		47.80 €	313.13 €	6.47 €	367.40 €
	Tela de PVC		51.76 €	273.14 €	6.47 €	331.37 €
Plana tradicional membrana betuminosa SBS			41.59 €	317.94	5.92 €	365.45 €
Inclinada	Telha cerâmica	10 anos	28.16 €	343.96 €	4.03 €	376.15 €
		35 anos	31.12 €	206.12 €	4.03 €	241.27 €
	Chapa metálica		7.90 €	51.09 €	1.95 €	60.94 €

4.6 ANÁLISE DE RESULTADOS

Foi proposto pela CMM encontrar a solução mais económica, do ponto de vista do ciclo de vida, para coberturas planas invertidas e coberturas inclinadas revestidas a telha cerâmica.

Nas coberturas planas são comparados três tipos de revestimentos de impermeabilização encontrados no mercado. Será apresentado também, os valores médios dados pela empresa externa à CMM e obtidos no subcapítulo 4.3. Na Tabela 4.41 os custos são por m² por ano.

Tabela 4.41 – Custo de manutenção por m² da cobertura plana invertida.

Solução	Estudo realizado	Estudo da empresa externa
Cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP	4.33 €	3.80 €
Cobertura plana invertida com membrana betuminosa SBS	3.13 €	
Cobertura plana invertida com tela de PVC	2.73 €	

Na Tabela 4.41, o custo da empresa é igual para três coberturas, visto que não discrimina que revestimento contém a cobertura, só refere o sistema de cobertura.

Para a cobertura inclinada revestida a telha cerâmica, serão comparadas a telha com 10 e 35 anos de garantia do fabricante. Na Tabela 4.42 os custos são por m² por ano.

Tabela 4.42 – Custo de manutenção por m² da cobertura inclinada revestida a telha cerâmica.

Solução	Estudo realizado	Estudo da empresa externa
Cobertura inclinada revestida a telha cerâmica de 10 anos	3.44 €	1.70 €
Cobertura inclinada revestida a telha cerâmica de 35 anos	2.06 €	

Na Tabela 4.42, o custo da empresa é igual para as duas telhas, visto que não discrimina que tipo de telha contém a cobertura, só refere o sistema de cobertura.

Nas coberturas planas, na cobertura com valor de construção mais baixo, o custo de manutenção é superior à das restantes soluções, como se verifica na Tabela 4.43.

Tabela 4.43 – Custos de construção e de manutenção por m² da cobertura plana invertida.

Solução	Custo de construção	Custo de manutenção
Cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP	43.81 €	4.33 €
Cobertura plana invertida com membrana betuminosa SBS	47.80 €	3.13 €
Cobertura plana invertida com tela de PVC	51.76 €	2.73 €

A diferença, em percentagem, do custo de construção e do custo de manutenção entre as diferentes coberturas é apresentada na Tabela 4.44

Tabela 4.44 – Comparação de custos de construção e de manutenção por m² da cobertura plana invertida.

Solução		Custo de construção		Custo de manutenção	
1	Cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP	43.81 €	8 %	4.33 €	-38 %
	Cobertura plana invertida com membrana betuminosa SBS	47.80 €		3.13 €	
2	Cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP	43.81 €	15 %	4.33 €	-59 %
	Cobertura plana invertida com tela de PVC	51.76 €		2.73 €	
3	Cobertura plana invertida com membrana betuminosa SBS	47.80 €	8 %	3.13 €	-15 %
	Cobertura plana invertida com tela de PVC	51.76 €		2.73 €	

Na cobertura inclinada revestida com telha cerâmica, acontece o mesmo que nas coberturas planas, custo de construção mais baixo, traduz-se no custo de manutenção mais alto, como se verifica na Tabela 4.45.

Tabela 4.45 – Custos de construção e manutenção por m² da cobertura inclinada revestida a telha cerâmica.

Solução	Custo de construção	Custo de manutenção
Cobertura inclinada revestida a telha cerâmica de 10 anos de garantia	28.16 €	3.44 €
Cobertura inclinada revestida a telha cerâmica de 35 anos de garantia	31.12 €	2.06 €

A diferença, em percentagem, do custo de construção e do custo de manutenção entre as diferentes coberturas é apresentada na Tabela 4.46.

Tabela 4.46 – Comparação de custos de construção e manutenção por m² da cobertura inclinada revestida a telha cerâmica.

Solução	Custo de construção		Custo de manutenção	
Cobertura inclinada revestida a telha cerâmica de 10 anos de garantia	28.16 €	10 %	3.44 €	-67 %
Cobertura inclinada revestida a telha cerâmica de 35 anos de garantia	31.12 €		2.06 €	

A diferença, em percentagem, do LCC entre as diferentes coberturas é apresentada na Tabela 4.47.

Tabela 4.47 – Comparação de LCC da cobertura plana invertida.

Cobertura		Custo do ciclo de vida	
1	Cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP	482.81 €	- 31 %
	Cobertura plana invertida com membrana betuminosa SBS	367.40 €	
2	Cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP	482.81 €	- 46 %
	Cobertura plana invertida com tela de PVC	331.37 €	
3	Cobertura plana invertida com membrana betuminosa SBS	367.40 €	- 11 %
	Cobertura plana invertida com tela de PVC	331.37 €	

A diferença, em percentagem, do LCC entre as diferentes coberturas é apresentada na Tabela 4.48.

Tabela 4.48 – Comparação de LCC da cobertura inclinada revestida a telha cerâmica.

Cobertura	Custo do ciclo de vida	
Cobertura inclinada revestida a telha cerâmica de 10 anos de garantia	376.15 €	- 56 %
Cobertura inclinada revestida a telha cerâmica de 35 anos de garantia	241.27 €	

O custo de manutenção, é o valor que mais vai influenciar o LCC. É ainda possível verificar que o custo de manutenção depende essencialmente da durabilidade dos materiais e da frequência das ações de manutenção.

4.7 SÍNTESE

Neste capítulo foi apresentada a ferramenta de cálculo que foi utilizada para determinar o LCC das várias soluções de cobertura em estudo. Podendo assim auxiliar na escolha de soluções mais económicas e duradoras.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O relatório de estágio apresenta o trabalho realizado ao longo de um semestre no âmbito do estágio curricular realizado na Câmara Municipal de Matosinhos que abrangeu o estudo do custo do ciclo vida das coberturas.

O custo do ciclo de vida é o somatório de todos os custos associado a um ciclo de vida. Existem várias abordagens sobre o custo do ciclo de vida, sendo que todas elas retratam o tema de um modo semelhante. A inexistência de dados fiáveis referentes a esta metodologia, torna difícil a sua implementação. Desta forma, a experiência e perspetiva do profissional pode influenciar o resultado obtido.

As coberturas podem ser classificadas segundo as exigências funcionais e/ou construtivas. Para que a cobertura compra as exigências funcionais, o projetista terá que ter conhecimentos sobre os materiais que a constituem e como são aplicados.

A durabilidade de um material pode depender de vários fatores. Os fatores que influenciam no sentido de aumentar ou diminuir a vida útil de um material, podem ser: Uma manutenção adequada; A localização do edifício; A qualidade do projeto; A qualidade da mão de obra e dos materiais utilizados.

O custo de manutenção, é o valor que mais influencia no custo do ciclo de vida das coberturas. Neste sentido é importante uma seleção adequada dos materiais e uma manutenção adequada.

No âmbito do presente estágio curricular foi calculado o custo do ciclo de vida das coberturas. Para tal, foi necessário calcular a durabilidade dos materiais dos revestimentos e o custo de manutenção, este último com o auxílio de uma ferramenta criada ao longo do estágio.

5.1 CONCLUSÕES

A vida útil dos revestimentos de coberturas foi calculada através do método fatorial abordada por Matos (2007) e que o utiliza segundo a norma ISO 15686. Para efetuar os cálculos foi necessário identificar as

condições gerais do projeto, por conseguinte, determinar os fatores de durabilidade e, por fim, calcular a vida útil estimada dos revestimentos em estudo. Conclui-se que:

- ✓ Numa cobertura com manutenção adequada, a vida útil do revestimento pode durar cerca de 40 % a mais do valor de referência do material;
- ✓ Sem manutenção adequada o valor da vida útil desce cerca 4 % do valor de referência.

Para a análise da metodologia do custo do ciclo de vida das coberturas, era necessário obter o custo de construção de cada uma das soluções, o custo de manutenção e o custo de fim de vida.

No estudo da cobertura plana invertida, foram comparados três tipos de revestimentos de impermeabilização, membranas betuminosas APP⁴ e SBS⁵ e a tela de PVC. Para o custo de construção são obtidas as seguintes conclusões:

- ✓ O custo de construção da cobertura com membrana betuminosa APP é cerca 8 % mais baixo se utilizar a com membrana SBS;
- ✓ O custo de construção da cobertura com membrana betuminosa APP é cerca 15 % mais baixo se utilizar a de tela de PVC.

O custo de manutenção obteve-se através da ferramenta criada no subcapítulo 4.3, utilizando-se, a durabilidade dos revestimentos calculados, as ações de manutenção e as periodicidades referenciadas no subcapítulo 3.7. Conclui-se do estudo que:

- ✓ O custo de manutenção da cobertura com a membrana betuminosa APP é cerca de 38 % mais alto que a cobertura com a membrana betuminosa SBS;
- ✓ O custo de manutenção da cobertura com a membrana betuminosa APP é cerca de 59 % mais alto que a cobertura com tela de PVC.

No estudo de coberturas inclinada revestida a telha cerâmica, foi comparado 2 telhas com garantia do fabricante distintas, uma garantia de 10 anos e outra com garantia de 35 anos. As conclusões tiradas são as seguintes:

- ✓ O custo construção da cobertura com telha com garantia do fabricante 10 anos é 10 % mais baixo comparando a de 35 anos;
- ✓ O custo de manutenção da cobertura com garantia do fabricante telha de 10 anos é cerca de 67 % mais alto que a 35 anos.

⁴ APP – Betumes-polímeros de polipropileno atático

⁵ SBS – Betumes-polímeros de estireno-butadieno-estireno

E por fim, depara-se que o custo de manutenção pode não ser o mesmo para as mesmas coberturas. Nem sempre a mesma cobertura tem o custo mais baixo. Os valores do custo de manutenção podem variar dependendo de quem faz o estudo, para um, uma cobertura pode ter um custo mais baixo, para outro já não ser. Os valores dependem de vários fatores, por exemplo, da periodicidade das ações de manutenção, do material a utilizar e a localização do edifício, fatores essenciais para a durabilidade de uma cobertura. O custo do ciclo de vida, foi obtido através do somatório de todos os custos associados a um ciclo de vida de uma cobertura. conclui-se que:

- ✓ O custo do ciclo de vida da cobertura plana invertida com membrana betuminosa APP é cerca 31 % mais alto comparativo a com membrana SBS, e a 46 % a da tela de PVC.
- ✓ O custo do ciclo de vida da cobertura inclinada revestida a telha cerâmica, com garantia do fabricante de 10 anos, é cerca de 56 % mais alto comparativamente a de 35 anos.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O presente relatório de estágio, pela constante evolução de conhecimentos e tecnologias que aborda, pode ser constante objeto de acréscimo, em particular na vida útil dos materiais. Cada vez mais, na comunidade da construção, a investigação de novos materiais mais duráveis e mais económicos aumentam a periodicidade das manutenções, baixando assim os custos.

Nos valores calculados dos custos de manutenção são utilizados os custos atuais, sem fazer a variação futura de custos.

A ferramenta de cálculo pode ser depois adaptada, pelo utilizador, utilizando a análise NPV: *Net Present Value*. O NPV é uma análise económica que utiliza o acumulado dos custos e receitas durante um determinado de tempo, tempo esse pré-estabelecido pelo utilizador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros:

- ✓ Bragança, L & Mateus, R., 2011, Avaliação do ciclo de vida dos edifícios – impacte ambiental de soluções construtivas. Multicomp.
- ✓ Mascarenhas, J., 2008, Sistemas de construção – IV – Coberturas planas, juntas; materiais básicos (2.ª parte); materiais ferrosos e alumínio. Lisboa. Livros horizonte.
- ✓ Silva, A., Brito, J. & Gaspar, P. L., 2016, Methodologies for Service Life Prediction of Buildings – With a Focus on Façade Claddings. Springer.

Monografias:

- ✓ Barreira, A. S. P., 2016, Estágio na empresa GNS – Building Solutions, S.A. – Relatório de atividades e estudos realizados. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- ✓ Barros, P. M. L., 2008, Processos de manutenção técnica de edifícios – Plano de manutenção, Coberturas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- ✓ Ferreira, L. C., 2009, Rendimentos e custos em atividades de manutenção de edifícios – Coberturas de edifícios correntes. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico.
- ✓ Matos, M. J. S., 2007, Durabilidade como critério de projeto – O Método Fatorial no contexto português. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- ✓ Morgado, J. N. P. L. V., 2012, Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico.
- ✓ Raposo, T. F., 2009, Durabilidade da Construção. Estimativa da Vida Útil de Revestimentos de Coberturas Planas. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- ✓ Salazar, P. C., 2009, Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE. Projeto final de curso. Instituto Tecnológico De Costa Rica – Escuela De Ingeniería En Construcción.

- ✓ Santos, R. P. S., 2010, Metodologias de previsão da vida útil de materiais, sistemas ou componentes da construção. Revisão bibliográfica. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- ✓ Saba, D., 2013, Investigating the durability of structures. Investigação de mestrado. Massachusetts Institute of Technology.
- ✓ Silva, B. A. P., 2013, Avaliação de Edifícios em Serviço – Índice de Custo de Manutenção de Edifícios. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Outros artigos:

- ✓ Alves, T. P., Souza, R. V. G & Loura, R. M., 2013, Análise de custo do ciclo de vida de sistemas de iluminação artificial [em linha]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/316860865>. [consult. 6 de junho de 2018]
- ✓ Australian Building Codes Board, 2015, Durability in Buildings including Plumbing Installations. Australian Government and States and Territories of Australia [em linha]. Disponível em: <http://www.abcb.gov.au/Resources/Publications/Education-Training/Durability-in-Buildings-including-Plumbing-Installations>. [consult. 15 de maio de 2018]
- ✓ Belgas, L., 2006, Cobertura de edifícios. Apontamentos de Processos de Construção II. Instituto Politécnico de Tomar.
- ✓ Brito, J. & Guerreiro, S., 2003, Impermeabilização de pisos enterrados. Folhas da cadeira de construção de edifícios. Instituto Superior Técnico.
- ✓ Cerâmica Torreense, 2010, Fichas técnicas telhas cerâmicas e telhados [em linha]. Disponível em: http://www.ceramicatorreense.pt/media/uploads/cms/359/Torreense_Fichas_Tecnicas_Telhas_Ceramicas_e_Telhados.pdf. [consult. 20 de maio de 2018]
- ✓ CSTB. 1996, Classement reVETIR des systèmes d’isolation thermique des façades par l’extérieur [em linha]. Disponível em: <http://www.ccfat.fr/groupe-specialise/download/2929-classement-revetir-2463/>. [consult. 5 de junho de 2018].
- ✓ Emídio, F., Brito, J., Gaspar, P.L. & Silva, A., 2014, Aplicação do método fatorial à estimativa da vida útil dos revestimentos em pedra natural [em linha]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283462561>. [consult. 20 de maio de 2018]
- ✓ Davis Langdon Management Consulting, 2007, Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction – Guidance on the use of the LCC Methodology and its application in public procurement

- [em linha]. Disponível em: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/5054/attachments/1/translations/en/renditions/native>. [consult. 20 de março de 2018].
- ✓ Fernandez, J. M. A., 2007, Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios [em linha]. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/1939/193915927005.pdf>. [consult. 5 de junho de 2018].
 - ✓ Flores, I & Brito, J., 2001, Manutenção em Edifícios Correntes – Estado Atual do Conhecimento [em linha]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/286778039>. [consult. 3 de maio de 2018].
 - ✓ Imperialum, 2015, Projeto de impermeabilização e isolamento térmico – Memoria descritiva/cadernos de encargos [em linha]. Disponível em: <https://www.imperialum.com/cms/wp-content/uploads/2014/08/Caderno-de-encargos.pdf>. [consult. 20 de maio de 2018].
 - ✓ Miranda, P. M. A., Valente, M. A., Tomé, A. R., Trigo, R., Coelho, M. F. E. S., Aguiar, A. & Azevedo, E. B., O clima de Portugal nos séculos XX e XXI – The Portuguese climate in the 20th and 21st centuries [em linha]. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/M_Fatima_Coelho/publication/258839031_O_clima_de_Portugal_nos_seculos_XX_e_XXI/links/00b4952cad13fe2c82000000/O-clima-de-Portugal-nos-seculos-XX-e-XXI.pdf. [consult. 20 de julho de 2018].
 - ✓ Morreno, S. H., 2016, Cómo se mide la vida útil de los edificios [em linha]. Disponível em: https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/67_4/PDF/VidaUtilEdificios.pdf. [consult. 10 abril de 2018].
 - ✓ NAHB Research Center, 2002, Durability by Design – A Guide for Residential Builders and Designers [em linha]. Disponível em: https://www.huduser.gov/portal/publications/durability_by_design.pdf. [consult. 10 de abril de 2018].
 - ✓ Navarro, J. G., 1995, Mantenimiento y conservación de edificios: Agentes que intervienen en la gestión y explotación del parque inmobiliario [em linha]. Disponível em: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1045/1123>. [consult. 5 de maio de 2018].
 - ✓ Paulo, P. V., Brito, J., 2001, Classificação das coberturas inclinadas e respetivos revestimento. Folhas da cadeira de Construção de Edifícios. Instituto Superior Técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Peneda, S., Brito, J. & Correia, J. R., 2007, Diagnostico, patologia e reabilitação de impermeabilizações em coberturas em terraço. Folhas da cadeira de Patologias e Reabilitação da Construção. Instituto Superior Técnico.
- ✓ Rato, V., Brito, J., 2003, Exigências funcionais das coberturas inclinadas. Folhas da cadeira de Tecnologia da Construção de Edifícios. Instituto Superior Técnico.
- ✓ Task Group 4, 2003, Life Cycle Costs in Construction – Final report [em linha]. Disponível em: <http://onlinebookshop.villareal.fi/docs/LifeCycleCostsinConstruction.pdf>. [consult. 30 de março de 2018]

Legislação e Normas:

- ✓ BS EN 13306, 2010, 30 November, Maintenance - Maintenance terminology.
- ✓ BS 7543, 2015, Guide to durability of buildings and building elements, products and componentes.
- ✓ CSA Standard S478, 1995, Guideline on Durability in Buildings.
- ✓ Diretiva 2014/24/EU, 26 de fevereiro, Diretiva relativa aos contratos públicos e que revoga a diretiva 2004/18/CE.
- ✓ ISO 15686-1, 2011, Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 1: General principles and framework.
- ✓ ISO 15686-5. 2017, Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 5: Life-cycle costing.
- ✓ NF P24-351, 1997, Menuiserie métallique - Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique: Protection contre la corrosion et préservation des états de surface.
- ✓ NP 4492, 2010, Requisitos para a prestação de serviços de manutenção.
- ✓ NS 3454, 2013, Life cycle costs for construction works – principles and classification.

Sítios eletrónicos:

- ✓ Areipor. <http://www.areipor.pt/>. [consult. 2 de maio de 2018].
- ✓ Câmara Municipal de Matosinhos. <http://www.cm-matosinhos.pt/>. [consult. 10 de março de 2018].
- ✓ <http://home.isa.utl.pt/~joaopalma/modelos/simflor/utis/map/map.html>. [consult. 20 de maio de 2018].
- ✓ Indaqua. <http://www.indagua.pt/pt/>. [consult. 2 de maio de 2018].

- ✓ Imperialum. <https://www.imperialum.com/>. [consult. 20 de abril de 2018].
- ✓ Leroy Merlin. <https://www.leroymerlin.pt/Site/Home.aspx>. [consult. 2 de maio de 2018].
- ✓ Sika. <https://prt.sika.com/>. [consult. 20 de abril de 2018].
- ✓ Umbelino Monteiro. <http://www.umbelino.pt/>. [consult. 20 de abril de 2018].

ANEXOS

**ANEXO I – AÇÕES E PERIODICIDADE DE MANUTENÇÃO DE UMA COBERTURA
INCLINADA REVESTIDA A CHAPA METÁLICA**

Manutenção	Periodicidade aconselhada
Ações de intervenção profunda do sistema de ventilação	15 anos
Ações de manutenção corretivas (reparação/ substituição de elementos do revestimento e de fixação danificados)	Sempre que necessário
Ações de manutenção de coberturas em chapa metálica e a camada de impermeabilização, dependendo da agressividade do meio	10, 15 ou 20 anos
Ações de manutenção ligeiras (reparações pontuais)	5 anos
Ações de manutenção ligeiras dos revestimentos e remates da cobertura (eliminação de verdete, vegetação parasitária, fungos e outros detritos suscetíveis de degradação da cobertura)	3 ou 5 anos
Ações de manutenção profundas na estrutura de suporte em madeira	25 anos
Ações de reparação/ substituição da estrutura de suporte, dependendo da agressividade do meio.	45, 50 ou 55 anos
Aplicação de proteção contra a corrosão nos revestimentos em chapa metálica, dependendo da agressividade do meio	10, 15 ou 20 anos
Inspeção da estrutura de suporte em madeira, com o intuito de verificar a sua estabilidade e estado de conservação - efetuar ações de manutenção ligeiras.	10 anos
Inspeção da estrutura de suporte, com o intuito de verificar a existência de deformações, humidade, desprendimentos e ataque de organismos.	Bienal
Inspeção das juntas de dilatação	Bienal
Inspeção de controlo da zona corrente da cobertura	Anual
Inspeção do estado de conservação do sistema de drenagem	Anual
Inspeção e ações de manutenção pró-ativas de elementos de fixação	Anual
Inspeção e limpeza do sistema de drenagem	Semestral
Inspeção e possível desobstrução dos pontos de ventilação	Semestral
Inspeção e possível reforço das fixações degradadas, inspeção pormenorizada de todo o revestimento, bem como ações de manutenção profundas (reparação/ substituição de revestimento)	5, 10 ou 15 anos
Inspeção e reforço das claraboias e pontos singulares	5 anos
Inspeção geral de controlo.	Anual
Intervenção profunda nas fixações e todo o sistema de drenagem	7 anos
Reparação das juntas de dilatação que apresentem um estado de degradação considerável	Sempre que necessário
Reparação dos elementos de drenagem	Sempre que necessário
Substituição do sistema de drenagem	40 anos
Substituição do sistema de impermeabilização	20 anos
Substituição total do revestimento, dependendo da agressividade do meio	25, 30 ou 40 anos

Fonte: Barreira, 2016

**ANEXO II – AÇÕES E PERIODICIDADE DE MANUTENÇÃO DE UMA COBERTURA
PLANA INVERTIDA COM MEMBRANA APP E SBS E TELA DE PVC**

Manutenção	Periodicidade aconselhada
Ações de manutenção ligeiras em todos os elementos da cobertura	Anual
Ações de manutenção preventivas no sistema de proteção em asfalto	Trienal
Ações de manutenção pró-ativas (reparação de elementos danificados no sistema de drenagem, camada de proteção, impermeabilização e elementos de fixação)	Sempre que necessário
Ações de manutenção profundas (limpeza de possíveis acumulações de fungos e vegetação - aplicação de produtos fungicidas e anti vegetação própria para a cobertura) da zona corrente da cobertura, dependendo da agressividade do meio.	Anual
Ações de manutenção profundas no sistema de impermeabilização	30 anos
Inspeção com intuito de verificar a existência de anomalias e verificar o estado de conservação de toda a cobertura	Semestral
Inspeção da estrutura de suporte	Bienal
Inspeção da fixação do sistema de impermeabilização nos pontos singulares nos casos em que não é aplicado como material de proteção (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos
Inspeção do estado de conservação da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos
Inspeção do estado de conservação da camada de proteção	Anual
Inspeção do estado de conservação das uniões com o sistema de drenagem, fixadores, sobreposições e pontos singulares	Anual
Inspeção dos remates com muretes e platibandas	Anual
Inspeção e ações de manutenção da estrutura de suporte com chapas metálicas	Anual
Inspeção e ações de manutenção ligeiras dos remates	Anual
Inspeção e ações de manutenção ligeiras nas juntas de dilatação	Anual
Inspeção e ações de manutenção, com o intuito de reparar danos localizados dos elementos de proteção solar	Anual
Inspeção, ações de manutenção ligeiras e limpeza do sistema de drenagem (limpeza de detritos que poderão contribuir para um ineficaz escoamento da água)	Semestral
Inspeção, limpeza da zona corrente da cobertura	Anual
Intervenção profunda nas fixações e todo o sistema de drenagem	7 anos
Intervenções ligeiras na zona corrente da cobertura e no sistema de drenagem	Sempre que necessário
Substituição da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que o sistema de impermeabilização não é aplicado como material de proteção	40, 50 ou 60 anos
Substituição do sistema de drenagem	40 anos
Substituição do sistema de impermeabilização (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que não é aplicado como material de proteção	20, 25 ou 30 anos
Substituição do sistema de proteção (dependendo da agressividade do meio)	20, 25 ou 30 anos
Substituição global da cobertura	20 anos

Fonte: Barreira, 2016

**ANEXO III – AÇÕES E PERIODICIDADE MANUTENÇÃO DE UMA COBERTURA
PLANA TRADICIONAL COM MEMBRANA APP E SBS E TELA DE PVC**

Manutenção	Periodicidade aconselhada
Ações de manutenção ligeiras em todos os elementos da cobertura	Anual
Ações de manutenção preventivas no sistema de proteção em asfalto	Trienal
Ações de manutenção pró-ativas (reparação de elementos danificados no sistema de drenagem, camada de proteção, impermeabilização e elementos de fixação)	Sempre que necessário
Ações de manutenção profundas (limpeza de possíveis acumulações de fungos e vegetação - aplicação de produtos fungicidas e anti vegetação própria para a cobertura) da zona corrente da cobertura, dependendo da agressividade do meio.	5, 10 ou 15 anos
Ações de manutenção profundas no sistema de impermeabilização	30 anos
Inspeção com intuito de verificar a existência de anomalias e verificar o estado de conservação de toda a cobertura	Semestral
Inspeção da estrutura de suporte	Bienal
Inspeção da fixação do sistema de impermeabilização nos pontos singulares nos casos em que não é aplicado como material de proteção (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos
Inspeção do estado de conservação da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos
Inspeção do estado de conservação da camada de proteção	Anual
Inspeção do estado de conservação das uniões com o sistema de drenagem, fixadores, sobreposições e pontos singulares	Anual
Inspeção dos remates com muretes e platibandas	Anual
Inspeção e ações de manutenção da estrutura de suporte com chapas metálicas	Anual
Inspeção e ações de manutenção ligeiras dos remates	Anual
Inspeção e ações de manutenção ligeiras nas juntas de dilatação	Anual
Inspeção e ações de manutenção, com o intuito de reparar danos localizados dos elementos de proteção solar	Anual
Inspeção, ações de manutenção ligeiras e limpeza do sistema de drenagem (limpeza de detritos que poderão contribuir para um ineficaz escoamento da água)	Semestral
Inspeção, limpeza da zona corrente da cobertura	Anual
Intervenção profunda nas fixações e todo o sistema de drenagem	7 anos
Intervenções ligeiras na zona corrente da cobertura e no sistema de drenagem	Sempre que necessário
Substituição da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que o sistema de impermeabilização não é aplicado como material de proteção	40, 50 ou 60 anos
Substituição do sistema de drenagem	40 anos
Substituição do sistema de impermeabilização (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que não é aplicado como material de proteção	20, 25 ou 30 anos
Substituição do sistema de proteção (dependendo da agressividade do meio)	20, 25 ou 30 anos
Substituição global da cobertura	20 anos

Fonte: Barreira, 2016

ANEXO IV – ANEXO I DO REGULAMENTO (UE) N.º 305/2011

REQUISITOS BÁSICOS DAS OBRAS DE CONSTRUÇÃO

As obras de construção devem, no seu todo e nas partes separadas de que se compõem, estar aptas para o uso a que se destinam, tendo em conta, nomeadamente, a saúde e a segurança das pessoas nelas envolvidas durante todo o ciclo de vida da obra. As obras de construção devem satisfazer, em condições normais de manutenção, os requisitos básicos das obras de construção durante um período de vida útil economicamente razoável.

1. Resistência mecânica e estabilidade

As obras de construção devem ser concebidas e construídas de modo a que as ações a que possam estar sujeitas durante a construção e a utilização não causem:

- a) Desabamento total ou parcial da obra;
- b) Deformações importantes que atinjam um grau inadmissível;
- c) Danos em outras partes da obra de construção ou das instalações ou do equipamento instalado como resultado de deformações importantes das estruturas de suporte de carga;
- d) Danos desproporcionados relativamente ao facto que lhes deu origem.

2. Segurança contra incêndio

As obras de construção devem ser concebidas e realizadas de modo a que, no caso de se declarar um incêndio:

- a) A capacidade das estruturas de suporte de carga possa ser garantida durante um período determinado;
- b) A deflagração e a propagação do fogo e do fumo dentro da obra de construção sejam limitadas;
- c) A propagação do fogo às construções adjacentes seja limitada;
- d) Os ocupantes possam abandonar a obra de construção ou ser salvos por outros meios;
- e) A segurança das equipas de socorro seja contemplada.

3. Higiene, saúde e ambiente

As obras de construção devem ser concebidas e realizadas de modo a não causarem, durante o seu ciclo de vida, danos à higiene, à saúde e à segurança dos trabalhadores, dos ocupantes e dos vizinhos, e a não exercerem um impacto excessivamente importante, durante todo o seu ciclo de vida, na qualidade ambiental nem no clima durante a sua construção, utilização ou demolição, em consequência, nomeadamente, de:

- a) Libertação de gases tóxicos;

- b) Emissão de substâncias perigosas, de compostos orgânicos voláteis (COV), de gases com efeito de estufa ou de partículas perigosas para o ar interior ou exterior;
- c) Emissão de radiações perigosas;
- d) Libertação de substâncias perigosas em águas subterrâneas, em águas marinhas, em águas superficiais ou no solo;
- e) Libertação de substâncias perigosas na água potável ou de substâncias que tenham qualquer outro efeito negativo na água potável;
- f) Descarga deficiente de águas residuais, emissão de efluentes gasosos ou eliminação deficiente de resíduos sólidos ou líquidos;
- g) Humidade em partes ou em superfícies da obra de construção.

4. Segurança e acessibilidade na utilização

As obras de construção devem ser concebidas e realizadas de modo a não apresentarem riscos inaceitáveis de acidentes ou danos durante a sua utilização e funcionamento, como, por exemplo, riscos de escorregamento, queda, colisão, queimadura, electrocução e lesões provocadas por explosão e roubo. Em especial, as obras de construção devem ser concebidas e realizadas tendo em conta a acessibilidade e a utilização por pessoas com deficiência.

5. Proteção contra o ruído

As obras de construção devem ser concebidas e realizadas de modo a que o ruído captado pelos ocupantes ou pelas pessoas próximas se mantenha a um nível que não prejudique a sua saúde e lhes permita dormir, descansar e trabalhar em condições satisfatórias.

6. Economia de energia e isolamento térmico

As obras de construção e as suas instalações de aquecimento, arrefecimento, iluminação e ventilação devem ser concebidas e realizadas de modo a que a quantidade de energia necessária para a sua utilização seja baixa, tendo em conta os ocupantes e as condições climáticas do local. As obras de construção devem também ser eficientes em termos energéticos e utilizar o mínimo de energia possível durante a construção e desmontagem.

7. Utilização sustentável dos recursos naturais

As obras de construção devem ser concebidas, realizadas e demolidas de modo a garantir uma utilização sustentável dos recursos naturais e, em particular, a assegurar:

- a) A reutilização ou a reciclabilidade das obras de construção, dos seus materiais e das suas partes após a demolição;

- b) A durabilidade das obras de construção;
- c) A utilização, nas obras de construção, de matérias-primas e materiais secundários compatíveis com o ambiente.

ANEXO V – NUTS III DO DESPACHO 15793-F, 2013

NUTS III	Municípios
Minho-Lima	Arcos de Valdevez, Caminha, Melgaço, Monção, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Valença, Viana do Castelo, Vila Nova de Cerveira
Alto Trás-os-Montes	Alfândega da Fé, Boticas, Bragança, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Montalegre, Ribeira de Pena, Valpaços, Vila Flor, Vila Pouca de Aguiar, Vimioso, Vinhais
Cávado	Amares, Barcelos, Braga, Esposende, Terras de Bouro, Vila Verde
Ave	Cabeceiras de Basto, Fafe, Guimarães, Mondim de Basto, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Vila Nova de Famalicão, Vizela
Grande Porto	Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Valongo, Vila do Conde, Vila Nova de Gaia
Tâmega	Amarante, Baião, Castelo de Paiva, Celorico de Basto, Cinfães, Felgueiras, Lousada, Marco de Canaveses, Paços de Ferreira, Paredes, Penafiel, Resende
Douro	Alijó, Armamar, Carrazeda de Ansiães, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Mesão Frio, Moimenta da Beira, Murça, Penedono, Peso da Régua, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, São João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabuaço, Tarouca, Torre de Moncorvo, Vila Nova de Foz Coa, Vila Real
Entre Douro e Vouga	Arouca, Oliveira de Azeméis, Santa Maria da Feira, São João da Madeira, Vale de Cambra
Baixo Vouga	Águeda, Albergaria-a-Velha, Anadia, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Sever do Vouga, Vagos
Baixo Mondego	Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Mealhada, Mira, Montemor-o-Velho, Mortágua, Penacova, Soure
Beira Interior Norte	Almeida, Celorico da Beira, Figueira de Castelo Rodrigo, Guarda, Manteigas, Mêda, Pinhel, Sabugal, Trancoso
Beira Interior Sul	Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Penamacor, Vila Velha de Ródão
Cova da Beira	Belmonte, Covilhã, Fundão
Serra da Estrela	Fornos de Algodres, Gouveia, Seia
Dão - Lafões	Aguiar da Beira, Carregal do Sal, Castro Daire, Mangualde, Nelas, Oliveira de Frades, Penalva do Castelo, Santa Comba Dão, São Pedro do Sul, Sátão, Tondela, Vila Nova de Paiva, Viseu, Vouzela
Pinhal Interior Norte	Alvaiázere, Ansião, Arganil, Castanheira de Pera, Figueiró dos Vinhos, Góis, Lousã, Miranda do Corvo, Oliveira do Hospital, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penela, Tábua, Vila Nova de Poiares
Pinhal Interior Sul	Oleiros, Proença-a-Nova, Sertã, Vila de Rei
Pinhal Litoral	Batalha, Leiria, Marinha Grande, Pombal, Porto de Mós
Oeste	Alcobaça, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Nazaré, Óbidos, Peniche, Sobral de Monte Agraço, Torres Vedras
Médio Tejo	Abrantes, Alcanena, Constância, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Mação, Ourém, Sardoal, Tomar, Torres Novas, Vila Nova da Barquinha
Lezíria do Tejo	Almeirim, Alpiarça, Azambuja, Benavente, Cartaxo, Chamusca, Coruche, Golegã, Rio Maior, Salvaterra de Magos, Santarém
Grande Lisboa	Amadora, Cascais, Lisboa, Loures, Mafra, Odivelas, Oeiras, Sintra, Vila Franca de Xira
Península de Setúbal	Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Seixal, Sesimbra, Setúbal
Alto Alentejo	Alter do Chão, Arronches, Avis, Campo Maior, Castelo de Vide, Crato, Elvas, Fronteira, Gavião, Marvão, Monforte, Mora, Nisa, Ponte de Sôr, Portalegre
Alentejo Central	Alandroal, Arraiolos, Borba, Estremoz, Évora, Montemor-o-Novo, Mourão, Portel, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Sousel, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vila Viçosa
Alentejo Litoral	Alcácer do Sal, Grândola, Odemira, Santiago do Cacém, Sines

ANEXO V

Baixo Alentejo	Aljustrel, Almodôvar, Alvito, Barrancos, Beja, Castro Verde, Cuba, Ferreira do Alentejo, Mértola, Moura, Ourique, Serpa, Vidigueira
Algarve	Albufeira, Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Faro, Lagoa, Lagos, Loulé, Monchique, Olhão, Portimão, S. Brás de Alportel, Silves, Tavira, Vila do Bispo, Vila Real de Santo António
Região Autónoma dos Açores	Vila do Porto, Lagoa, Nordeste, Ponta Delgada, Povoação, Ribeira Grande, Vila Franca do Campo, Angra do Heroísmo, Praia da Vitória, Santa Cruz da Graciosa, Calheta, Velas, Lajes do Pico, Madalena, São Roque do Pico, Horta, Lajes das Flores, Santa Cruz das Flores, Vila do Corvo
Região Autónoma da Madeira	Calheta, Câmara de Lobos, Funchal, Machico, Ponta do Sol, Porto Moniz, Ribeira Brava, Santa Cruz, Santana, São Vicente, Porto Santo

**ANEXO VI – VALORES DO NÚMERO DE GRAUS-DIAS EXTRATO DO DESPACHO
15793-F, 2013**

	GD	
	REF °C	a °C/km
Minho-Lima	1629	1500
Alto Trás-os-Montes	2015	1400
Cávado	1491	1300
Ave	1653	1500
Grande Porto	1250	1600
Tâmega	1570	1600
Douro	1764	1400
Entre Douro e Vouga	1544	1400
Baixo Vouga	1337	1100
Baixo Mondego	1304	1000
Beira Interior Norte	1924	1000
Beira Interior Sul	1274	1800
Cova da Beira	1687	1400
Serra da Estrela	1851	1600
Dão - Lafões	1702	1900
Pinhal Interior Norte	1555	1600
Pinhal Interior Sul	1511	1500
Pinhal Litoral	1323	1900
Oeste	1165	2200
Médio Tejo	1330	1300
Lezíria do Tejo	1135	2700
Grande Lisboa	1071	1700
Península de Setúbal	1045	1500
Alto Alentejo	1221	1200
Alentejo Central	1150	1100
Alentejo Litoral	1089	1100
Baixo Alentejo	1068	1000
Algarve	987	1800
Região Autónoma dos Açores	604	1500
Região Autónoma da Madeira	618	1500

**ANEXO VII – VALORES DE TEMPERATURA EXTERIOR MÉDIA EXTRATO DO
DESPACHO 15793-F, 2013**

	$\theta_{ext,v}$	
	REF °C	a °C/km
Minho-Lima	20,5	-4
Alto Trás-os-Montes	21,1	-7
Cávado	20,7	-3
Ave	20,8	-3
Grande Porto	20,9	0
Tâmega	21,4	-3
Douro	22,7	-6
Entre Douro e Vouga	20,6	-3
Baixo Vouga	20,6	-2
Baixo Mondego	20,9	0
Beira Interior Norte	21,7	-5
Beira Interior Sul	25,3	-7
Cova da Beira	22,5	-6
Serra da Estrela	21,0	-4
Dão - Lafões	21,2	-3
Pinhal Interior Norte	21,2	-2
Pinhal Interior Sul	22,4	-3
Pinhal Litoral	20,1	-2
Oeste	21,0	0
Médio Tejo	22,1	-7
Lezíria do Tejo	23,1	-6
Grande Lisboa	21,7	-10
Península de Setúbal	22,8	-5
Alto Alentejo	24,5	0
Alentejo Central	24,3	0
Alentejo Litoral	22,2	0
Baixo Alentejo	24,7	0
Algarve	23,1	0
Região Autónoma dos Açores	21,3	-6
Região Autónoma da Madeira	20,2	-6

**ANEXO VIII – CÁLCULO CUSTO DE CONSTRUÇÃO – COBERTURA PLANA
INVERTIDA COM MEMBRANA BETUMINOSA SBS**

Ud	Descrição	Rendimento	CYPE		Estudo do mercado	
			Preço unitário	Importância	Preço unitário	Importância
Ud	Tijolo cerâmico furado duplo, para revestir. 30 x 20 x 9 cm.	4.00	0.11 €	0.44 €	0.16 €	0.64 €
m ³	Argila expandida, fornecida em sacos Big Bag.	0.11	125.69 €	13.20 €	54.80 €	5.75 €
kg	Cimento Portland CEM II/B-L 32.5 R, cor cinzento, em sacos.	25.00	0.10 €	2.50 €	0.09 €	2.34 €
m ³	Água.	0.01	1.50 €	0.02 €	0.69 €	0.01 €
m ²	Painel rígido de poliestireno expandido. 20 mm	0.01	1.34 €	0.01 €	1.34 €	0.01 €
t	Areia de betão.	0.03	18.00 €	0.59 €	11.02 €	0.36 €
m ²	Membrana de betume modificado com elastómero SBS.	1.10	5.04 €	5.54 €	3.60 €	3.96 €
m ²	Membrana de betume modificado com elastómero SBS.	1.10	5.04 €	5.54 €	3.60 €	3.96 €
kg	Emulsão asfáltica aniónica com cargas.	0.30	1.72 €	0.52 €	1.80 €	0.54 €
m ²	Geotêxtil não tecido composto por fibras de poliéster entrelaçadas, 150 g/m ² .	1.05	0.56 €	0.59 €	0.72 €	0.76 €
m ²	Painel rígido de poliestireno extrudido. 40 mm	1.05	4.43 €	4.65 €	3.12 €	3.28 €
m ²	Geotêxtil não tecido composto por fibras de poliéster entrelaçadas, 200 g/m ² .	1.05	0.73 €	0.77 €	0.87 €	0.91 €
t	Seixos rolados de 16 a 32 mm de diâmetro.	0.18	28.00 €	5.04 €	86.09 €	15.50 €
h	Betoneira.	0.09	1.68 €	0.15 €	1.68 €	0.15 €
h	Oficial de 1ª construção.	0.32	16.41 €	5.32 €	8.24 €	2.67 €
h	Operário não qualificado construção.	0.50	15.38 €	7.63 €	4.43 €	2.20 €
h	Oficial de 1ª aplicador de lâminas impermeabilizantes.	0.23	16.41 €	3.71 €	8.24 €	1.86 €
h	Ajudante de aplicador de lâminas impermeabilizantes.	0.23	16.04 €	3.63 €	4.43 €	1.00 €
h	Oficial de 1ª montador de isolamentos.	0.05	16.96 €	0.92 €	8.24 €	0.44 €
h	Ajudante de montador de isolamentos.	0.05	16.04 €	0.87 €	4.43 €	0.24 €
%	Custos diretos complementares	0.02	60.67 €	1.21 €	60.67 €	1.21 €
Custo de manutenção decenal: 15,47€ nos primeiros 10 anos.			Total:	62.83 €	Total:	47.80 €

**ANEXO IX – CÁLCULO CUSTO DE CONSTRUÇÃO – COBERTURA PLANA
INVERTIDA COM MEMBRANA BETUMINOSA APP**

Ud	Descrição	Rendimento.	CYPE		Estudo do mercado	
			Preço unitário	Importância	Preço unitário	Importância
Ud	Tijolo cerâmico furado duplo, para revestir. 30 x 20 x 9 cm.	4.00	0.11 €	0.44 €	0.16 €	0.64 €
m ³	Argila expandida, fornecida em sacos Big-Bag.	0.11	125.69 €	13.20 €	54.80 €	5.75 €
kg	Cimento Portland CEM II/B-L 32.5 R. cor cinzento. em sacos.	25.00	0.10 €	2.50 €	0.09 €	2.34 €
m ³	Água.	0.01	1.50 €	0.02 €	0.69 €	0.01 €
m ²	Painel rígido de poliestireno expandido.	0.01	1.34 €	0.01 €	1.34 €	0.01 €
t	Areia de betão.	0.03	18.00 €	0.59 €	11.02 €	0.36 €
m ²	Membrana de betume modificado com plastómero APP.	1.10	3.52 €	3.87 €	1.80 €	1.98 €
m ²	Membrana de betume modificado com plastómero APP.	1.10	3.52 €	3.87 €	1.80 €	1.98 €
kg	Emulsão asfáltica aniónica com cargas.	0.30	1.72 €	0.52 €	1.80 €	0.54 €
m ²	Geotêxtil não tecido composto por fibras de poliéster entrelaçadas, 150 g/m ² .	1.05	0.56 €	0.59 €	0.72 €	0.76 €
m ²	Painel rígido de poliestireno extrudido.	1.05	4.43 €	4.65 €	3.12 €	3.28 €
m ²	Geotêxtil não tecido composto por fibras de poliéster entrelaçadas, 200 g/m ² .	1.05	0.73 €	0.77 €	0.87 €	0.91 €
t	Seixos rolados de 16 a 32 mm de diâmetro.	0.18	28.00 €	5.04 €	86.09 €	15.50 €
h	Betoneira.	0.09	1.68 €	0.15 €	1.68 €	0.15 €
h	Oficial de 1ª construção.	0.32	16.41 €	5.32 €	8.24 €	2.67 €
h	Operário não qualificado construção.	0.50	15.38 €	7.63 €	4.43 €	2.20 €
h	Oficial de 1ª aplicador de lâminas impermeabilizantes.	0.23	16.41 €	3.71 €	8.24 €	1.86 €
h	Ajudante de aplicador de lâminas impermeabilizantes.	0.23	16.04 €	3.63 €	4.43 €	1.00 €
h	Oficial de 1ª montador de isolamentos.	0.05	16.96 €	0.92 €	8.24 €	0.44 €
h	Ajudante de montador de isolamentos.	0.05	16.04 €	0.87 €	4.43 €	0.24 €
%	Custos diretos complementares	2%	59.03 €	1.18 €	59.03	1.18 €
Custo de manutenção decenal: 15,05€ nos primeiros 10 anos.			Total:	59.46 €	Total:	43.81 €

**ANEXO X – CÁLCULO CUSTO DE CONSTRUÇÃO – COBERTURA PLANA
TRADICIONAL COM MEMBRANA BETUMINOSA SBS**

Ud	Descrição	Rendimento	CYPE		Estudo do mercado	
			Preço unitário	Importância	Preço unitário2	Importância3
Ud	Tijolo cerâmico furado duplo, para revestir. 30x20x9 cm.	4.00	0.11 €	0.44 €	0.16 €	0.64 €
m³	Argila expandida, fornecida em sacos Big Bag.	0.11	125.69 €	13.20 €	54.80 €	5.75 €
kg	Cimento Portland CEM II/B-L 32.5 R, cor cinzento, em sacos.	25.00	0.10 €	2.50 €	0.09 €	2.34 €
m³	Água.	0.01	1.50 €	0.02 €	0.69 €	0.01 €
m²	Painel rígido de poliestireno expandido.	0.01	1.34 €	0.01 €	1.34 €	0.01 €
t	Areia de betão	0.03	18.00 €	0.59 €	11.02 €	0.36 €
m²	Painel rígido de lã mineral soldável hidrófuga. de 50 mm de espessura.	1.05	14.67 €	15.40 €	14.63 €	15.36 €
m²	Membrana de betume modificado com elastómero SBS, com autoproteção mineral	1.10	6.94 €	7.63 €	5.44 €	5.98 €
m²	Membrana de betume modificado com elastómero SBS.	1.10	4.15 €	4.57 €	3.60 €	3.96 €
h	Betoneira.	0.09	1.68 €	0.15 €	1.68 €	0.15 €
h	Oficial de 1ª construção.	0.16	16.41 €	2.66 €	8.24 €	1.33 €
h	Operário não qualificado construção.	0.33	15.38 €	5.14 €	4.43 €	1.48 €
h	Oficial de 1ª aplicador de lâminas impermeabilizantes.	0.18	16.41 €	3.00 €	8.24 €	1.51 €
h	Ajudante de aplicador de lâminas impermeabilizantes.	0.18	16.04 €	2.94 €	4.43 €	0.81 €
h	Oficial de 1ª montador de isolamentos.	0.05	16.96 €	0.92 €	8.24 €	0.44 €
h	Ajudante de montador de isolamentos.	0.05	16.04 €	0.87 €	4.43 €	0.24 €
%	Custos diretos complementares	2%	60.04 €	1.20 €	60.04 €	1.20 €
Custo de manutenção decenal: 17.15€ nos primeiros 10 anos.			Total:	61.23 €		41.59 €

**ANEXO XI – CÁLCULO CUSTO DE CONSTRUÇÃO – COBERTURA PLANA
INVERTIDA COM TELA DE PVC**

Ud	Descrição	Rendimento	CYPE		Estudo do mercado	
			Preço unitário	Importância	Preço unitário	Importância
Ud	Tijolo cerâmico furado duplo, para revestir, 30x20x9 cm.	4.00	0.11 €	0.44 €	0.16 €	0.64 €
m³	Argila expandida, fornecida em sacos Big Bag.	0.11	125.69 €	13.20 €	54.80 €	5.75 €
kg	Cimento Portland CEM II/B-L 32.5 R. cor cinzento. em sacos.	25.00	0.10 €	2.50 €	0.09 €	2.34 €
m³	Água.	0.01	1.50 €	0.02 €	0.69 €	0.01 €
m²	Painel rígido de poliestireno expandido.	0.01	1.34 €	0.01 €	1.34 €	0.01 €
t	Areia de pedreira. para argamassa preparada em obra.	0.03	18.00 €	0.59 €	11.02 €	0.36 €
m²	Geotêxtil não tecido composto por fibras de poliéster entrelaçadas, 300 g/m².	2.10	1.23 €	2.58 €	1.35 €	2.84 €
m²	Lâmina impermeabilizante flexível de PVC-P.	1.05	8.35 €	8.77 €	9.20 €	9.66 €
m	Perfil colaminado de chapa de aço e PVC-P	0.40	2.80 €	1.12 €	2.80 €	1.12 €
m²	Painel rígido de poliestireno extrudido.	1.05	4.43 €	4.65 €	3.12 €	3.28 €
m²	Geotêxtil não tecido composto por fibras de poliéster entrelaçadas, 200 g/m².	1.05	0.73 €	0.77 €	0.87 €	0.91 €
t	Seixos rolados de 16 a 32 mm de diâmetro.	0.18	28.00 €	5.04 €	86.09 €	15.50 €
h	Betoneira.	0.09	1.68 €	0.15 €	1.68 €	0.15 €
h	Oficial de 1ª construção.	0.32	16.41 €	5.32 €	8.24 €	2.67 €
h	Operário não qualificado construção.	0.50	15.38 €	7.63 €	4.43 €	2.20 €
h	Oficial de 1ª aplicador de lâminas impermeabilizantes.	0.19	16.41 €	3.18 €	8.24 €	1.60 €
h	Ajudante de aplicador de lâminas impermeabilizantes.	0.19	16.04 €	3.11 €	4.43 €	0.86 €
h	Oficial de 1ª montador de isolamentos.	0.05	16.96 €	0.92 €	8.24 €	0.44 €
h	Ajudante de montador de isolamentos.	0.05	16.04 €	0.87 €	4.43 €	0.24 €
%	Custos diretos complementares	2%	60.87 €	1.22 €	60.87 €	1.22 €
Custo de manutenção decenal: 15.52€ nos primeiros 10 anos.			Total:	62.09	Total:	51.79 €

**ANEXO XII - CÁLCULO CUSTO DE CONSTRUÇÃO – COBERTURA INCLINADA
REVESTIDA A TELHA CERÂMICA**

Ud	Descrição	Rendimento	CYPE		Estudo do mercado (telha com garantia de 10 anos)		Estudo do mercado (telha com garantia de 35 anos)	
			Preço unitário	Importância	Preço unitário	Importância	Preço unitário	Importância
m ³	Água.	0.01	1.50 €	0.01 €	0.69 €	0.00 €	0.69 €	0.00 €
t	Areia de betão	0.03	18.00 €	0.59 €	11.02 €	0.36 €	11.02 €	0.36 €
kg	Cimento Portland CEM II/B-L 32,5 R, cor cinzento, em sacos.	5.00	0.10 €	0.50 €	0.09 €	0.47 €	0.09 €	0.47 €
m ²	Painel rígido de poliestireno extrudido.	1.52	5.43 €	8.25 €	3.12 €	4.74 €	3.12 €	4.74 €
Ud	Fixação mecânica para painéis isolantes de poliestireno extrudido.	2.50	0.19 €	0.48 €	0.19 €	0.48 €	0.19 €	0.48 €
m	Ripa de madeira de pinho.	3.00	0.47 €	1.41 €	0.47 €	1.41 €	0.47 €	1.41 €
Ud	Parafuso para fixação de ripa.	6.00	0.11 €	0.66 €	0.11 €	0.66 €	0.11 €	0.66 €
Ud	Telha lusa cerâmica, 43x26 cm, cor vermelho.	12.00	0.45 €	5.40 €	0.60 €	7.20 €	0.83 €	9.96 €
Ud	Peça cerâmica de cumeeira, para telhas lusa, cor vermelho.	0.32	1.60 €	0.51 €	1.18 €	0.38 €	1.27 €	0.41 €
Ud	Telha de beirado cerâmica, lusa, cor vermelho.	0.40	1.94 €	0.78 €	0.94 €	0.38 €	1.27 €	0.51 €
Ud	Peça cerâmica de remate lateral, para telhas lusa, cor vermelho.	1.51	1.60 €	2.42 €	0.33 €	0.50 €	0.36 €	0.54 €
Ud	Telha de ventilação cerâmica, lusa, cor vermelho.	0.10	3.10 €	0.31 €	4.30 €	0.43 €	4.30 €	0.43 €
h	Oficial de 1ª construção.	0.81	16.41 €	13.29 €	8.24 €	6.67 €	8.24 €	6.67 €
h	Operário não qualificado construção.	0.81	15.38 €	12.46 €	4.43 €	3.59 €	4.43 €	3.59 €
%	Custos diretos complementares	2%	44.55 €	0.89 €	44.55 €	0.89 €	44.55 €	0.89 €
Custo de manutenção decenal: 15,00€ nos primeiros 10 anos.			Total:	47.96 €		28.16 €		31.12 €

**ANEXO XIII - CÁLCULO CUSTO DE CONSTRUÇÃO – COBERTURA INCLINADA
REVESTIDA A CHAPA METÁLICA**

Ud	Descrição	Rendimento	CYPE		Estudo do mercado	
			Preço unitário	Importância	Preço unitário	Importância
m ²	Chapa perfilada de aço pré-lacado, espessura 0,6 mm.	1.100	5.39 €	5.93 €	4.42 €	4.87 €
Ud	Parafuso auto-roscante de 6,5x70 mm de aço inoxidável, com anilha.	3.000	0.50 €	1.50 €	0.29 €	0.87 €
h	Oficial de 1ª montador de painéis metálicos.	0.151	16.96 €	2.56 €	8.24 €	1.24 €
h	Ajudante de montador de painéis metálicos.	0.151	16.04 €	2.42 €	4.43 €	0.67 €
%	Custos diretos complementares	2%	12.41 €	0.25 €	12.41 €	0.25 €
Custo de manutenção decenal: 3,67€ nos primeiros 10 anos.			Total:	12.66 €	Total:	7.90 €

ANEXO XIV - CÁLCULO DE FIM DE VIDA DAS COBERTURAS

Demolição de cobertura plana invertida						
Ud	Descrição	Rendimento	CYPE		Estudo do mercado	
			Preço unitário	Importância	Preço unitário	Importância
h	Martelo pneumático.	0.114	4.08 €	0.47 €	4.08 €	0.47 €
h	Compressor portátil diesel média pressão 10 m ³ /min.	0.114	6.92 €	0.79 €	6.92 €	0.79 €
h	Operário especializado construção.	0.123	15.87 €	1.95 €	8.24 €	1.01 €
h	Operário não qualificado construção.	0.872	15.38 €	13.41 €	4.43 €	3.87 €
%	Custos diretos complementares	2%	16.62 €	0.33 €	16.62 €	0.33 €
			Total:	16.95 €	Total:	6.47 €

Demolição de cobertura plana tradicional						
Ud	Descrição	Rendimento	CYPE		Estudo do mercado	
			Preço unitário	Importância	Preço unitário	Importância
h	Martelo pneumático.	0.114	4.08 €	0.47 €	4.08 €	0.47 €
h	Compressor portátil diesel média pressão 10 m ³ /min.	0.114	6.92 €	0.79 €	6.92 €	0.79 €
h	Operário especializado construção.	0.123	15.87 €	1.95 €	8.24 €	1.01 €
h	Operário não qualificado construção.	0.749	15.38 €	11.52 €	4.43 €	3.32 €
%	Custos diretos complementares	2%	16.62 €	0.33 €	16.62 €	0.33 €
			Total:	15.06 €	Total:	5.92 €

Desmontagem de revestimento de telhas em cobertura inclinada						
Ud	Descrição	Rendimento	CYPE		Estudo do mercado	
			Preço unitário	Importância	Preço unitário	Importância
h	Oficial de 1 ^a construção.	0.135	16.41 €	2.22 €	8.24 €	1.11 €
h	Operário não qualificado construção.	0.606	15.38 €	9.32 €	4.43 €	2.69 €
%	Custos diretos complementares	2%	11.54 €	0.23 €	11.54 €	0.23 €
			Total:	11.77 €	Total:	4.03 €

Desmontagem de revestimento de chapas de aço em cobertura inclinada						
Ud	Descrição	Rendimentos	Preço unitário	Importância	Preço unitário	Preço unitário
h	Operário não qualificado construção.	0.412	15.38 €	6.34 €	4.43 €	1.83 €
%	Custos diretos complementares	2%	6.34 €	0.13 €	6.34 €	0.13 €
			Total:	6.46 €	Total:	1.95 €

**ANEXO XV – CÁLCULO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO DE COBERTURA PLANA
INVERTIDA COM MEMBRANA SBS**

Manutenção	Periodicidade aconselhada	Periodicidade	Custo Unitário/m2	Custo/frequência	Frequência	CM/m2	CM
Ações de manutenção ligeiras em todos os elementos da cobertura	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Ações de manutenção preventivas no sistema de proteção em asfalto	Trienal	3 anos	0.11 €	55.00 €	33	3.63 €	1.815.00 €
Ações de manutenção pró-ativas (reparação de elementos danificados no sistema de drenagem, camada de proteção, impermeabilização e elementos de fixação)	Sempre que necessário	5 anos	0.11 €	55.00 €	19	2.09 €	1.045.00 €
Ações de manutenção profundas (limpeza de possíveis acumulações de fungos e vegetação - aplicação de produtos fungicidas e anti vegetação própria para a cobertura) da zona corrente da cobertura, dependendo da agressividade do meio.	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Ações de manutenção profundas no sistema de impermeabilização	30 anos	30 anos	0.11 €	55.00 €	3	0.33 €	165.00 €
Inspeção com intuito de verificar a existência de anomalias e verificar o estado de conservação de toda a cobertura	Semestral	Semestral	0.11 €	55.00 €	199	21.89 €	10.945.00 €
Inspeção da estrutura de suporte	Bienal	2 anos	0.11 €	55.00 €	49	5.39 €	2.695.00 €
Inspeção da fixação do sistema de impermeabilização nos pontos singulares nos casos em que não é aplicado como material de proteção (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos	10 anos	0.11 €	55.00 €	9	0.99 €	495.00 €
Inspeção do estado de conservação da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos	10 anos	0.11 €	55.00 €	9	0.99 €	495.00 €
Inspeção do estado de conservação da camada de proteção	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção do estado de conservação das uniões com o sistema de drenagem, fixadores, sobreposições e pontos singulares	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção dos remates com muretes e platibandas	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção e ações de manutenção da estrutura de suporte com chapas metálicas	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €

ANEXO XV

Inspeção e ações de manutenção ligeiras dos remates	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção e ações de manutenção ligeiras nas juntas de dilatação	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção e ações de manutenção, com o intuito de reparar danos localizados dos elementos de proteção solar	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Inspeção, ações de manutenção ligeiras e limpeza do sistema de drenagem (limpeza de detritos que poderão contribuir para um ineficaz escoamento da água)	Semestral	Semestral	0.11 €	55.00 €	199	21.89 €	10.945.00 €
Inspeção, limpeza da zona corrente da cobertura	Anual	1 ano	0.11 €	55.00 €	99	10.89 €	5.445.00 €
Intervenção profunda nas fixações e todo o sistema de drenagem	7 anos	7 anos	0.11 €	55.00 €	14	1.54 €	770.00 €
Intervenções ligeiras na zona corrente da cobertura e no sistema de drenagem	Sempre que necessário	5 anos	0.11 €	55.00 €	19	2.09 €	1.045.00 €
Substituição da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que o sistema de impermeabilização não é aplicado como material de proteção	40, 50 ou 60 anos	30 anos	9.56 €	4.780.00 €	3	28.68 €	14.340.00 €
Substituição do sistema de drenagem	40 anos	30 anos	9.56 €	4.780.00 €	3	28.68 €	14.340.00 €
Substituição do sistema de impermeabilização (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que não é aplicado como material de proteção	20, 25 ou 30 anos	30 anos	9.56 €	4.780.00 €	3	28.68 €	14.340.00 €
Substituição do sistema de proteção (dependendo da agressividade do meio)	20, 25 ou 30 anos	30 anos	9.56 €	4.780.00 €	3	28.68 €	14.340.00 €
Substituição global da cobertura	20 anos	30 anos	9.56 €	4.780.00 €	3	28.68 €	14.340.00 €
			50.00 €	25.000.00 €		313.13 €	156.565.00 €

**ANEXO XVI – CÁLCULO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO DE COBERTURA
INCLINADA REVESTIDA A TELHA CERÂMICA COM GARANTIA DE FABRICANTE
DE 10 ANOS**

Manutenção	Periodicidade aconselhada	Periodicidade	Custo Unitário/m2	Custo/frequência	Frequência	CM/m2	CM
Ações de intervenção profunda do sistema de ventilação	15 anos	15 anos	0.17 €	83.33 €	6	1.00 €	500.00 €
Ações de manutenção corretivas (reparação / substituição de elementos do revestimento e de fixação danificados)	Sempre que necessário	5 anos	0.17 €	83.33 €	19	3.17 €	1.583.33 €
Ações de manutenção de coberturas em telha cerâmica e a camada de impermeabilização, dependendo da agressividade do meio	10, 15 ou 20 anos	15 anos	0.17 €	83.33 €	6	1.00 €	500.00 €
Ações de manutenção ligeiras (reparações pontuais)	5 anos	5 anos	0.17 €	83.33 €	19	3.17 €	1.583.33 €
Ações de manutenção ligeiras dos revestimentos e remates da cobertura (eliminação de verdete, vegetação parasitaria, fungos e outros detritos suscetíveis de degradação da cobertura)	1 ou 2 anos	2 anos	0.17 €	83.33 €	49	8.17 €	4.083.33 €
Ações de manutenção na estrutura de suporte em madeira	25 anos	25 anos	0.17 €	83.33 €	3	0.50 €	250.00 €
Ações de reparação / substituição da estrutura de suporte, dependendo da agressividade do meio	30, 40 ou 50 anos	40 anos	0.17 €	83.33 €	2	0.33 €	166.67 €
Aplicação de proteção contra a corrosão nos revestimentos em chapa metálica, dependendo da agressividade do meio	10, 15 ou 20 anos	15 anos	0.17 €	83.33 €	6	1.00 €	500.00 €
Inspeção da estrutura de suporte em madeira, com o intuito de verificar a sua estabilidade e estado de conservação - efetuar ações de manutenção ligeiras.	10 anos	10 anos	0.17 €	83.33 €	9	1.50 €	750.00 €
Inspeção da estrutura de suporte, com o intuito de verificar a existência de deformações, humidade, desprendimentos e ataque de organismos.	Bienal	2 anos	0.17 €	83.33 €	49	8.17 €	4.083.33 €
Inspeção das juntas de dilatação	Bienal	2 anos	0.17 €	83.33 €	49	8.17 €	4.083.33 €
Inspeção de controlo da zona corrente da cobertura	Anual	1 ano	0.17 €	83.33 €	99	16.50 €	8.250.00 €
Inspeção do estado de conservação do sistema de drenagem	Anual	1 ano	0.17 €	83.33 €	99	16.50 €	8.250.00 €

ANEXO XVI

Inspeção e ações de manutenção pró-ativas de elementos de fixação	Anual	1 ano	0.17 €	83.33 €	99	16.50 €	8.250.00 €
Inspeção e limpeza do sistema de drenagem	Semestral	Semestral	0.17 €	83.33 €	199	33.17 €	16.583.33 €
Inspeção e possível desobstrução dos pontos de ventilação	Semestral	Semestral	0.17 €	83.33 €	199	33.17 €	16.583.33 €
Inspeção e possível reforço das fixações degradadas, inspeção pormenorizada de todo o revestimento, bem como as ações de manutenção profundas (reparação / substituição de revestimento)	15 anos	15 anos	0.17 €	83.33 €	6	1.00 €	500.00 €
Inspeção e reforço das claraboias e pontos singulares	5 anos	5 anos	0.17 €	83.33 €	19	3.17 €	1.583.33 €
Inspeção geral de controlo.	Anual	1 ano	0.17 €	83.33 €	99	16.50 €	8.250.00 €
Intervenção profunda nas fixações e todo o sistema de drenagem	7 anos	7 anos	0.17 €	83.33 €	14	2.33 €	1.166.67 €
Reparação das juntas de dilatação que apresentam um estado de degradação	Sempre que necessário	15 anos	5.63 €	2.816.00 €	6	33.79 €	16.896.00 €
Reparação dos elementos de drenagem	Sempre que necessário	15 anos	5.63 €	2.816.00 €	6	33.79 €	16.896.00 €
Substituição do sistema de drenagem	40 anos	15 anos	5.63 €	2.816.00 €	6	33.79 €	16.896.00 €
Substituição do sistema de impermeabilização	20 anos	15 anos	5.63 €	2.816.00 €	6	33.79 €	16.896.00 €
Substituição total do revestimento, dependendo da agressividade do meio	20, 25 ou 35 anos	15 anos	5.63 €	2.816.00 €	6	33.79 €	16.896.00 €
			31.49 €	15.746.67 €		343.96 €	171.980.00 €

**ANEXO XVII – CÁLCULO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO DE COBERTURA
INCLINADA REVESTIDA A TELHA CERÂMICA COM GARANTIA DE FABRICANTE
DE 35 ANOS**

Manutenção	Periodicidade aconselhada	Periodicidade	Custo Unitário/m2	Custo/frequência	Frequência	CM/m2	CM
Ações de intervenção profunda do sistema de ventilação	15 anos	15 anos	0.17 €	83.33 €	6	1.00 €	500.00 €
Ações de manutenção corretivas (reparação / substituição de elementos do revestimento e de fixação danificados)	Sempre que necessário	5 anos	0.17 €	83.33 €	19	3.17 €	1.583.33 €
Ações de manutenção de coberturas em telha cerâmica e a camada de impermeabilização, dependendo da agressividade do meio	10, 15 ou 20 anos	15 anos	0.17 €	83.33 €	6	1.00 €	500.00 €
Ações de manutenção ligeiras (reparações pontuais)	5 anos	5 anos	0.17 €	83.33 €	19	3.17 €	1.583.33 €
Ações de manutenção ligeiras dos revestimentos e remates da cobertura (eliminação de verdete, vegetação parasitaria, fungos e outros detritos suscetíveis de degradação da cobertura)	1 ou 2 anos	2 anos	0.17 €	83.33 €	49	8.17 €	4.083.33 €
Ações de manutenção na estrutura de suporte em madeira	25 anos	25 anos	0.17 €	83.33 €	3	0.50 €	250.00 €
Ações de reparação / substituição da estrutura de suporte, dependendo da agressividade do meio	30, 40 ou 50 anos	40 anos	0.17 €	83.33 €	2	0.33 €	166.67 €
Aplicação de proteção contra a corrosão nos revestimentos em chapa metálica, dependendo da agressividade do meio	10, 15 ou 20 anos	15 anos	0.17 €	83.33 €	6	1.00 €	500.00 €
Inspeção da estrutura de suporte em madeira, com o intuito de verificar a sua estabilidade e estado de conservação - efetuar ações de manutenção ligeiras.	10 anos	10 anos	0.17 €	83.33 €	9	1.50 €	750.00 €
Inspeção da estrutura de suporte, com o intuito de verificar a existência de deformações, humidade, desprendimentos e ataque de organismos.	Bienal	2 anos	0.17 €	83.33 €	49	8.17 €	4.083.33 €
Inspeção das juntas de dilatação	Bienal	2 anos	0.17 €	83.33 €	49	8.17 €	4.083.33 €
Inspeção de controlo da zona corrente da cobertura	Anual	1 ano	0.17 €	83.33 €	99	16.50 €	8.250.00 €
Inspeção do estado de conservação do sistema de drenagem	Anual	1 ano	0.17 €	83.33 €	99	16.50 €	8.250.00 €

ANEXO XVII

Inspeção e ações de manutenção pró-ativas de elementos de fixação	Anual	1 ano	0.17 €	83.33 €	99	16.50 €	8.250.00 €
Inspeção e limpeza do sistema de drenagem	Semestral	Semestral	0.17 €	83.33 €	199	33.17 €	16.583.33 €
Inspeção e possível desobstrução dos pontos de ventilação	Semestral	Semestral	0.17 €	83.33 €	199	33.17 €	16.583.33 €
Inspeção e possível reforço das fixações degradadas, inspeção pormenorizada de todo o revestimento, bem como as ações de manutenção profundas (reparação / substituição de revestimento)	15 anos	15 anos	0.17 €	83.33 €	6	1.00 €	500.00 €
Inspeção e reforço das claraboias e pontos singulares	5 anos	5 anos	0.17 €	83.33 €	19	3.17 €	1.583.33 €
Inspeção geral de controlo.	Anual	1 ano	0.17 €	83.33 €	99	16.50 €	8.250.00 €
Intervenção profunda nas fixações e todo o sistema de drenagem	7 anos	7 anos	0.17 €	83.33 €	14	2.33 €	1.166.67 €
Reparação das juntas de dilatação que apresentam um estado de degradação	Sempre que necessário	50 anos	6.22 €	3.112.00 €	1	6.22 €	3.112.00 €
Reparação dos elementos de drenagem	Sempre que necessário	50 anos	6.22 €	3.112.00 €	1	6.22 €	3.112.00 €
Substituição do sistema de drenagem	40 anos	50 anos	6.22 €	3.112.00 €	1	6.22 €	3.112.00 €
Substituição do sistema de impermeabilização	20 anos	50 anos	6.22 €	3.112.00 €	1	6.22 €	3.112.00 €
Substituição total do revestimento, dependendo da agressividade do meio	20, 25 ou 35 anos	50 anos	6.22 €	3.112.00 €	1	6.22 €	3.112.00 €
			34.45 €	17.226.67 €		206.12 €	103.060.00 €

**ANEXO XVIII – CÁLCULO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO DE COBERTURA
PLANA INVERTIDA COM TELA DE PVC**

Manutenção	Periodicidade aconselhada	Periodicidade	Custo Unitário/m2	Custo/frequência	Frequência	CM/m2	CM
Ações de manutenção ligeiras em todos os elementos da cobertura	Anual	1 ano	0.11 €	54.96 €	99	10.88 €	5.441.41 €
Ações de manutenção preventivas no sistema de proteção em asfalto	Trienal	3 anos	0.11 €	54.96 €	33	3.63 €	1.813.80 €
Ações de manutenção pró-ativas (reparação de elementos danificados no sistema de drenagem, camada de proteção, impermeabilização e elementos de fixação)	Sempre que necessário	5 anos	0.11 €	54.96 €	19	2.09 €	1.044.31 €
Ações de manutenção profundas (limpeza de possíveis acumulações de fungos e vegetação - aplicação de produtos fungicidas e anti vegetação própria para a cobertura) da zona corrente da cobertura, dependendo da agressividade do meio.	Anual	1 ano	0.11 €	54.96 €	99	10.88 €	5.441.41 €
Ações de manutenção profundas no sistema de impermeabilização	30 anos	30 anos	0.11 €	54.96 €	3	0.33 €	164.89 €
Inspeção com intuito de verificar a existência de anomalias e verificar o estado de conservação de toda a cobertura	Semestral	Semestral	0.11 €	54.96 €	199	21.88 €	10.937.79 €
Inspeção da estrutura de suporte	Bienal	2 anos	0.11 €	54.96 €	49	5.39 €	2.693.22 €
Inspeção da fixação do sistema de impermeabilização nos pontos singulares nos casos em que não é aplicado como material de proteção (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos	10 anos	0.11 €	54.96 €	9	0.99 €	494.67 €
Inspeção do estado de conservação da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos	10 anos	0.11 €	54.96 €	9	0.99 €	494.67 €
Inspeção do estado de conservação da camada de proteção	Anual	1 ano	0.11 €	54.96 €	99	10.88 €	5.441.41 €
Inspeção do estado de conservação das uniões com o sistema de drenagem, fixadores, sobreposições e pontos singulares	Anual	1 ano	0.11 €	54.96 €	99	10.88 €	5.441.41 €
Inspeção dos remates com muretes e platibandas	Anual	1 ano	0.11 €	54.96 €	99	10.88 €	5.441.41 €

ANEXO XVIII

Inspeção e ações de manutenção da estrutura de suporte com chapas metálicas	Anual	1 ano	0.11 €	54.96 €	99	10.88 €	5.441.41 €
Inspeção e ações de manutenção ligeiras dos remates	Anual	1 ano	0.11 €	54.96 €	99	10.88 €	5.441.41 €
Inspeção e ações de manutenção ligeiras nas juntas de dilatação	Anual	1 ano	0.11 €	54.96 €	99	10.88 €	5.441.41 €
Inspeção e ações de manutenção, com o intuito de reparar danos localizados dos elementos de proteção solar	Anual	1 ano	0.11 €	54.96 €	99	10.88 €	5.441.41 €
Inspeção, ações de manutenção ligeiras e limpeza do sistema de drenagem (limpeza de detritos que poderão contribuir para um ineficaz escoamento da água)	Semestral	Semestral	0.11 €	54.96 €	199	21.88 €	10.937.79 €
Inspeção, limpeza da zona corrente da cobertura	Anual	1 ano	0.11 €	54.96 €	99	10.88 €	5.441.41 €
Intervenção profunda nas fixações e todo o sistema de drenagem	7 anos	7 anos	0.11 €	54.96 €	14	1.54 €	769.49 €
Intervenções ligeiras na zona corrente da cobertura e no sistema de drenagem	Sempre que necessário	5 anos	0.11 €	54.96 €	19	2.09 €	1.044.31 €
Substituição da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que o sistema de impermeabilização não é aplicado como material de proteção	40, 50 ou 60 anos	35 anos	10.35 €	5.176.00 €	2	20.70 €	10.352.00 €
Substituição do sistema de drenagem	40 anos	35 anos	10.35 €	5.176.00 €	2	20.70 €	10.352.00 €
Substituição do sistema de impermeabilização (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que não é aplicado como material de proteção	20, 25 ou 30 anos	35 anos	10.35 €	5.176.00 €	2	20.70 €	10.352.00 €
Substituição do sistema de proteção (dependendo da agressividade do meio)	20, 25 ou 30 anos	35 anos	10.35 €	5.176.00 €	2	20.70 €	10.352.00 €
Substituição global da cobertura	20 anos	35 anos	10.35 €	5.176.00 €	2	20.70 €	10.352.00 €
			53.96 €	26.979.28 €	1553	273.14 €	136.569.09 €

**ANEXO XIX – CÁLCULO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO DE COBERTURA
INCLINADA REVESTIDA A CHAPA METÁLICA**

Manutenção	Periodicidade aconselhada	Periodicidade	Custo Unitário/m2	Custo/frequência	Frequência	CM/m2	CM
Ações de intervenção profunda do sistema de ventilação	15 anos	15 anos	0.04 €	20.16 €	6	0.24 €	120.99 €
Ações de manutenção corretivas (reparação/ substituição de elementos do revestimento e de fixação danificados)	Sempre que necessário	5 anos	0.04 €	20.16 €	19	0.77 €	383.13 €
Ações de manutenção de coberturas em chapa metálica e a camada de impermeabilização, dependendo da agressividade do meio	10, 15 ou 20 anos	15 anos	0.04 €	20.16 €	6	0.24 €	120.99 €
Ações de manutenção ligeiras (reparações pontuais)	5 anos	5 anos	0.04 €	20.16 €	19	0.77 €	383.13 €
Ações de manutenção ligeiras dos revestimentos e remates da cobertura (eliminação de verdete, vegetação parasitária, fungos e outros detritos suscetíveis de degradação da cobertura)	3 ou 5 anos	3 anos	0.04 €	20.16 €	33	1.33 €	665.44 €
Ações de manutenção profundas na estrutura de suporte em madeira	25 anos	25 anos	0.04 €	20.16 €	3	0.12 €	60.49 €
Ações de reparação/ substituição da estrutura de suporte, dependendo da agressividade do meio.	45, 50 ou 55 anos	50 anos	0.04 €	20.16 €	1	0.04 €	20.16 €
Aplicação de proteção contra a corrosão nos revestimentos em chapa metálica, dependendo da agressividade do meio	10, 15 ou 20 anos	15 anos	0.04 €	20.16 €	6	0.24 €	120.99 €
Inspeção da estrutura de suporte em madeira, com o intuito de verificar a sua estabilidade e estado de conservação - efetuar ações de manutenção ligeiras.	10 anos	10 anos	0.04 €	20.16 €	9	0.36 €	181.48 €
Inspeção da estrutura de suporte, com o intuito de verificar a existência de deformações, humidade, desprendimentos e ataque de organismos.	Bienal	2 anos	0.04 €	20.16 €	49	1.98 €	988.08 €
Inspeção das juntas de dilatação	Bienal	2 anos	0.04 €	20.16 €	49	1.98 €	988.08 €
Inspeção de controlo da zona corrente da cobertura	Anual	1 ano	0.04 €	20.16 €	99	3.99 €	1.996.32 €
Inspeção do estado de conservação do sistema de drenagem	Anual	1 ano	0.04 €	20.16 €	99	3.99 €	1.996.32 €

ANEXO XIX

Inspeção e ações de manutenção pró-ativas de elementos de fixação	Anual	1 ano	0.04 €	20.16 €	99	3.99 €	1.996.32 €
Inspeção e limpeza do sistema de drenagem	Semestral	Semestral	0.04 €	20.16 €	199	8.03 €	4.012.80 €
Inspeção e possível desobstrução dos pontos de ventilação	Semestral	Semestral	0.04 €	20.16 €	199	8.03 €	4.012.80 €
Inspeção e possível reforço das fixações degradadas, inspeção pormenorizada de todo o revestimento, bem como ações de manutenção profundas (reparação/ substituição de revestimento)	5, 10 ou 15 anos	15 anos	0.04 €	20.16 €	6	0.24 €	120.99 €
Inspeção e reforço das claraboias e pontos singulares	5 anos	5 anos	0.04 €	20.16 €	19	0.77 €	383.13 €
Inspeção geral de controlo.	Anual	1 ano	0.04 €	20.16 €	99	3.99 €	1.996.32 €
Intervenção profunda nas fixações e todo o sistema de drenagem	7 anos	7 anos	0.04 €	20.16 €	14	0.56 €	282.31 €
Reparação das juntas de dilatação que apresentem um estado de degradação considerável	Sempre que necessário	5 anos	0.04 €	20.16 €	19	0.77 €	383.13 €
Reparação dos elementos de drenagem	Sempre que necessário	5 anos	0.04 €	20.16 €	19	0.77 €	383.13 €
Substituição do sistema de drenagem	40 anos	50 anos	2.63 €	1.316.67 €	1	2.63 €	1.316.67 €
Substituição do sistema de impermeabilização	20 anos	50 anos	2.63 €	1.316.67 €	1	2.63 €	1.316.67 €
Substituição total do revestimento, dependendo da agressividade do meio	25, 30 ou 40 anos	50 anos	2.63 €	1.316.67 €	1	2.63 €	1.316.67 €
			8.79 €	4.393.63 €		51.09 €	25.546.54 €

**ANEXO XX – CÁLCULO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO DE COBERTURA
TRADICIONAL COM MEMBRANA SBS**

Manutenção	Periodicidade aconselhada	Periodicidade	Custo Unitário / m2	Custo / frequência	Frequência	CM / m2	CM
Ações de manutenção ligeiras em todos os elementos da cobertura	Anual	1 ano	0.13 €	66.47 €	99	13.16 €	6.580.81 €
Ações de manutenção preventivas no sistema de proteção em asfalto	Trienal	3 anos	0.13 €	66.47 €	33	4.39 €	2.193.60 €
Ações de manutenção pró-ativas (reparação de elementos danificados no sistema de drenagem, camada de proteção, impermeabilização e elementos de fixação)	Sempre que necessário	5 anos	0.13 €	66.47 €	19	2.53 €	1.262.98 €
Ações de manutenção profundas (limpeza de possíveis acumulações de fungos e vegetação - aplicação de produtos fungicidas e anti vegetação própria para a cobertura) da zona corrente da cobertura, dependendo da agressividade do meio.	5, 10 ou 15 anos	10 anos	0.13 €	66.47 €	9	1.20 €	598.26 €
Ações de manutenção profundas no sistema de impermeabilização	30 anos	30 anos	0.13 €	66.47 €	3	0.40 €	199.42 €
Inspeção com intuito de verificar a existência de anomalias e verificar o estado de conservação de toda a cobertura	Semestral	Semestral	0.13 €	66.47 €	199	26.46 €	13.228.10 €
Inspeção da estrutura de suporte	Bienal	2 anos	0.13 €	66.47 €	49	6.51 €	3.257.17 €
Inspeção da fixação do sistema de impermeabilização nos pontos singulares nos casos em que não é aplicado como material de proteção (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos	10 anos	0.13 €	66.47 €	9	1.20 €	598.26 €
Inspeção do estado de conservação da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio)	5, 10 ou 15 anos	10 anos	0.13 €	66.47 €	9	1.20 €	598.26 €
Inspeção do estado de conservação da camada de proteção	Anual	1 ano	0.13 €	66.47 €	99	13.16 €	6.580.81 €
Inspeção do estado de conservação das uniões com o sistema de drenagem, fixadores, sobreposições e pontos singulares	Anual	1 ano	0.13 €	66.47 €	99	13.16 €	6.580.81 €
Inspeção dos remates com muretes e platibandas	Anual	1 ano	0.13 €	66.47 €	99	13.16 €	6.580.81 €

ANEXO XX

Inspeção e ações de manutenção da estrutura de suporte com chapas metálicas	Anual	1 ano	0.13 €	66.47 €	99	13.16 €	6.580.81 €
Inspeção e ações de manutenção ligeiras dos remates	Anual	1 ano	0.13 €	66.47 €	99	13.16 €	6.580.81 €
Inspeção e ações de manutenção ligeiras nas juntas de dilatação	Anual	1 ano	0.13 €	66.47 €	99	13.16 €	6.580.81 €
Inspeção e ações de manutenção, com o intuito de reparar danos localizados dos elementos de proteção solar	Anual	1 ano	0.13 €	66.47 €	99	13.16 €	6.580.81 €
Inspeção, ações de manutenção ligeiras e limpeza do sistema de drenagem (limpeza de detritos que poderão contribuir para um ineficaz escoamento da água)	Semestral	Semestral	0.13 €	66.47 €	199	26.46 €	13.228.10 €
Inspeção, limpeza da zona corrente da cobertura	Anual	1 ano	0.13 €	66.47 €	99	13.16 €	6.580.81 €
Intervenção profunda nas fixações e todo o sistema de drenagem	7 anos	7 anos	0.13 €	66.47 €	14	1.86 €	930.62 €
Intervenções ligeiras na zona corrente da cobertura e no sistema de drenagem	Sempre que necessário	5 anos	0.13 €	66.47 €	19	2.53 €	1.262.98 €
Substituição da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que o sistema de impermeabilização não é aplicado como material de proteção	40, 50 ou 60 anos	30 anos	8.32 €	4.159.00 €	3	24.95 €	12.477.00 €
Substituição do sistema de drenagem	40 anos	30 anos	8.32 €	4.159.00 €	3	24.95 €	12.477.00 €
Substituição do sistema de impermeabilização (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que não é aplicado como material de proteção	20, 25 ou 30 anos	30 anos	8.32 €	4.159.00 €	3	24.95 €	12.477.00 €
Substituição do sistema de proteção (dependendo da agressividade do meio)	20, 25 ou 30 anos	30 anos	8.32 €	4.159.00 €	3	24.95 €	12.477.00 €
Substituição global da cobertura	20 anos	30 anos	8.32 €	4.159.00 €	3	24.95 €	12.477.00 €
			44.25 €	22.124.46 €		317.94 €	158.970.08 €

