

COBERTURAS PLANAS: SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

PEDRO GOMES MARTINS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professora Doutora Ana Margarida Vaz Duarte Oliveira
e Sá

JUNHO DE 2023

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2021/2022

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

✉ m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil - 2021/2022 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2022*.

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

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

À minha família,

“De forma gentil, podes abanar o mundo.”

Mohandas Karamchand Gandhi

Agradecimentos

À Professora Doutora Ana Margarida Vaz Duarte Oliveira e Sá, agradeço toda a persistência e orientação dada ao longo deste trabalho, bem como a incansável ajuda na organização de ideias.

À empresa BMI: ChovA, por terem respondido ao meu pedido de ajuda e informação. Inclusive fizeram com que fosse possível uma visita às suas instalações.

Ao Engenheiro Eloy Perez, Gestor de Produto na BMI, um especial agradecimento por me ter acolhido e mostrado boa disposição durante todo este desenvolvimento da Dissertação.

Às empresas Thermal e TrofaRev pela ajuda e disponibilidade de acesso às suas obras.

E por fim, o mais importante, aos meus pais e família por acreditarem em mim até ao fim e fazerem todo este meu percurso possível.

Prefácio

A construção civil é vista como um investimento, que ironicamente não opta, em inúmeros casos, pelas soluções mais indicadas e corretas.

Ainda que este setor seja um dos fortes veículos da economia nacional, a nossa qualidade na construção deixa muito a desejar.

No decorrer da pesquisa surgiu uma citação do Engenheiro Jorge Mascarenhas, o qual foi vital para um Manual pouco exaustivo e didático, e é a seguinte:

«Num automóvel com dez ou doze anos de idade, por norma não existe qualquer indício de infiltração de humidade e muitas vezes nem um ponto de ferrugem. O mesmo não se pode dizer de um edifício no qual, apesar de estar parado, (...) surgem invariavelmente indícios de humidade. (...) E estamos a falar de uma construção que deverá ter uma vida útil muito superior à dos automóveis.»

Apesar dos meios e recursos disponíveis não se formaliza, na maior parte das vezes, soluções eficazes ou por vezes de carácter mais simples e de melhor aproveitamento funcional e económico.

Abstract

Civil construction is seen as an investment, which ironically does not choose, in numerous cases, the most suitable and correct solutions.

Even though this sector is one of the main drivers of the national economy, our quality in construction leaves much to be desired.

Throughout the research, I was confronted with a quote from Engineer Jorge Mascarenhas, which was vital to be able to formulate a non-exhaustive and didactic Manual, and it is as follows:

"In a car that is ten or twelve years old, there is usually no sign of moisture infiltration and often not even a spot of rust. The same cannot be said of a building in which, despite standing still, (...) signs of moisture invariably appear. (...) And we are talking about a construction that should have a much longer lifespan than cars."

Despite the means, resources, and training available, most of the time, 100% effective solutions are not formalized, or sometimes of a simpler character and better functional and economic use.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	V
PREFÁCIO	VII
ABSTRACT	VIII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO.....	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1 <i>Objetivos Gerais</i>	2
1.2.2 <i>Metodologia De Investigação</i>	2
1.2.3 <i>Apresentação do conteúdo da tese</i>	3
2 EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DE COBERTURAS PLANAS	6
2.1 INTRODUÇÃO	6
2.2 REVESTIMENTOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO: EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS.....	8
2.2.1 <i>Exigências de segurança:</i>	8
2.2.2 <i>Exigências de aptidão ao uso:</i>	9
2.2.2.1 <i>Exigências Relativas ao conforto térmico e acústico</i>	9
2.2.3 <i>Exigências relacionadas com a preservação das qualidades:</i>	11
2.2.4 <i>Exigências relacionadas à manutenção e reabilitação:</i>	12
2.2.5 <i>Outras propostas de exigências específicas para coberturas e a sua análise comparativa</i>	13
3. CONSTITUIÇÃO DE COBERTURAS PLANAS	17
3.1 INTRODUÇÃO	17
3.2 FUNÇÕES DAS CAMADAS CONSTITUINTES DE COBERTURAS PLANAS.....	19
3.2.1 <i>Estrutura resistente</i>	19
3.3 SUPORTE DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO (CAMADA DE FORMA)	20
3.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	21
3.4.1 <i>Introdução</i>	21
3.4.2 <i>Materiais constituintes</i>	22
3.4.3 <i>Sistemas de impermeabilização: constituição</i>	23
3.4.4 <i>Materiais impermeabilizantes</i>	24
3.4.4.1 <i>Membrana de PVC e TPO:</i>	25
3.4.4.2 <i>EPDM (Etileno Propileno Dieno Tipo M):</i>	26
3.4.4.3 <i>Impermeabilização líquida</i>	26
3.4.4.4 Betume Modificado com Polímeros (APP/SBS)	27
3.4.4.5 Argamassas Poliméricas	29
3.4.5 <i>Sistemas de impermeabilização: ligação ao suporte</i>	29
3.4.6 <i>Sistemas de impermeabilização: regras de conceção</i>	33
3.4.6.1 <i>Sistema de duas camadas, aderido a quente. (exemplo)</i>	34
3.5 SISTEMAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO.....	35
3.5.1 <i>Natureza das matérias-primas:</i>	37
3.5.2 <i>Quanto ao modo de preparação e execução</i>	38
3.5.3 <i>Classificação quanto à sua estrutura</i>	38
3.5.4 <i>Características Dos Isolantes térmicos</i>	39
3.5.4.1 <i>Condutibilidade térmica, λ</i>	39
3.5.4.2 <i>Comportamento em relação à água</i>	39

3.5.4.3	Permeabilidade ao vapor de água.....	40
3.5.4.4	Comportamento face aos agentes atmosféricos e biológicos:	40
3.5.4.5	Comportamento face ao fogo.....	40
3.5.4.6	Comportamento mecânico	40
3.5.4.7	Estabilidade dimensional	40
3.5.4.8	Impacto face ao Homem e meio ambiente	40
3.5.4.9	Outras características importantes:.....	40
3.5.5	<i>Certificação e níveis de aptidão dos materiais isolantes [17].</i>	41
3.5.5.1	Classificação ISOLE	41
3.5.5.2	Parâmetros mínimos definidos para soluções construtivas em coberturas Planas, (adaptado de [17]):	45
3.5.5.3	A determinação da resistência térmica do isolante pressupõe	45
3.5.5.4	Regras de qualidade dos isolantes como suportes para impermeabilização: 48	
3.5.6	<i>Principais materiais usados e as suas características:</i>	49
3.5.7	<i>Regras de conceção: Instalação e escolha dependendo da acessibilidade</i>	54
3.5.7.1	Classes de Compressibilidade UEAtc [14].....	54
3.5.7.2	Cargas Admissíveis	54
3.5.7.3	Travessia das nervuras	54
3.5.7.4	Colagem a frio	55
3.5.7.5	Fixações mecânicas	55
3.6	CAMADA DE PROTEÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO	57
3.7	SÍNTESE	59
4	CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURAS PLANAS.....	61
4.1	OBJETIVO	61
4.2	CLASSES DE COBERTURAS PLANAS QUANTO À ACESSIBILIDADE	63
4.2.1	<i>A escolha da acessibilidade</i>	66
4.3	CLASSES DE COBERTURAS PLANAS QUANTO À POSIÇÃO DO ISOLAMENTO TÉRMICO	67
4.3.2	<i>Desvantagens de uma Cobertura Tradicional:</i>	69
4.3.3	<i>Desvantagens de uma Cobertura Invertida:</i>	69
4.4	QUANTO À ESTRUTURA RESISTENTE	70
4.5	QUANTO AO SISTEMA DE FIXAÇÃO DO COMPLEXO IMPERMEABILIZAÇÃO.....	71
4.6	QUANTO À PROTEÇÃO	72
4.7	QUANTO À PENDENTE (CLASSIFICAÇÃO UEATC).....	73
5	PORMENORIZAÇÃO CONSTRUTIVA	76
5.1	INTRODUÇÃO	76
5.2	PONTOS SINGULARES.....	77
5.2.1	<i>Platibandas e paredes salientes</i>	78
5.2.2	<i>Vedação do contorno de peças e equipamentos</i>	80
5.2.3	<i>Dispositivos de drenagem de águas pluviais</i>	82
5.2.4	<i>Juntas de dilatação</i>	84
6	ANÁLISE COMPARATIVA	86
6.1	DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS EM ANÁLISE	87
6.1.1	<i>Custos</i>	87
6.1.2	<i>Condições base e atmosféricas</i>	87
6.1.3	<i>Facilidade de aplicação</i>	87
6.1.4	<i>Tempo de cura</i>	88

6.1.5	<i>Alongamento na rutura</i>	88
6.1.6	<i>Durabilidade</i>	88
6.2	COBERTURAS RESIDENCIAIS	90
6.2.1	<i>Não Transitáveis:</i>	90
6.2.2	<i>Transitáveis para uso Residencial:</i>	90
6.2.3	<i>Coberturas acessíveis a veículos: Uso exclusivo de Membrana Betuminosa</i>	91
6.2.4	<i>Coberturas Ajardinadas</i>	92
6.2.5	<i>Não Utilizáveis e sem Isolamento</i>	93
6.2.6	<i>Coberturas Deck Industrial</i>	93
6.3	SÍNTESE	95
7	CONCLUSÃO	97
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	1
	ANEXO I	3
	NORMAS ADOTADAS PARA REVESTIMENTOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	3
	NORMAS PARA MATERIAIS E SOLUÇÕES DE IMPERMEABILIZAÇÃO [30]	4
	<i>A- Normas do CEN - Comité Européen de Normalisation</i>	<i>4</i>
	<i>B – NORMAS E PROJECTOS DE NORMAS PORTUGUESAS DO IPQ</i>	<i>6</i>
	<i>C – DIRECTIVAS E GUIAS UEAtc [34]</i>	<i>9</i>
	ANEXO II	11
	SOLUÇÃO 1: COBERTURA NÃO ACESSÍVEL	13
	SOLUÇÃO 2: COBERTURA ACESSÍVEL	15
	SOLUÇÃO 3: COBERTURA AJARDINADA	17
	SOLUÇÃO 4: ACESSÍVEL A VEÍCULOS	19

Lista de Figuras

Figura 1:Tendência aumento do uso de Coberturas Planas [31]	1
Figura 2: Correspondência entre exigências funcionais e constituintes de uma cobertura plana	7
Figura 3: Comparação entre Exigências Funcionais (extraído de [19])	14
Figura 4: Ilustração de camadas constituintes de uma cobertura plana.	18
Figura 5: Elementos constituintes de uma cobertura plana.....	18
Figura 6:Estrutura resisitente rígida e descontinua	19
Figura 7:Estrutura resistente flexível – chapas metálicas nervuradas.	20
Figura 8: Materiais constituintes da camada de forma	21
Figura 9:Sistema de impermeabilização: materiais constituintes	23
Figura 10: Materias Tradicionais e não tradicionais	24
Figura 11: Aplicação de uma membrana Termo-Plástica.....	25
Figura 12: Aplicação e apresentação comercial do material EPDM	26
Figura 13: Aplicação de Solução em Poliureia	27
Figura 14: Membrana APP Auto Protegida, <i>Gonçape Revestimentos Lda</i>	29
Figura 15: Ação do vento num revestimento fixado mecanicamente	31
Figura 16: Sistema Aderido.....	32
Figura 17: Sistema semi-independente ou semi-aderido.	32
Figura 18: Normativas para Revestimentos de Impermeabilização [31]	34
Figura 19:Instruções para sobreposição de camadas [31].....	35
Figura 20:Instalação de placas de Poliestireno Extrudido	36
Figura 21: Ampliação de uma placa de Poliestireno Extrudido	38
Figura 22:Réhabilitation des toitures terrasses: Conduktividade térmica dos materiais	39
Figura 23: Soluções constructivas em Portugal e incluídas no ITE 50 (LNEC), bem como as bem como as espessuras mínimas de referência. Espessuras recomendadas para cumprimento dos requisitos do REH.	47
Figura 24: Zonas Climáticas [6]	48
Figura 25:Betões Leves	50
Figura 26:Perlite Expandida.....	50
Figura 27: Lã de Rocha.....	51
Figura 28:Sistemas de isolamento térmico: materiais	53
Figura 29:Cobertura Tradicional e Invertida [31]	53
Figura 30: Lã Mineral ISOVER fixada mecanicamente, Reabilitação Universidade de Aveiro 2023	55
Figura 31: Sugestão para colocação de Isolamento térmico em Paineis numa Cobertura Plana [31]	56
Figura 32: Sistemas de isolamento térmico: exigências de aplicação [10]	57

Figura 33: Diferentes Classes de Cobertura.....	62
Figura 34: Cobertura Aeroporto de Valência	63
Figura 35:Terraço Acessível	64
Figura 36:Cobertura Acessível a Veículos.....	64
Figura 37: Cobertura Ajardinada Extensiva	65
Figura 38: Cobertura Tradicional e Invertida [4]	68
Figura 39: Encontro com parede saliente, Gaia 2023	77
Figura 40: Cobertura Plana, Àgueda 2023	78
Figura 41:Platibandas e paredes emergentes	78
Figura 42: Arredondamento no encontro com o elemento vertical [4].....	79
Figura 43: Subida da Membrana de Impermeabilização no encontro de murete, Àgueda 2023.....	80
Figura 44: Tubos emergentes, São Félix da Marinha 2023.....	81
Figura 45: Acessórios Cobertura Plana São Félix da Marinha, 2023.....	81
Figura 46: Ilustração Saídas de água [4].....	82
Figura 47: Saída Vertical [31]	82
Figura 48: Saída de água, Gaia 2023.....	83
Figura 49:Acessórios presentes nas saídas de água [4].....	84
Figura 50:Intervalos de preços de alguns materiais	87
Figura 51.Grau de utilização de técnicas de Impermeabilização em Portugal Continental	89
Figura 52:Grau de utilização de técnicas de Impermeabilização em Portugal Continental	89
Figura 53:Análise Comparativa-Cobertura Transitável.....	90
Figura 54:Corte Solução de Cobertura para Veículos.....	91
Figura 55:Análise Comparativa- Coberturas Ajardinadas	92
Figura 56: Análise Comparativa-Cobertura em Deck	93

Lista de Símbolos, Abreviaturas e Nomenclatura

Símbolo	Unidade	Designação
λ	W/(m·K)	Condutibilidade térmica
c_p	J/(kg·K)	Calor específico
C	J/(m ³ ·K)	Calor específico volumétrico
α_T	m ² /s	Difusibilidade térmica
ρ	kg/m ³	Massa volúmica
H	J/kg	Entalpia
L	J	Calor latente
T	°C	Temperatura
t	s	Tempo
T_1	°C	Temperatura de fusão
T_2	°C	Temperatura de pico de fusão
C_v	m ³	Volume infinitesimal elementar de matéria
$\dot{E}_{st}$	W	Taxa de energia armazenada
$\dot{E}_g$	W	Taxa de energia gerada
$\dot{E}_{in}$	W	Taxa de entrada de energia
$\dot{E}_{out}$	W	Taxa de saída da energia
Q	W	Fluxo de calor
$\dot{Q}$	W/m ³	Taxa de geração de energia por unidade de volume
q''	W/m ²	Fluxo convectivo de calor por unidade de área

APP - Polipropileno atático

BRE - Building Research Establishment

DTU – Documents Techniques Unifiés

EPDM – Mistura etileno-propileno-dieno

ISO – International Organization for Standardization

ITE – Informação Técnica de Edifícios

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

PVC – Policloreto de vinilo

Raios U.V. – Raios ultravioleta

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

REH – Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Habitação

RGEU – Regulamento Geral das Edificações Urbanas

RJSCIE – Regime Jurídico da Segurança contra Incêndio em Edifícios

RRAE – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

SBS – Estireno-butadieno-estireno

TPO – Poliolefina

XPS- Poliestireno Extrudido

1

Introdução

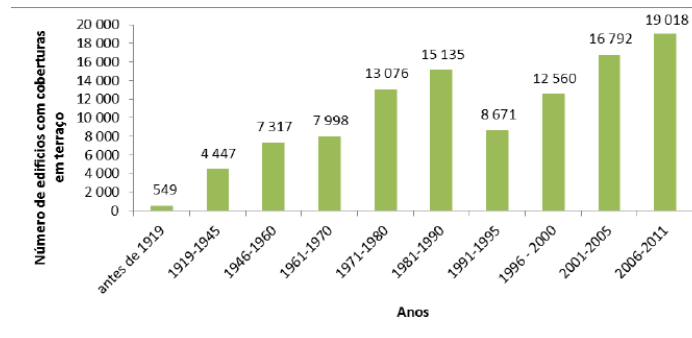
1.1. Enquadramento

As coberturas em terraço são cada vez mais utilizadas em Portugal, em relação às coberturas inclinadas. Na Figura 1, podemos visualizar a tendência crescente de coberturas planas em Portugal.

Nos dias correntes as coberturas planas são as preferidas por razões maioritariamente estéticas embora sejam as que sofram mais problemas.

Existem variadas soluções e sistemas de alta rentabilidade e confiança, mas que se deparam com alguns dilemas presentes na construção atual.

Figura 1: Tendência aumento do uso de Coberturas Planas [31]



O número de edifícios com coberturas em terraço aumentou consideravelmente. Este aumento deveu-se ao facto de haver uma tendência arquitetónica relacionada com a estética e a possibilidade de utilização do espaço da cobertura, como coberturas acessíveis a pessoas e até veículos. Possibilitando um melhor aproveitamento de espaço. A partir de 1990, foi criado o RCCTE (a primeira legislação sobre térmica de edifícios), o qual obrigava a introduzir isolamento térmico na construção. [31]

Desde aí, o conceito de cobertura plana tem evoluído, tal como os materiais e técnicas usadas atualmente. Com o objetivo de aumentar a eficácia, devido à diminuição da mão de obra no mercado português.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivos Gerais

Esta dissertação tem como objetivo abordar as soluções que incorporam as coberturas planas, que tem progredido ao longo do tempo para assegurar padrões de habitabilidade cada vez mais elevados.

Não estamos a introduzir um tema novo, mas sim a apresentar um trabalho de pesquisa bibliográfica e compilação dos principais tópicos relacionados às coberturas planas.

Com o progresso da construção, a qualidade torna-se cada vez mais um fator significativo no dia a dia, com o conforto térmico, o conforto acústico, entre outros, a acompanhar esta evolução e as demandas do setor.

Desta forma, nesta dissertação, pretende-se apresentar de maneira sucinta os conceitos e características principais das coberturas planas.

Assim, serão analisadas situações de conceção de coberturas planas para garantir o seu correto funcionamento, segurança e conforto.

1.2.2 Metodologia De Investigação

A metodologia de trabalho para a escrita deste documento sobre sistemas construtivos para coberturas planas foi estruturada para assegurar abrangência.

O processo iniciou-se com uma primeira fase de leitura e análise. Foi feita uma compilação e estudo de uma lista de literatura técnica e científica, variando entre documentos de pesquisa académica, manuais de boas práticas, regulamentos e normas técnicas.

Simultaneamente, foi estabelecido o contacto direto com diversas empresas neste setor. A interação com fabricantes e empresas de aplicação foi valiosa, para ser possível entender as suas perspetivas e experiências práticas. Esta informação, juntamente com a literatura técnica, possibilitou uma visão holística do assunto.

Com um foco particular na documentação técnica francesa, foram recolhidas informações e padrões de sistemas construtivos bem estabelecidos.

O "Document Technique Unifié" (DTU), a norma francesa que regula a construção, foi um recurso valioso, fornecendo uma base sólida para estruturar a minha pesquisa, este documento foi consultado através de outras obras.

A terceira fase consistiu em sintetizar e traduzir esta informação num formato facilmente compreensível e acessível.

Por fim, a etapa final envolveu revisões para garantir a precisão do conteúdo, clareza da linguagem e coesão do manual como um todo.

Em suma, a metodologia de trabalho para a elaboração deste manual foi baseada em pesquisa bibliográfica, análise, síntese e tradução de informações técnicas e científicas, complementada com insights valiosos adquiridos através de interações diretas com fabricantes e aplicadores neste campo. O resultado é um manual de sistemas construtivos para coberturas planas que é preciso, e prático para o uso quotidiano no campo da construção.

1.2.3 Apresentação do conteúdo da tese

A presente dissertação encontra-se estruturada em 7 capítulos, referências bibliográficas e anexos.

No capítulo 1, designado de Introdução, são apresentadas considerações iniciais sobre coberturas planas.

No capítulo 2 são abordadas as principais exigências funcionais de uma cobertura plana em termos quantitativos, de forma geral e as exigências que visam os seus revestimentos com base nas Diretivas da União Europeia.

No capítulo 3 são abordados todos os constituintes principais de uma cobertura plana, esclarecendo a sua função e cuidados com a possível instalação. São expostos os diferentes materiais usados em Coberturas Planas e as suas propriedades, o que os distingue, e para que solução são mais indicados. Abordam-se também diferentes técnicas correntes.

No capítulo 4 são referidas as várias classificações de coberturas em terraço tendo em conta vários parâmetros, nomeadamente: a acessibilidade, a camada de proteção da impermeabilização, a localização da camada de isolamento térmico, a pendente e a estrutura resistente.

No capítulo 5 é apresentado um conjunto de pormenores construtivos dos Pontos Singulares associados a este tipo de coberturas, para apoio à sua reabilitação e construção.

No capítulo 6 faz-se uma curta análise comparativa das opções disponíveis tendo em base as soluções discutidas nesta Dissertação.

No último capítulo da dissertação, realçam-se as dificuldades sentidas ao longo da elaboração desta dissertação e retiram-se conclusões sobre o trabalho.

Nas referências bibliográficas, são apresentadas, todas as fontes consultadas para a realização da presente dissertação.

Por fim são apresentados anexos à dissertação, que contêm as soluções e pormenores construtivos de soluções correntes e as normas que visam as Coberturas Planas em geral. (Extraídas do documento [30])

No anexo I temos as normas que dizem respeito a variados materiais e as suas técnicas de aplicação. Extraídas de [30], para servir como fonte de pesquisa a um futuro leitor.

No anexo II podemos consultar propostas das soluções mais correntes em Portugal e os seus Pontos Singulares, com a nomenclatura desenvolvida no Capítulo 4.

Exigências funcionais de Coberturas Planas

2.1 Introdução

A cobertura plana de um edifício é composta por diversos elementos, incluindo os estruturais, e está localizada entre o teto do espaço interno e a superfície exposta ao clima. Esses elementos são organizados em camadas horizontais que devem atender a requisitos específicos para garantir o bom desempenho da cobertura. [1]

A posição aproximadamente horizontal das coberturas em terraço torna-as mais suscetíveis à ação dos agentes atmosféricos, como: a radiação solar, a chuva e as variações de temperatura. [1]

A manutenção de níveis adequados de desempenho das camadas que constituem a cobertura será garantida através da satisfação de exigências funcionais, a que se fará uma breve referência.

As exigências funcionais aplicam-se tanto à cobertura como um todo quanto aos seus componentes, como as camadas de isolamento térmico e impermeabilização. Neste capítulo, consideram-se as exigências funcionais aplicadas ao elemento de construção "cobertura" como conjuntos de características mensuráveis, identificadas de forma objetiva, que contribuem para determinar o seu desempenho, possibilitando a avaliação da qualidade das diversas soluções construtivas possíveis.

Exploramos também as exigências funcionais dos revestimentos existentes na cobertura plana.

Existem variadas sugestões por parte de certos autores em como deveriam ser estruturadas as exigências funcionais.

No presente capítulo, serão descritas as várias informações coletadas sobre diferentes abordagens das exigências funcionais.

A seguir, será elaborada uma comparação entre essas diferentes propostas de classificação das exigências funcionais.

Apesar das variadas sugestões, verificam-se sempre as principais exigências que visam a:

- segurança,
- habitabilidade
- durabilidade
- economia

A Figura 2 mostra uma matriz de correspondência entre as exigências e as necessidades de uma cobertura em terraço que mais contribuem para a sua satisfação.

Exigências de segurança	Segurança estrutural	Estrutura resistente
	Segurança contra incêndios	Estrutura resistente
	Segurança na circulação	Camada de proteção
	Resistência das camadas não estruturais	Camadas não estruturais
Exigências de habitabilidade	Estanquidade à água	Sistema de impermeabilização
	Conforto térmico	Camada de isolamento térmico
	Conforto acústico	
	Conforto visual	Camada de proteção
	Aspecto	Camada de proteção
	Disposição de acessórios e equipamento	Camada de proteção
Exigências de durabilidade	Conservação das qualidades	Estrutura resistente e camadas não estruturais
	Limpeza, manutenção e reparação	Camada de proteção
Exigências de economia	Limitação do custo global	Estrutura resistente e camadas não estruturais
	Economia de energia	Estrutura resistente e camadas não estruturais

Figura 2: Correspondência entre exigências funcionais e constituintes de uma cobertura plana

- As exigências de segurança são satisfeitas maioritariamente pelas características da estrutura resistente.
- A qualidade das camadas de isolamento e impermeabilização contribuem bastante para o cumprimento das exigências voltadas para a habitabilidade.
- Já as exigências de durabilidade são conseguidas com a devida atenção ao tipo de proteção dos revestimentos, a sua qualidade e estrutura face a agentes agressivos (atmosféricos e químicos).
- As exigências económicas foram introduzidas em último lugar e estas têm como principal função reduzir os custos globais das soluções e consumo de energia do edifício.

2.2 Revestimentos de Impermeabilização: Exigências Funcionais

As exigências funcionais para revestimentos de impermeabilização de coberturas são divididas em quatro classes, de acordo com as Diretrizes Gerais UEATC [1,31] (Diretrizes da União Europeia para a Avaliação Técnica da Construção), que são utilizadas para homologar esses revestimentos. As classes são definidas como:

- Exigências de segurança;
- Exigências de aptidão ao uso;
- Exigências relacionadas à preservação das qualidades;
- Exigências relacionadas com a manutenção e reparação.

Cada uma dessas classes é essencial para garantir a qualidade e a eficácia dos revestimentos de impermeabilização de coberturas, sendo importante observá-las durante todo o processo de construção e manutenção das edificações.

2.2.1 Exigências de segurança:

Além de verificar a segurança em relação às cargas permanentes e sobrecargas de uso normal, é importante avaliar a segurança em três situações distintas. São elas:

- Efeitos de sucção do vento, que diz respeito às exigências relacionadas à ação do vento;
- Comportamento em relação ao fogo, que abrange as exigências contra o risco de incêndio, o Regime Jurídico da Segurança contra Incêndio em Edifícios (RJSCIE) apresenta uma classificação para a reação ao fogo dos materiais.

Essa classificação atribui ao material uma letra que está relacionada com a contribuição do material para o incêndio.

- Classe A1: Nenhuma contribuição para o fogo;
- Classe A2: Contribuição para o fogo quase nula;
- Classe B: Contribuição para o fogo muito limitada;
- Classe C: Contribuição para o fogo limitada;
- Classe D: Contribuição para o fogo aceitável;
- Classe E: Reação ao fogo aceitável.

Elemento construtivo	Classe de Reação		
	Altura ≤ 9 m	$9 < \text{Altura} \leq 28$ m	Altura > 28 m
Coberturas em terraço	E _{FL}	E _{FL}	A2 _{FL-S1}

Quadro 1: Classe de reação ao fogo mínima exigida a coberturas

- Composição físico-química e liberação de compostos tóxicos, que envolvem as exigências de saúde.

Essas avaliações são cruciais para garantir a segurança e a qualidade das edificações, levando em conta diferentes fatores que podem afetar a estrutura, a resistência e a saúde dos ocupantes. [1]

2.2.2 Exigências de aptidão ao uso:

Esses requisitos são decorrentes da necessidade de resistência dos materiais da cobertura, especialmente os dos sistemas de impermeabilização [31], à utilização diária, incluindo:

- Impermeabilização contra a água proveniente do exterior (garantia de estanqueidade à água);
- Qualidade na finalização das superfícies (requisitos de aparência);
- Composição química estável, insolúvel em água ou álcalis (requisitos relacionados à ocorrência de manchas);
- Resistência mecânica (requisitos relacionados à conservação da resistência mecânica).

2.2.2.1 Exigências Relativas ao conforto térmico e acústico

Ao dimensionar uma cobertura em terraço, é essencial considerar diversos fatores importantes:

- a) Assegurar que as construções sejam termicamente habitáveis, através do uso de isolamento térmico. Isso implica garantir que o calor não seja facilmente dissipado durante a estação de aquecimento e evitar o superaquecimento do interior das habitações durante a estação de resfriamento.
- b) Controlar as possíveis condensações que podem ocorrer no interior das habitações durante os períodos mais desfavoráveis do ano.
- c) Garantir isolamento sonoro contra ruídos aéreos e de impacto.

O conforto térmico desempenha um papel crucial em qualquer espaço destinado à permanência prolongada de pessoas. Portanto, o Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH) estabeleceu vários parâmetros, incluindo coeficientes máximos e de referência de transmissão térmica superficial, a fim de promover um bom desempenho térmico nas habitações e prevenir o surgimento de problemas patológicos. Esses valores variam de acordo com a localização da habitação, ou seja, as Zonas Térmicas em Portugal Continental e Regiões Autônomas.

O quadro 3 apresenta as exigências regulamentares aplicáveis a Portugal Continental e Regiões Autônomas.

Junto a esta informação podemos determinar com a Figura 24 a espessura mínima para a zona climática, delineadas na Figura 25. (Capítulo 3)

O conforto acústico também é um fator extremamente importante em qualquer espaço destinado à permanência prolongada de pessoas. Nesse sentido, o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) estabeleceu três parâmetros relacionados ao isolamento sonoro, sendo dois relacionados a sons aéreos e um relacionado a sons de impacto.

No que diz respeito aos sons aéreos, existem dois casos específicos:

- a) Isolamento sonoro proporcionado pelo elemento construtivo que separa o exterior de uma área interna de convívio do edifício ($D_{2m, nT}$).
- b) Isolamento sonoro proporcionado pelo elemento construtivo que separa dois compartimentos do edifício (D_{nT}).

Para o propósito deste estudo, apenas o primeiro caso é relevante, uma vez que se trata de uma cobertura em terraço, ou seja, um elemento construtivo que separa o exterior de uma área interna de convívio. No Quadro 2 observa-se os limites de ruído de condução aérea para coberturas planas. Os ruídos de percussão estão expostos no quadro 3.

Em relação aos sons de impacto, há apenas um parâmetro a considerar: o nível sonoro médio, medido no espaço recetor, resultante de uma percussão padronizada aplicada a um piso (L'_{nT}).

Tipo de Coberturas em Terraço	Exigências Regulamentares	
	Isolamento Sonoro a Sons de Condução Aérea	
	Exterior do Edifício	
	Zonas Sensíveis ⁽¹⁾	Zonas Mistas ⁽²⁾
Cobertura em Terraço não acessível		
Cobertura em Terraço acessível a pessoas		
Cobertura em Terraço acessíveis a veículos ligeiros	$D_{2m, nT, w} \geq 28 \text{ dB}$	$D_{2m, nT, w} \geq 33 \text{ dB}$
Cobertura em Terraço acessíveis a veículos pesados		
Coberturas ajardinadas		

Quadro 2: Isolamento Sonoro a sons de Condução Aérea

	Exigências Regulamentares	
	Isolamento Sonoro a Sons de Percussão	
	Cobertura acessível não destinada a comércio, serviço, indústria ou diversão	Cobertura acessível destinada a comércio, serviço, indústria ou diversão
Zonas de receção do ruído (Compartimentos de uma habitação sob a cobertura)	$L'_{nT,w} \leq 60 \text{ dB}$	$L'_{nT,w} \leq 50 \text{ dB}$

Quadro 3: Isolamento a sons de percussão

Tipo de Coberturas em Terraço	Exigências Regulamentares					
	Coeficiente de Transmissão Térmica – $R_{ufe}/U_{máx}$ [W/m ² °K]					
	Portugal Continental			Regiões Autónomas		
	l_1	l_2	l_3	l_1	l_2	l_3
Cobertura em Terraço não acessível						
Cobertura em Terraço acessível a pessoas						
Cobertura em Terraço acessíveis a veículos ligeiros	0,40	0,35	0,30	0,45	0,40	0,35
Cobertura em Terraço acessíveis a veículos pesados						
Coberturas ajardinadas						

Quadro 4: Coeficiente de Transmissão Térmica

2.2.3 Exigências relacionadas com a preservação das qualidades:

A característica mais importante de um sistema de impermeabilização é a sua capacidade de manter a estanqueidade à água por pelo menos dez anos em condições normais de uso [1]. A norma internacional ISO 15686, diz que a durabilidade corresponde à capacidade de um edifício ou de uma parte de um edifício para desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo, sob a ação dos agentes presentes em serviço. [31]

Além disso, os materiais utilizados devem atender aos seguintes parâmetros:

Efeitos do ambiente:

- Resistência ao vento (perda de aderência, descolamento);
- Variações de temperatura (de -20°C a +80°C);
- Radiação solar (resistência aos raios UV e infravermelhos);
- Água (chuva, gelo, humidade e condensação);
- Agentes químicos (gases atmosféricos e óleos em terraços de estacionamento, ácidos em coberturas de jardim);
- Compatibilidade entre materiais (especialmente entre camadas adjacentes);
- Ação microbiológica (resistência a fungos, mofo, bactérias e criptógamas);
- Ação macrobiológica (resistência a plantas, insetos, pássaros e pequenos animais);
- Deformações da estrutura resistente
- Cargas de serviço (resistência ao punção amento estático e dinâmico);
- Circulação de pessoas e veículos (necessidade de proteção da impermeabilização).

Sob a influência desses fatores, o sistema de impermeabilização deve manter todas as suas propriedades satisfatoriamente por pelo menos dez anos, sendo este prazo alongado para sistemas com proteção pesada ou produtos com garantias mais extensas devido a uma maior resistência a baixas temperaturas (Ex: Membranas Betuminosas com resistência a baixas temperaturas de -20° Celsius, as quais apresentam por parte dos seus fabricantes, garantias superiores a 10 anos).

2.2.4 Exigências relacionadas à manutenção e reabilitação:

Para garantir a qualidade e durabilidade da impermeabilização ao longo do seu tempo de vida esperado, é fundamental atender às exigências relacionadas à manutenção e reparação [1,31], que incluem:

- Realização de manutenção regular da cobertura, especialmente nos pontos críticos, como caleiras, remates e tubos de queda, para prevenir e corrigir potenciais problemas;
- Reparo imediato de materiais danificados ou degradados que possam comprometer a estanqueidade da cobertura, tanto na área principal como em pontos específicos.

2.2.5 Outras propostas de exigências específicas para coberturas e a sua análise comparativa

Da análise comparativa entre as várias classificações possíveis para as exigências funcionais, efetuada com base na grelha de exigências apresentada a seguir, destacam-se as seguintes considerações:

Distinguem-se quatro grupos fundamentais de exigências comuns a todas as fontes: segurança, habitabilidade, durabilidade e economia.

No grupo das exigências de segurança, são comuns a quase todos os autores as exigências de segurança estrutural, segurança contra incêndio e segurança na utilização.

No grupo das exigências de habitabilidade, são comuns a quase todos os autores as exigências de estanqueidade, conforto higrotérmico e conforto acústico.

Todas as que foram referidas são importantes, mas existem algumas em que os engenheiros civis se baseiam mais aquando do dimensionamento de coberturas em terraço, como por exemplo: a segurança contra incêndios, o desempenho acústico, o desempenho higrotérmico, o comportamento mecânico e a durabilidade.

Embora alguns autores não tenham em conta a economia como uma exigência funcional, ela é importante para se poder conceber soluções eficazes com o menor custo possível.

O uso de isolamento térmico bem dimensionado é essencial também para a poupança de energia que podemos obter com a sua instalação.

Na Figura 3 podemos observar várias propostas de Exigências de Segurança e as suas comparações diretas.

Portugal é um país onde existe muita conservação a nível orçamental. Daí ser necessário um conhecimento geral, de modo a conseguirmos perceber que soluções poderão ser empregues de modo a oferecer a funcionalidade e ciclo de vida desejados a um preço acessível á entidade final.

Exigências Essenciais fixadas na DPC	Norma ISO 6241	RTHS	Norma ISO DP 7896	Guide des Performances du Bâtiment
Resistência mecânica e estabilidade	Estabilidade	Seg. Estrutural	Estabilidade	Estabilidade
Seg. em caso de incêndio	Seg. contra Incêndio	Seg. contra incêndio	Seg. contra incêndio	Seg. contra incêndio
		Seg. contra intrusão		
Seg. na utilização	Seg. na utilização	Seg. contra riscos inerentes ao uso	Seg. na circulação	Seg. na utilização
	Estanquidade	Estanquidade	Estanquidade	Estanquidade
	Pureza do ar	Ventilação e evacuação de fumos	Qualidade do ar	Qualidade do ar
Economia de energia e isolam. térmico	Exigências higrotérmicas	Conforto térmico	Conforto térmico e econ. de energia	Conforto higrotérmico
Proteção o contra o ruído	Exigências acústicas	Conforto acústico	Exigências acústicas	Conforto acústico
	Exigências visuais	Conforto visual	Exigências de aspecto	Conforto visual
	Exigências tácteis	Outras exigências		Conforto táctil
	Exigências dinâmicas			Conforto antrópico
Higiene saúde e ambiente	Exigências de higiene		Exigências de higiene	Exigências de higiene
	Adaptação dos espaços a utilização		Adequação ao uso	Adaptação utilização
Durabilidade	Durabilidade	Manutenção e seg. das características funcionais	Durabilidade	Durabilidade
		Resistência às ações de choque e acidentais		
		Facilidade de limpeza		
	Economia			Economia
			Aplicação em obra e funcionamento	

Figura 3: Comparação entre Exigências Funcionais (extraído de [19])

Exigências	Tipos discriminados de exigências	
Segurança	Segurança estrutural	dimensionamento para combinações de ações
	Segurança contra riscos de incêndio	
	Segurança contra riscos inerentes ao uso normal	ações de punçoamento ações de choques acidentais
	Resistência das camadas não estruturais da cobertura a outras ações	ação dos agentes atmosféricos variações das condições ambientes interiores
Habitabilidade	Estanquidade	à água
		à neve
		às poeiras
		ao ar
	Conforto térmico	conforto de inverno isolamento térmico riscos de condensações
		conforto de verão isolamento térmico proteção solar
	Conforto acústico	sons aéreos sons de percussão
	Conforto visual	iluminação natural refletividade da camada de proteção
	Disposição de acessórios e equipamento	
Durabilidade	Conservação das qualidades	conservação das resistências mecânicas conservação dos materiais resistência a ações decorrentes do uso normal
		Limpeza, manutenção e reparação
Economia	Limitação do custo global	
	Economia de Energia	

Figura 4:Exigências Funcionais Cobertura Plana

3. Constituição de coberturas planas

3.1 Introdução

Uma cobertura diz-se em terraço quando os materiais que a constituem estão dispostos em camadas horizontais ou próximo dessa posição [1].

As coberturas planas (Figura 5) são constituídas por várias camadas sobrepostas destacando-se aquelas que, pela sua constituição, permitem dar satisfação às principais exigências funcionais relativas a este tipo de coberturas, essas camadas (pela ordem de colocação no sentido ascendente) são as seguintes:

- estrutura resistente ou de suporte;
- suporte da impermeabilização;
- revestimento de impermeabilização;
- proteção da impermeabilização;

Podem ainda ser elementos das coberturas planas as seguintes camadas: camada de regularização; camada de forma; barreira pára-vapor; isolamento térmico; camada de difusão de vapor de água e camada de dessolidarização.

Camada de regularização: Esta camada, de pequena espessura, só tem razão de existir se a camada de forma apresentar rugosidades e necessidade de a regularizar, de modo a garantir a perfeita aderência do sistema impermeabilizante; [4]

Barreira pára-vapor: Camada que impede a passagem de vapor de água ascendente, prevenindo a ocorrência de condensações. Localiza-se entre a camada de forma e o isolamento térmico; [4]

Sistema de Impermeabilização: Sistema que tem como principal função a proteção da construção contra a passagem de fluidos, o assegurar da salubridade dos ambientes.

Isolamento Térmico: Tem como principal função contribuir para a satisfação das exigências de conforto térmico dos espaços subjacentes, através da redução das trocas de calor entre o ambiente exterior e o interior; [4]

Camada de dessolidarização: Esta camada garante a independência entre o sistema de impermeabilização e a camada de proteção, evitando assim a transmissão de movimentos diferenciais; [4]

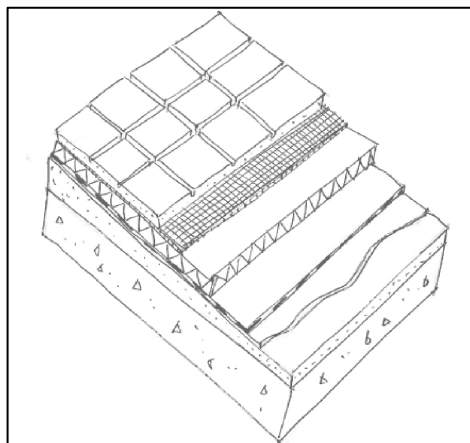


Figura 5: Ilustração de camadas constituintes de uma cobertura plana.

Os elementos que compõem uma cobertura plana estão descritos no esquema representado na figura seguinte (Figura 6).

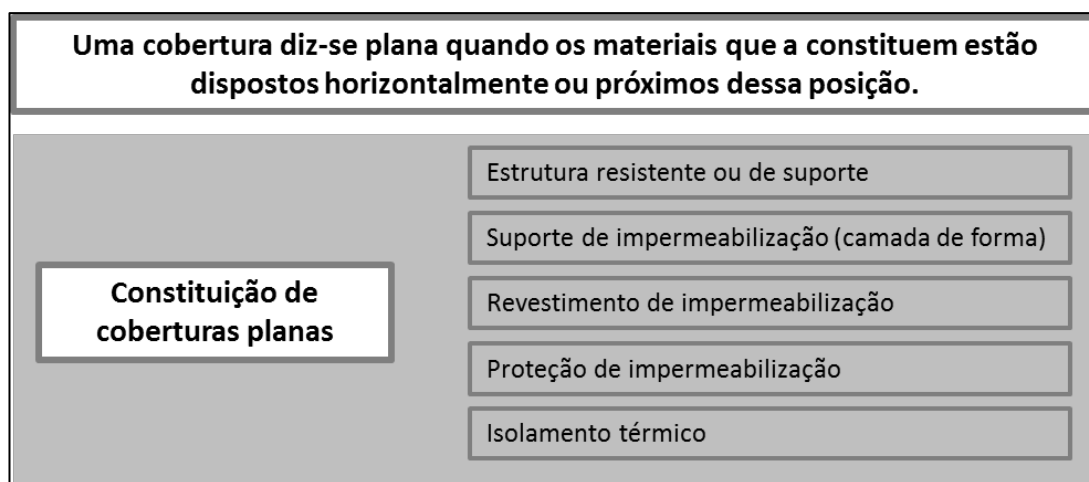


Figura 6: Elementos constituintes de uma cobertura plana.

Existem ainda camadas específicas, não referidas anteriormente, que se destinam a certos tipos particulares de coberturas (como por exemplo as coberturas ajardinadas).

3.2 Funções das camadas constituintes de coberturas planas

3.2.1 Estrutura resistente

As várias camadas que compõem o sistema construtivo das coberturas planas apoiam-se num elemento estrutural designado por laje de cobertura. Esta estrutura resistente tem como função suportar cargas de naturezas diversas, tais como: o peso próprio da laje; o peso próprio do sistema construtivo sobrejacente; e as sobrecargas (utilização, manutenção, neve, água, vento).

Relativamente à deformabilidade da estrutura resistente duma cobertura em terraço podemos distinguir estruturas flexíveis ou rígidas, consoante as deformações relativas na direção perpendicular ao plano da cobertura sejam, respetivamente, mais ou menos significativas, para os vãos e soluções correntes dessas estruturas [1].

As estruturas rígidas podem ainda subdividir-se em contínuas e descontínuas, conforme forem executadas sem juntas (não incluindo as juntas de dilatação), ou com juntas distribuídas duma forma regular e com espaçamento reduzido. As estruturas flexíveis são em geral descontínuas [1].

Entre as estruturas rígidas contínuas estão as pré lajes e as lajes maciças ou aligeiradas de betão armado ou pré-esforçado, e como estruturas resistentes rígidas descontínuas, podem citar-se as pranchas vazadas prefabricadas de betão armado ou pré-esforçado e alguns perfis pré-fabricados especiais, do mesmo material, que vencem grandes vãos e constituem lajes nervuradas.



Figura 7:Estrutura resisistente rigida e descontinua [13]

Relativamente às estruturas resistentes flexíveis, citam-se como soluções mais correntes as que são constituídas por chapas metálicas nervuradas. (Figura 8) ou por pranchas de madeira ou seus derivados.



Figura 8:Estrutura resistente flexível – chapas metálicas nervuradas. [13]

As estruturas rígidas contínuas constituem as soluções típicas de coberturas de edifícios correntes (edifícios de habitação, escritórios e estacionamento). As estruturas descontínuas, rígidas e flexíveis, constituem as soluções preferenciais em coberturas de grandes vãos (unidades industriais, pavilhões e superfícies comerciais).

O quadro seguinte (Quadro 1) sintetiza a informação previamente descrita relativa à estrutura resistente, fornecendo informação relativa ao seguinte: classe da cobertura, soluções e aplicações correntes.

Classe da cobertura		Soluções correntes	Domínio de aplicação
Com estrutura resistente rígida	Contínua	Prelajes Lajes maciças de betão armado Lajes maciças de betão pré-esforçado Lajes aligeiradas de betão armado Lajes aligeiradas de betão pré-esforçado	Edifícios de habitação Edifícios de escritórios Estacionamentos
	Descontínua	Pranchas vazadas Perfis especiais	Grandes vãos de: Unidades industriais Pavilhões Superfícies comerciais
Com estrutura resistente flexível (em geral constituída por estruturas descontínuas)		Chapas metálicas nervuradas Pranchas de madeira ou seus derivados	

Quadro 3:Estrutura resistente: classe da cobertura, soluções e aplicações.

3.3 Suporte do sistema de impermeabilização (camada de forma)

Trata-se de uma camada de argamassa que tem como principal função definir a inclinação (pendentes) da cobertura para que a água não se acumule, mas que escorra de forma equilibrada para as caleiras e destas para os tubos de queda. [3,4]

Uma execução incorreta pode provocar acumulações desnecessárias, que em curto prazo podem levar à rutura da estrutura de suporte e a longo prazo infiltrações em alguns sistemas impermeabilizantes. [1].

A camada de forma é normalmente constituída por um material leve (betão leve, betão celular, granulado de cortiça), apresentando como principal função conferir o declive da cobertura, vital para promover a condução da água para as suas eventuais saídas, previamente estabelecidas (Ex: tubo de queda). Dificultando a sua acumulação sobre o sistema.



Figura 9: Materiais constituintes da camada de forma [20]

Em suma, a camada de forma tem as seguintes funções:

- conferir o declive da cobertura
- servir como base para o restante sistema escolhido para a cobertura

3.4 Sistema de impermeabilização

3.4.1 Introdução

Uma das camadas mais importantes numa cobertura em terraço é a impermeabilização, uma vez que é ela que satisfaz várias exigências funcionais, como por exemplo, a estanquidade à água.

A camada de impermeabilização deve ter também a capacidade de se deformar sem entrar em rotura ou fissurar quando submetida às ações de sucção do vento ou aos movimentos do isolamento térmico ou da camada de regularização, de acordo com o suporte utilizado. [31]

A impermeabilização de coberturas planas compreende dois sistemas, um relativo à sua constituição (materiais empregues) e outro relativo ao sistema de fixação utilizada. A classificação de sistemas de impermeabilização de coberturas quanto à sua constituição implica o conhecimento dos materiais utilizados (telas ou feltros betuminosos, membranas

termoplásticas, membranas betume-polímero, elástoméricas, resinas acrílicas, resinas poliméricas, emulsões betuminosas, etc.) e dos métodos de aplicação desses materiais (“in-situ” ou pré-fabricados).

Os sistemas de impermeabilização mais frequentes no nosso país são os sistemas não-tradicionais. Dentro destes, destacam-se os sistemas constituídos por membranas betuminosas APP e SBS, (Membranas de betume-polímero modificado) e por membranas de PVC e TPO (Membranas termoplásticas).

3.4.2 Materiais constituintes

Os materiais podem classificar-se nos seguintes tipos fundamentais: materiais betuminosos, sintéticos, elastoméricos, materiais auxiliares, produtos elaborados e produtos prefabricados [1, 2].

Em relação aos materiais não tradicionais, distinguem-se aqueles que são apresentados em pasta, tais como emulsões modificadas e outros produtos com base em materiais plásticos e elastómeros, e os que são formados por membranas pré-fabricadas.

A distinção entre materiais tradicionais e não tradicionais ainda existe em muitas classificações e obras relativamente a este tipo de coberturas. Nesta dissertação falamos brevemente sobre os materiais empregues, mas não exploramos este conceito de classificação.

Atualmente os materiais usados na impermeabilização e revestimento de coberturas passam por produtos pré-fabricados, que vêm de fábrica em formato de rolo, pronto a ser aplicado em obra. O que faz com que, regra geral, se usem produtos pré-fabricados em grande parte das intervenções.

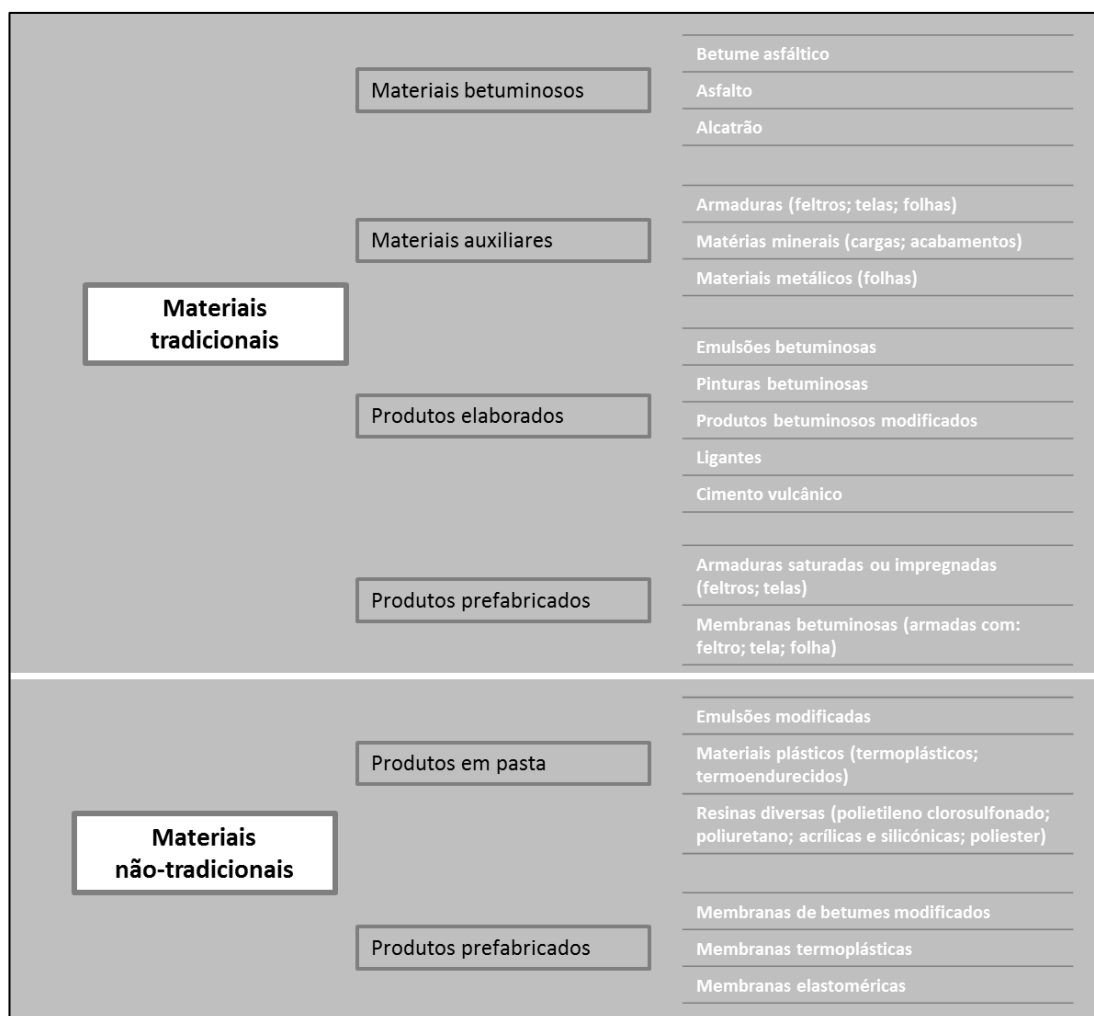


Figura 10: Sistema de impermeabilização: materiais constituintes

3.4.3 Sistemas de impermeabilização: constituição

Os materiais atrás referidos (Figura 9) são em geral associados entre si para constituir sistemas de impermeabilização [1].

Tal como os materiais, os sistemas de impermeabilização podem classificar-se em sistemas tradicionais ou não-tradicionais, com a possibilidade de cada um deles poder ser executado “in situ” ou integrar produtos prefabricados.

O facto dum sistema ser classificado como sendo aplicado “in situ” não implica que não possa integrar produtos prefabricados, nomeadamente armaduras. E, vice-versa, os sistemas que utilizam produtos pré-fabricados podem integrar também produtos pastosos [1].

O esquema representado (Figura 11) sintetiza, de uma forma não exaustiva, a classificação atribuída aos sistemas de impermeabilização de coberturas planas quanto à sua constituição.

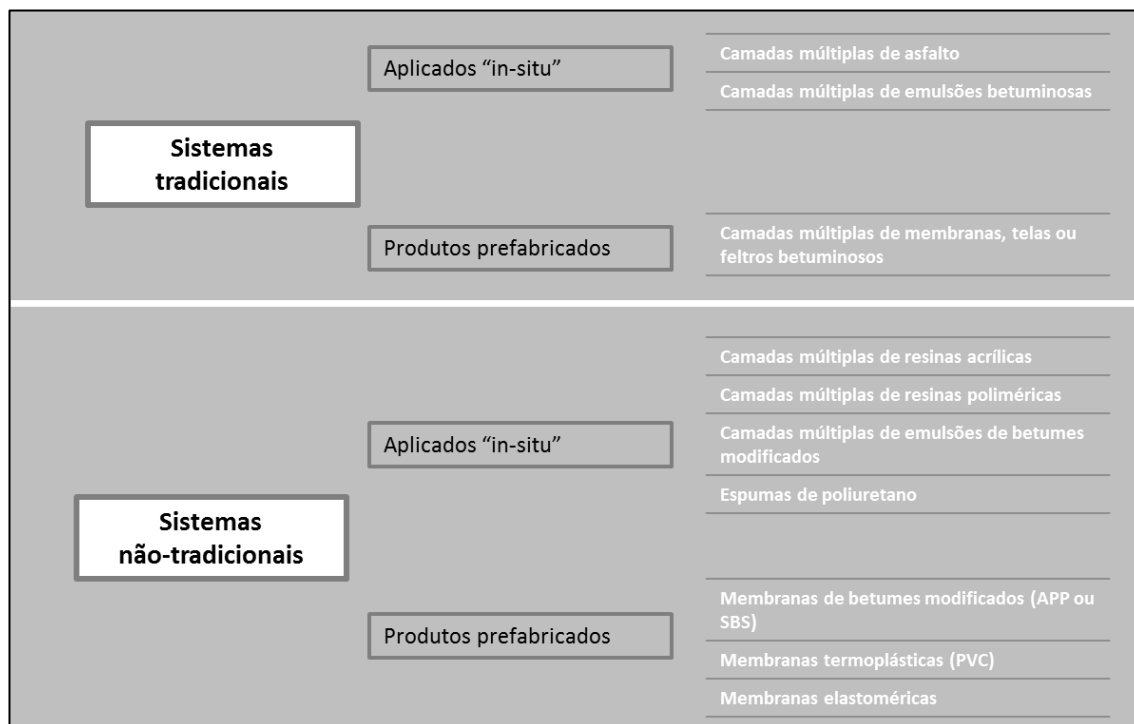


Figura 11: Materias Tradicionais e não tradicionais

3.4.4 Materiais impermeabilizantes

As membranas de impermeabilização mais utilizadas são as de betume-polímeros, as termoplásticas e as elastoméricas. As membranas de betumes-polímeros (Figura 15) são constituídas por uma mistura betuminosa modificada por uma resina, plastomérica ou elastomérica. As membranas de natureza termoplástica (Figura 12) mais conhecidas são as de PVC plastificado e as de mais recente divulgação são as de poliolefinas (TPO ou FPO). Nas membranas elastoméricas (Figura 15), exploramos o exemplo do EPDM.

5.4.4.1 Membrana de PVC e TPO:

As membranas de PVC (Policloreto de Vinilo) ou TPO (Termoplástico de poliolefina) são rolos pré-fabricados que são termo soldados no local com ar quente. Estes materiais são bastante resistentes aos raios UV e à abrasão. São leves, o que reduz a carga sobre a estrutura do edifício.

As membranas de PVC e TPO são vocacionadas para serem aplicadas em sistemas de camada única, geralmente independentes do suporte ou a ele fixadas mecanicamente, em coberturas não acessíveis. Na generalidade, as pendentes das coberturas não são inferiores a 1%. Nos sistemas de fixação mecânica, as membranas utilizadas devem ter armaduras de poliéster [30], para permitirem ao sistema de impermeabilização um comportamento adequado sob as ações a que irão estar sujeitos. Em relação aos suportes, é necessário que a sua seleção e colocação no sistema não conduza a uma eventual migração dos plastificantes da membrana para o suporte (não deve haver contacto direto entre membranas de PVC e suportes de poliuretano ou de poliestireno expandido).

Vantagens: São leves, o que reduz a carga sobre a estrutura do edifício, e são fáceis de instalar. Além disso, possuem uma excelente resistência aos raios UV e a produtos químicos. No caso da poliolefina, este tem ainda a vantagem de ser um produto sustentável, pois permite a reutilização e reciclagem deste mesmo material.

Desvantagens: O preço por unidade de área destes materiais é superior a outras soluções igualmente válidas, exceto em grandes superfícies, onde é das poucas soluções que permitem um revestimento funcional e seguro, devido à menor resistência de uma estrutura flexível.

Por fim, a mão de obra portuguesa não se encontra bastante especializada neste tipo de aplicação. O equipamento para a sua instalação é caro.



Figura 12: Aplicação de uma membrana Termo-Plástica

3.4.4.2 EPDM (Etileno Propileno Dieno Tipo M):

Trata-se de um tipo de borracha sintética muito resistente e durável. A membrana EPDM é flexível e consegue suportar variações de temperatura extremas, bem como a exposição aos raios UV. Pode ser totalmente aderida à cobertura, fixada mecanicamente ou instalada solta com lastro (por exemplo, cascalho ou terra). Os sistemas podem ser totalmente aderentes, independentes ou fixados mecanicamente ao suporte. Em qualquer das situações, após o desenrolamento, as membranas devem manter-se em repouso cerca de 30 minutos para que se dissipe o estado de deformação a que estiveram submetidas enquanto enroladas. (Figura 11). Estes revestimentos estão vocacionados para coberturas de acessibilidade limitada, a trabalhos de manutenção e de reparação e com valores de pendentes não inferiores a 1,5%. [30]

Desvantagens: É uma solução cara, a sua instalação é difícil devido à necessidade de aplicar este material recorrendo a adesivos. Face a esta observação, o mercado português explora outras soluções.

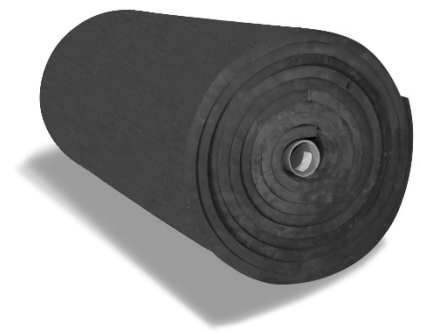


Figura 13: Aplicação e apresentação comercial do material EPDM

3.4.4.3 Impermeabilização líquida

Existem vários tipos de impermeabilizantes líquidos no mercado, incluindo a poliureia, o poliuretano e as resinas acrílicas. São aplicados como se fossem uma pintura e formam uma membrana contínua, sem juntas, que é resistente à água.

A sua aplicação permite uma grande adaptabilidade a diferentes geometrias de cobertura.

Vantagens: A sua aplicação permite uma grande adaptabilidade a diferentes geometrias de cobertura. São também materiais de baixa manutenção.

Desvantagens: Estes materiais podem necessitar de mais tempo para a aplicação e podem necessitar de várias camadas para proporcionar uma impermeabilização eficaz, requer também equipamento e formação especializada. É uma solução que quando perante condições minimamente adversas perde as propriedades muito rapidamente, o seu uso é cada vez menos aconselhado.



Figura 14: Aplicação de Solução em Poliureia

3.4.4.4 Betume Modificado com Polímeros (APP/SBS)

Este material é semelhante à membrana betuminosa, mas foi modificado com polímeros para aumentar a sua flexibilidade, trabalhabilidade e durabilidade. Pode ser aplicado com um maçarico a quente (APP e SBS) ou com adesivos a frio (SBS). Este tipo de betume é substancialmente mais resistente ao envelhecimento e à degradação. [30]

Estas membranas são obtidas por recobrimento de uma ou duas armaduras com uma mistura betuminosa modificada à qual foi acrescentada polímero de polipropileno atáctico, no caso das APP, ou polímero de estireno-butadieno-estireno, no caso das SBS. e as membranas SBS, relativamente às membranas APP, terão um melhor comportamento a baixas temperaturas e pior ao calor. [31]

Devido ao seu baixo custo são de longe o sistema mais utilizado entre nós. [4] Existem outras razões que as tornam mais usuais, como:

- São usadas, genericamente, duas camadas de telas betuminosas, muito devido ao facto de o seu custo por unidade ser mais baixo.
- As soluções construtivas que envolvem este material são simples e muito bem conhecidas na Península Ibérica. Onde a mão de obra é geralmente muito bem qualificada neste tipo de trabalho de impermeabilização.

Existem 2 tipos de armadura:

a) **Fibra de vidro:** Oferecem uma ótima estabilidade dimensional. Caso exista algum assentamento do suporte por sobrecarga esta não se deforma com facilidade.

Como não se alonga deve ser utilizada em zonas cobertas de radiação solar, como numa primeira camada de um sistema construtivo. É frequente em zonas ajardinadas de pouca intensidade como floreiras e bandas de remates sobre a face dos muros.

b) **Poliéster:** Boa resistência à tração, não rasga com facilidade se for tracionada. Boa resistência ao punçoamento, não rompe com facilidade se for pressionada.

Observação: A presença destas armaduras evidencia-se não só nestes materiais, é também frequente o seu uso em lâminas Sintéticas e Elastoméricas.

Apresenta dois tipos de acabamento: granulado (coberturas não transitáveis/proteção leve) e filme de polietileno de alta densidade, facilitando a adesão a quente (proteção pesada).

A diferença entre um APP e SBS caracteriza-se pela percentagem de elastómeros presente. Uma Membrana SBS tem um comportamento elástico, enquanto uma membrana APP tem um comportamento plástico. Isto deve-se ao fato de que um material APP tenha uma maior percentagem de plastómetros na sua composição. [4]

Desvantagens:

- Não é ideal para lugares onde existe uma forte acumulação de água. (zonas de pendente nula)
- A aplicação é trabalhosa, as condições de aplicação a quente exigem alguma experiência e resiliência, dado que são soldadas inúmeras juntas longitudinais.
- O mais indicado é um sistema de camada dupla, o que eleva bastante os fatores: mão de obra e tempo de execução. Embora resulte numa impermeabilização mais segura devido à sobreposição a quente de todas as juntas da primeira camada aderida.
- Os bordos e recantos devem ser arredondados
- O próprio peso próprio da Membrana inviabiliza o seu uso em coberturas de Deck Industrial.
(Normalmente o peso médio por metro quadrado ronda os 7 Kg/m², sendo que é aplicada uma membrana de 3 Kg/m² sobre uma de peso superior de 4 Kg/m².)
- Nas coberturas tradicionais, como este fica por cima do isolamento térmico, devido à radiação UV este apresenta uma durabilidade limitada.

- A sua aplicação não deve ser feita em dias húmidos e requer o uso de emulsão asfáltica de forma a aumentar a sua adesão.



Figura 15: Membrana APP Auto Protegida, *Gonçape Revestimentos Lda*

3.4.4.5 Argamassas Poliméricas

São argamassas modificadas com polímeros para proporcionar uma barreira impermeável. Este material é geralmente usado em combinação com outros métodos de impermeabilização para oferecer uma proteção adicional. São particularmente úteis em áreas com muitos detalhes ou passagens de instalações, onde outros sistemas podem ter dificuldade de selagem. [4]

Vantagens: São fáceis de aplicar e são particularmente úteis em áreas com muitos detalhes ou passagens de instalações.

Desvantagens: Por si só, podem não proporcionar uma barreira de impermeabilização suficientemente eficaz e, portanto, são geralmente usadas em combinação com outros métodos e produtos.

Nota Final: Cada método de impermeabilização tem os seus próprios requisitos de instalação e manutenção, e alguns podem ser mais adequados para certas aplicações.

3.4.5 Sistemas de impermeabilização: ligação ao suporte

A classificação de sistemas impermeabilização de coberturas planas pode ser feita tendo em conta o seu modo de ligação ao suporte. Assim, quando os sistemas são, em superfície corrente, totalmente aderentes, parcialmente aderentes ou totalmente desligados do seu suporte, dizem-se, respetivamente: sistemas aderentes, sistemas semiaderentes (ou semi-independentes), e sistemas independentes; existem ainda os sistemas fixados mecanicamente [1,36].

A aderência do sistema de impermeabilização ao suporte pode ser realizada basicamente por dois processos: ou através da utilização de um ou mais produtos de ligação, ou pela fusão de

material da superfície inferior do revestimento (Figura 17), com posterior aperto deste contra o suporte. No primeiro caso, o produto de ligação pode ainda ser aplicado a quente ou a frio – por exemplo, betume insuflado ou colas especiais, respetivamente. A segunda técnica é usada em membranas com base em betume ou em membranas termoplásticas (Figura 18). A fusão do betume é conseguida através da ação da chama de um maçarico a gás propano. Nas membranas termoplásticas essa fusão é feita por ação de ar quente [1].

Na ligação dos sistemas semiaderentes ao seu suporte podem ser utilizadas várias técnicas consoante o tipo de produto de ligação ou de material auxiliar utilizado. Assim, tal como para os sistemas aderentes, podem usar-se sistemas de colagem a quente ou a frio. O recurso à colagem por fusão do material do revestimento de impermeabilização não é uma técnica muito corrente na ligação de sistemas semiaderentes, dado que se torna mais difícil garantir, em condições satisfatórias, a superfície adequada do material colado [1].

Uma outra técnica de aplicação de sistemas semiaderentes consiste na utilização de um material auxiliar, cuja função principal é permitir distribuir regularmente as zonas de colagem do sistema pela superfície corrente da cobertura. A superfície corrente do sistema que fica aderente ao suporte pode variar entre cerca de 15% a 50%. É, portanto, dentro deste intervalo que os sistemas de impermeabilização são correntemente designados como semiaderentes [1].

Modo de fixação	Descrição
Forma aderida	Neste processo de fixação, o revestimento de impermeabilização é colado ao suporte em toda a sua extensão com produtos aplicados a quente (emulsões).
Forma semiaderida	A fixação da tela é feita ao suporte à volta do perímetro de cobertura, nos pontos singulares e ainda a meio da cobertura. Neste caso a fixação pode ser feita por colagem (colas ou emulsões aquecidas) ou por fixação mecânica (perfis e/ou parafusos).
Forma não aderida ou independente	As telas só são fixas no perímetro da cobertura e em pontos singulares. Nesta forma de fixação as telas são fixas com auxílio de materiais granulares (godo, brita), lajetas ou betonilhas.

Quadro 4: Descrição das várias formas de ligação ao suporte [30]

Nas soluções semiaderentes que utilizam reduzida superfície de aderência, igual ou inferior a 15%, recomenda-se a colocação de uma proteção pesada sobre o sistema de impermeabilização, especialmente quando as sucções do vento conduzem a pressões com valores significativos. [1,4]

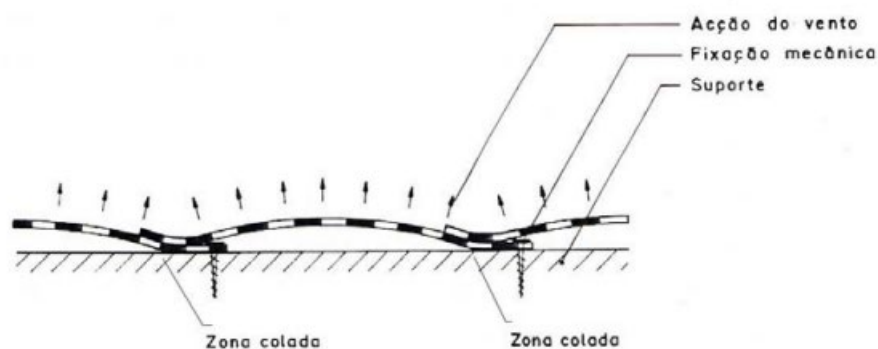


Figura 16: Ação do vento num revestimento fixado mecanicamente [30]

Relativamente aos sistemas independentes, distinguem-se os que são simplesmente aplicados sobre o suporte devidamente regularizado, daqueles em que a garantia da independência do sistema é conseguida pela interposição duma camada entre o sistema e o suporte, camada essa vulgarmente chamada de independência ou de dessolidarização.

Quando a estrutura resistente é de madeira ou de alguns dos seus derivados, nomeadamente o contraplacado, costuma ainda usar-se um sistema semiaderente, realizado com base na fixação mecânica (em geral, pregagem) duma primeira camada à estrutura resistente, ou a esta e às camadas intermédias, caso existam [1,36].

Por último, a fixação mecânica é um processo de ligação de sistemas de impermeabilização ao seu suporte. Realce-se, no entanto, que se o suporte não for a estrutura resistente, o que frequentemente acontece, as peças de fixação são geralmente “amarradas” a essa estrutura, atravessando, portanto, as camadas intermédias. Assim, nestes casos, a fixação do sistema de impermeabilização pode também contribuir para a ligação dessas camadas à estrutura resistente, nomeadamente da camada de isolamentos térmico, quando realizada com base em placas de material isolante [1,36].

A escolha do tipo de ligação ao suporte deve ser feita tendo em conta o seguinte:

- os sistemas aderentes são aplicáveis em quase todas as situações, sendo obrigatórios em rampas de acesso a veículos e recomendado em locais ventosos. O seu uso é evitado em coberturas de suporte flexível ou em sistemas em que a base do mesmo seja de um material incompatível á chama (painéis de Poliestireno extrudido); [4, 14]
- os sistemas semiaderentes/independentes e independentes são aplicáveis em todas as situações exceto em rampas de acesso a veículos e edifícios com elevada ação do vento a não ser que esteja devidamente protegido; [30]

- As fixações mecânicas são especialmente vocacionadas para estruturas resistentes constituídas por chapas metálicas nervuradas, ou por elementos de madeira ou seus derivados. Existem dois tipos de fixações mecânicas: pontuais e lineares. [14]



Figura 17: Sistema Aderido [38]



Figura 18: Sistema semi-independente ou semi-aderido. [38]

Note-se que, em qualquer um dos quatro processos de fixação dos sistemas referidos, os remates da impermeabilização em superfície corrente com elementos emergentes da cobertura são tratados com a aderência total da camada de impermeabilização. [4]. Em certos remates com elementos emergentes, nomeadamente quando a sua altura é significativa, torna-se necessário complementar aquela ligação com fixações mecânicas [1,4].

Em relação às membranas de betume modificado APP e SBS, elas estão preparadas para poderem ser fixadas ao suporte das três formas acima descritas, mas a forma que é de longe a mais utilizada é a primeira, através de soldadura a quente (por meio de uma chama). Algo que a mão de obra portuguesa está bastante familiarizada no ramo das impermeabilizações.

As membranas de PVC estão preparadas para serem fixadas ao suporte quer de forma independente quer mecanicamente. O mesmo acontece para as membranas de poliolefinas.

As membranas de EPDM estão preparadas para serem fixadas ao suporte das três formas: aderente, semiaderente ou de forma independente, tal como as membranas de poli-isobutileno e de borracha butílica. Estas membranas utilizam ao contrário das Membranas Betuminosas uma aplicação a frio aderida, ou seja, é através de produtos complementares que é feita a colagem ao suporte.

3.4.6 Sistemas de impermeabilização: regras de conceção

As regras de conceção e um sistema de impermeabilização mudam consoante o sistema ou tipo de material escolhido para a posterior aplicação. Como em Portugal Continental o uso maioritário é de Produtos Betuminosos, junta-se algumas regras de conceção da aplicação da mesma.

- a) As camadas de impermeabilização devem ser instaladas com a inclinação correta para facilitar o escoamento da água, reduzindo assim a probabilidade de estagnação de água e o potencial dano à cobertura. A inclinação ideal varia dependendo do tipo de suporte, mas normalmente é de pelo menos 1%. [9]
- b) As saídas de água e as instalações de drenagem devem ser adequadamente dimensionadas e colocadas para drenar, de forma eficaz, a água da cobertura. Deve ser dada uma especial atenção aos pontos de junção e outras áreas potencialmente vulneráveis à infiltração de água. [6,7,9]
- c) Em termos de manutenção, a cobertura deve ser regularmente inspecionada e mantida, para garantir que o sistema de impermeabilização permaneça intacto e eficaz ao longo do tempo. Quaisquer danos ou defeitos devem ser prontamente reparados para evitar danos maiores. [6,7, 9]

Sendo que a aplicação mais comum em Portugal é de um sistema aderido, com uso de Membranas Betuminosas, passo a seguinte recomendação para esta mesma aplicação, por parte de um fabricante. Na Figura 19 apresentamos as normas que visam os diferentes tipos de materiais para revestimento de impermeabilização de coberturas planas.

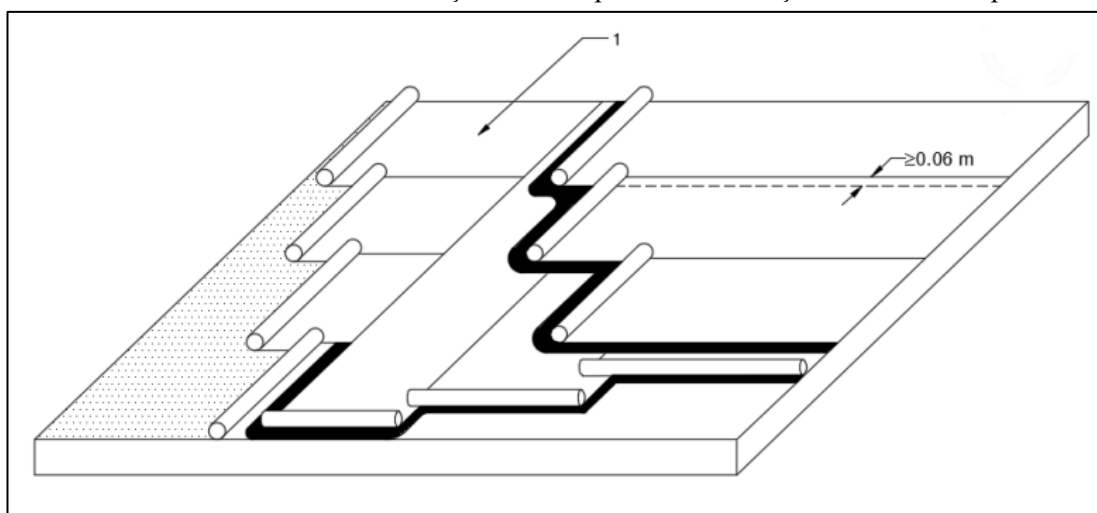
Referência	Título da norma
EN 13707:2004+A2:2009	Membranas de impermeabilização flexíveis — Membranas betuminosas armadas para impermeabilização de coberturas — Definições e características
EN 13859-1:2010	Membranas de impermeabilização flexíveis — Definição e características de barreiras flexíveis colocadas sob revestimentos de coberturas — Parte 1: Barreiras para coberturas com elementos descontínuos
EN 13956:2012	Membranas de impermeabilização flexíveis — Membranas betuminosas armadas para impermeabilização — Definições e características
EN 13970:2004	Membranas de impermeabilização flexíveis — Membranas betuminosas usadas como barreiras ao vapor — Definições e características
EN 13984:2013	Membranas de impermeabilização flexíveis — Barreiras ao vapor de plástico e de borracha — Definições e características

Figura 19: Normativas para Revestimentos de Impermeabilização [30]

3.4.6.1 Sistema de duas camadas, aderido a quente. (exemplo)

1. A membrana de impermeabilização será aplicada colocando as Telas, preferencialmente, numa direção perpendicular à inclinação máxima, começando pela zona de cota mais baixa da cobertura. O processo deve continuar até completar uma fileira, realizando sobreposições de no mínimo 6 cm, tanto nos elementos longitudinais como nas uniões entre peças (sobreposições transversais).
2. As sobreposições transversais das peças devem ser feitas de tal forma que nenhuma sobreposição entre peças de cada fileira fique alinhada com as das fileiras adjacentes.
3. A aplicação da segunda camada de folhas deve ser feita na mesma direção, por sobreposição, ou seja, a segunda camada deve ter suas sobreposições longitudinais aproximadamente no meio da largura da folha anterior, de modo a selar de uma forma mais eficaz, todas as juntas longitudinais, que apresentam um grande risco para possíveis infiltrações.

A grande vantagem em recorrer a um sistema aderido de duas camadas revolve numa maior facilidade de identificação de uma possível infiltração. Com um simples teste



de carga na cobertura ou terraço. Facilita também a sua eventual reparação.

Figura 20: Instruções para sobreposição de camadas [31]

3.5 Sistemas de isolamento térmico

A necessidade de reduzir o consumo de energia em edifícios tem levado ao aumento do uso de isolamentos térmicos nas coberturas, sejam elas planas ou inclinadas. No entanto, a utilização desses materiais pode condicionar a escolha do sistema de impermeabilização adequado em algumas situações. Embora os isolantes térmicos usados em coberturas possuam propriedades físico-químicas semelhantes aos usados em outras partes dos edifícios, eles devem ter características específicas para suportar cargas resultantes da circulação de pessoas e manter a estabilidade das suas dimensões.

Portanto, neste texto serão apresentadas algumas considerações sobre esses materiais, incluindo sua constituição, regras de qualidade e principais características.

A classificação de um isolante térmico é feita através de:

- Natureza das suas matérias-primas
- Modo de produção e apresentação
- Quanto à sua estrutura



Figura 21: Instalação de placas de Poliestireno Extrudido [7]

3.5.1 Natureza das matérias-primas:

A compatibilidade química entre os materiais de isolamento e as camadas adjacentes é um fator de grande importância. Os isolamentos são compostos geralmente de materiais de origem mineral, vegetal, sintética ou uma combinação destes. Essa compatibilidade é crucial para garantir o bom desempenho e a durabilidade do sistema como um todo.

Classe	Material isolante	
Isolantes minerais	Fibras Minerais	Lã de rocha Lã de vidro
	Placas	Perlite expandida Vermiculite expandida Espuma de vidro
	Betões leves	Betão celular Betão com inertes leves
Isolantes Vegetais	Aglomerado negro de cortiça Aglomerado de fibras de madeira Aglomerado de partículas de madeira Aglomerado de aparas de madeira mineralizada Aglomerados de fibra de vidro	
Isolantes Sintéticos	Poliestireno expandido moldado/extrudido Espumas rígidas de poliuretano Espumas de polisocianurato Espumas fenólicas	
Isolantes mistos	Perlite expandida + Poliuretano perlite expandida + Lã de Rocha	

Quadro 5: Natureza das matérias primas

3.5.2 Quanto ao modo de preparação e execução

Os produtos utilizados para isolamento térmico podem ser produzidos fora do local de instalação ou ser confeccionados no próprio local. Quando são pré-fabricados, podem ser aplicados aderindo-se diretamente à superfície ou de forma solta, utilizando fixação mecânica, se necessário.

Por outro lado, quando os produtos são produzidos no local, como é comum em casos de betões celulares, eles podem ser moldados para atender às necessidades específicas do projeto. Além disso, eles podem ser aplicados de forma solta, conhecida como colocação livre, ou por meio de projeção. É importante considerar essas opções de aplicação ao escolher o tipo de isolamento térmico a ser utilizado num projeto de construção.

Tipo de Isolante	Modo de produção ou execução
Prefabricados	Placas Mantas Blocos
Em pasta ou em espuma	Moldados Projetados
Granulares	Colocação livre Aglomerados com um ligante

Quadro 6: Modo de produção e execução

3.5.3 Classificação quanto à sua estrutura

Os isolantes podem ser classificados como materiais: celulares, fibrosos ou granulares.

Os materiais celulares contêm ar cerrado em alvéolos (Ex: aglomerado de cortiça). os materiais fibrosos mantêm uma película de ar aderente à extensa superfície de cada fibra (Ex: lã de vidro ou de rocha). Os materiais granulares retêm o ar nos intervalos entre grânulos (Ex: granulados de cortiça soltos).

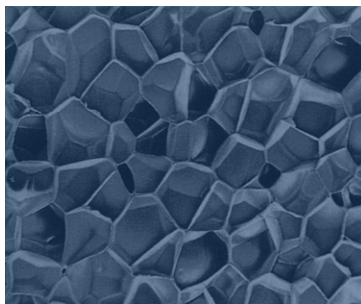


Figura 22: Ampliação de uma placa de Poliestireno Extrudido [7]

3.5.4 Características Dos Isolantes térmicos

3.5.4.1 Condutibilidade térmica, λ

A condutibilidade térmica é uma propriedade fundamental de um material isolante, que descreve sua capacidade de conduzir o calor.

No caso de materiais isolantes térmicos, como o próprio nome sugere, eles possuem baixa condutibilidade térmica, o que significa que são capazes de reduzir a transferência de calor, através do seu uso.

É uma propriedade característica de cada material que depende de uma série de fatores como: porosidade, dimensão dos poros, diâmetro da fibra, caráter isotrópico/anisotrópico, envelhecimento e o tipo de gás que o material encerra.

Apesar disto, os fatores mais influentes são a temperatura, a massa volumica e o teor de humidade.

CONDUCTIVITE THERMIQUE DES PRINCIPALES FAMILLES D'ISOLANTS NON PORTEURS		
Isolant	DTU Th-K λ (W/m°C)	ACERMI λ (W/m°C)
Laine de roche	0,038 à 0,047	0,037 à 0,038
Liège	0,049 à 0,10	-
Perlite cellulose	0,060	0,053 à 0,054
Polystyrène	0,030 à 0,050	0,036
Polyuréthane	0,030 à 0,050	0,025
Verre cellulaire	0,050	0,043 à 0,045

Figura 23: Réhabilitation des toitures terrasses: Condutividade térmica dos materiais [13]

3.5.4.2 Comportamento em relação à água

Este parâmetro é fundamental para se caracterizar o desempenho de um isolante térmico quanto à:

- absorção de água por gravidade, capilaridade, imersão e aspersão
- impermeabilidade
- higroscopicidade
- caráter não hidrófilo
- imputrescibilidade
- intumescimento
- possibilidade de dissolução de aditivos eventualmente existentes

3.5.4.3 Permeabilidade ao vapor de água

É uma propriedade indispensável para a correta concepção da envolvente face à difusão de vapor existente. No quadro 11 encontram-se os valores de permeabilidade de alguns isolantes térmicos.

3.5.4.4 Comportamento face aos agentes atmosféricos e biológicos:

Os isolantes estão frequentemente expostos a ações exteriores pelo que devem ser suficientemente resistentes a degradações por elas provocadas.

Entre as anteriormente referidas destacam-se a chuva, radiação ultravioleta e os ciclos gelo/degelo, que são dos fatores mais preponderantes numa análise inicial para escolha de um isolante térmico para uma Cobertura Plana com base neste parâmetro.

3.5.4.5 Comportamento face ao fogo

O conhecimento do comportamento ao fogo por parte de um material de construção é vital, principalmente em situações de potencial perigo para as pessoas.

Destaca-se a importância do conhecimento da reação ao fogo, risco de deflagração, temperatura limite de utilização, a libertação de fumos, gases tóxicos e matéria incandescente. O material isolante pode ainda ter na sua constituição material ignífugo, que irá dificultar a combustão.

3.5.4.6 Comportamento mecânico

A resistência à compressão é vital dependendo do uso e aplicação do material Isolante. Para coberturas Planas, o isolamento térmico apresenta maior ou menor resistência face à sua acessibilidade.

Sendo que em coberturas não acessíveis não necessitamos de tanta resistência por unidade de área.

3.5.4.7 Estabilidade dimensional

A estabilidade dimensional deve ser analisada em caso do material isolante térmico se encontrar em contacto com outros materiais.

É necessário conhecer a retração após o fabrico e a estabilidade dimensional sob a ação da temperatura/ambiente.

3.5.4.8 Impacto face ao Homem e meio ambiente

Há cada vez mais uma limitação do impacto da atividade humana ao meio ambiente. É necessário estar documentada e analisada a reação ao tato, a possível libertação de odores ou substâncias nocivas ao homem e ao meio ambiente, a segurança na utilização etc.

3.5.4.9 Outras características importantes:

- Custo de aquisição
- tempo de vida útil
- versatilidade

- a conformidade com regulamentação técnica
- o controlo da qualidade na produção
- a existência de informação técnica validada

3.5.5 Certificação e níveis de aptidão dos materiais isolantes [17]

3.5.5.1 Classificação ISOLE

Atualmente preconiza-se o grau de certificação de aptidão com base na classificação ISOLE e A ou B, para caracterizar a resistência térmica (R).

As exigências da certificação são as seguintes:

- Resistência térmica (R)
- Compressibilidade (I)
- estabilidade dimensional (S)
- comportamento à água (O)
- comportamento mecânico (L)
- permeabilidade ao vapor de água (E)

Por si, cada exigência tem uma correspondência de grau de aptidão para utilização, que se categoriza de 1 a 5.

a) Compressibilidade - I

Nível	Deformação
I1	$\Delta e/e \leq 25\%$
I2	$C \leq 12 \text{ mm}$
I3	$C \leq 3 \text{ mm}$
I4	$C \leq 0,5 \text{ mm}$
I5	$C \leq 0,3 \text{ mm}$

Quadro 7: Compressibilidade – I [17]

em que:

- **C [mm]**: representa a perda de espessura após aplicação progressiva, em 24h, de uma pressão de 0,01 MPA até 0,04 MPA, conforme NF P 75-301;

- $\Delta e/e$: variação relativa de espessura sob pressão de 100 Pa, em relação a uma pressão inicial de 50 Pa, conforme NF B 20-101 (não sendo admitidos valores superiores a 35 %)

b) Estabilidade dimensional: S

Nível	EXIGÊNCIAS
S1	$ S_n + V_{hr} \leq 0,01 \text{ m/m}$
S2	$G * S_n * e \leq 400 \text{ Pa} \cdot \text{m}$
S3	$ S_f \leq 0,0004 \text{ m/m} (*)$
S4	$(50 * \alpha + V_{hr} + S_f) * G \leq 15 * (10^3) \text{ Pa}$
*sem valores individuais > 0,0045 m/m	

Quadro 8: Estabilidade Dimensional [17]

em que:

- **S_n [m/m]**: retração ou dilatação natural relativa, a partir da saída da fábrica;
- **S_f [m/m]**: retração ou dilatação a 20 °C, após aquecimento a 70 °C durante 7 dias;
- **V_{hr} [m/m]**: variações dimensionais relativas em função da humidade relativa entre dois ambientes a 20 °C / 15 %HR e 20 °C / 90 %HR;
- **α [°C]**: coeficiente de dilatação térmica linear;
- **G [Pa]**: módulo de elasticidade transversal, obtido conforme NF T 56-118
- **e [m]**: espessura do isolamento.

NOTA:

Os parâmetros S_n e V_{hr} são determinados após uma estabilização, entre duas medições consecutivas, menor que 0,05 mm.

c) Comportamento à água- O

Nível	Exigências
O1	• Variação de espessura após humidificação parcial < 7,5 % • teor de humidade higroscópico (% em peso) < 15 % • teor de humidade higroscópico < 1,5%
O2	não hidrófilo
O3	• impermeabilidade à água em ensaio de absorção por gravidade (em 24h) • teor de humidade higroscópico (% em volume) < 0,05%

Quadro 9: Comportamento à água [17]

d) Comportamento mecânico- L

Nível	Exigências
L1	$R_l > P$
L2	$D \leq 0,12 \text{ m}$
L3	$R_t \geq 0,05 \text{ Mpa}$ $A_r \geq 1,5\%$
L4	$R_t \geq 0,18 \text{ Mpa}$ $A_r \geq 1\%$

Quadro 10: Comportamento Mecânico- L [17]

em que:

- **R_l [N]**: resistência em tração longitudinal;
- **P [N]**: peso de 10 metros para os produtos em rolo ou 3 painéis, com a mesma espessura e largura que os provetes de ensaio;
- **D (m)**: deformação por peso próprio (afastamento, em suspensão, de 0,35 m do provete em relação a um plano de referência);
- **R_t [MPa]**: resistência por tração perpendicular às faces;
- **A, [%]**: alongamento à rotura.

e) Permeabilidade ao vapor de água- E

Nível	Permeância- $P_e = \pi/e \text{ [Kg/(m}^2\text{s*Pa)]}$
E1	$P_e > 6,25 * (10^{-10})$
E2	$1,25 * (10^{-10}) < P_e \leq 6,25 * (10^{-10})$
E3	$3,13 * (10^{-11}) < P_e \leq 1,25 * (10^{-10})$
E4	$2,08 * (10^{-12}) < P_e \leq 3,13 * (10^{-11})$
E5	$P_e \leq 2,08 * (10^{-12})$

Quadro 11: Permeabilidade ao vapor- E

3.5.5.2 Parâmetros mínimos definidos para soluções construtivas em coberturas Planas, (adaptado de [17]):

Para além das exigências mínimas ISOLE torna-se necessário especificar para cada solução da envolvente, a resistência térmica recomendada para o isolamento térmico. A classificação ISOLE e R serão descritas na etiquetagem de cada material. Os níveis propostos são definidos em função dos coeficientes de transmissão térmica definidos no RCCTE.

3.5.5.3 A determinação da resistência térmica do isolante pressupõe

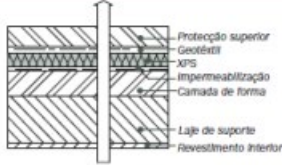
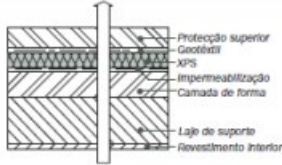
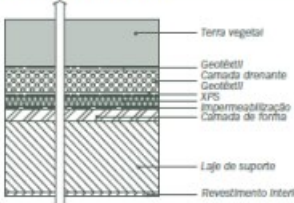
1. definição do nível de qualidade térmica desejado para a envolvente do edifício em estudo;
2. definição da zona climática do edifício de acordo com o RCCTE;
3. consulta dos quadros correspondentes a cada solução da envolvente e obtenção da resistência, nível de qualidade térmica adotado e a sua espessura ideal;

SOLUÇÃO	I	S	O	L	E
COBERTURAS HORIZONTAIS EM TERRAÇO COM ISOLANTE EXTERIOR					
Isolamento sob sistema de impermeabilização	a)	3	2	3	2 b)
Cobertura invertida ajardinada ou acessível a pessoas	a)	2	3	4	2
COBERTURAS METÁLICAS					
Isolante sob revestimento metálico	1	1	1	1	3 a 4 c)
Isolante sobre revestimento metálico e protegido pela impermeabilização	3	3	2	3	2 b)
Notas: a) Consultar o Quadro – para as exigências de compressibilidade b) Prevê pára-vapor sob o isolante c) No caso de ventilação fraca, prever uma barreira pár-vapor de permeância equivalente sob o isolante. Em coberturas acessíveis a veículos a Compressibilidade torna-se um fator determinante na solução, sendo que o isolamento térmico deverá possuir uma resistência superior a 400 MPA [4].					

Quadro 12: Classificação ISOLE para soluções correntes em Portugal. [17]

Carga Total*	Exigência- I
Carga ≤ 5 kN/m ²	I 3
5 kN/m ² $\geq$ Carga ≤ 10 kN/m ²	I 4
Carga ≥ 10 kN/m ²	I 5
Observação: *A carga total inclui peso próprio e sobrecarga, excluindo qualquer factor majorativo	

Quadro 13: Classes de Compressibilidade [17]

Espessura recomendada de isolante (mm), em função da zona climática Edifícios novos e existentes sujeitos a grandes intervenções					
Cobertura Plana Invertida (não transitável)	Zona climática				
Elemento Construtivo	I1	I2	I3	RA ⁽²⁾	
	Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com $btr > 0,7$	80	100	120	60
	Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $btr \leq 0,7$	30	40	50	30
Espessura recomendada de isolante (mm), em função da zona climática Edifícios novos e existentes sujeitos a grandes intervenções					
Cobertura Plana Tradicional (não transitável)	Zona climática				
Elemento Construtivo	I1	I2	I3	RA ⁽²⁾	
	Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com $btr > 0,7$	80	100	120	60
	Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $btr \leq 0,7$	30	40	50	30
Espessura recomendada de isolante (mm), em função da zona climática Edifícios novos e existentes sujeitos a grandes intervenções					
Cobertura ajardinada	Zona climática				
Elemento Construtivo	I1	I2	I3	RA ⁽²⁾	
	Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com $btr > 0,7$	30	40	60	30
	Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $btr \leq 0,7$	0	0	0	0

Nota: Foi considerado um substrato vegetal de 30cm

Figura 24: Soluções constructivas em Portugal e incluídas no ITE 50 (LNEC), bem como as bem como as espessuras mínimas de referência. Espessuras recomendadas para cumprimento dos requisitos do REH. [7]



Figura 25: Zonas Climáticas [6]

3.5.5.4 Regras de qualidade dos isolantes como suportes para impermeabilização:

As normas em questão, que foram transpostas das Directivas da UEAtc (Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction) [29], dizem respeito principalmente a materiais isolantes em forma de placas e levam em consideração o comportamento desses materiais sob ação térmica e mecânica. Essas normas podem ser resumidas da seguinte forma:

a) Comportamento das placas sob ação térmica

-Variação dimensional com a temperatura:

As placas devem respeitar limites de variação dimensional, que variam dependendo do tipo de fixação utilizado ou se houver proteção pesada ou não.

-Comportamento em relação aos movimentos do suporte:

Isso não é significativo em sistemas não aderentes, semiaderentes ou em qualquer forma de conexão entre a impermeabilização e o suporte, desde que o coeficiente de dilatação térmica do suporte seja muito baixo (inferior a 0,5 mm para uma variação de 50°C).

-Deslizamento da impermeabilização:

Isso é relevante apenas para impermeabilizações de classe IV. Nesse caso, o deslocamento da impermeabilização sobre o isolamento não deve exceder 2 mm quando o sistema é submetido a uma temperatura de 80°C durante 2 horas.

b) Comportamento das placas sob ação mecânica

Os materiais isolantes suportam cargas aplicadas de maneiras diferentes, que podem ser uniformemente distribuídas ou concentradas, dinâmicas (choque) ou estáticas. A compressibilidade dos isolantes é uma característica importante e pode ser classificada em quatro classes, de A a D, sendo a classe D a menos compressível. As coberturas com isolamento dessa classe podem ser usadas para a circulação de veículos leves.

3.5.6 Principais materiais usados e as suas características:

Apesar do aumento do uso de placas de poliestireno expandido extrudido como isolante térmico, existem outros materiais como lã mineral, aglomerado de cortiça expandida, betão celular ou argamassa de granulado de argila expandida que também são utilizados. No entanto, a popularidade crescente do poliestireno expandido extrudido deve-se à sua facilidade de aplicação e, consequentemente, à redução do custo de mão-de-obra. Além disso, como já mencionado, este material tem um efeito positivo no sistema de impermeabilização subjacente.

1) Betões leves

Enquanto suportes isolantes da impermeabilização podem também definir, simultaneamente, a camada de forma da cobertura.

Estes betões são normalmente confeccionados no local, utilizando granulado de argila expandida, granulado de poliestireno expandido ou perlite.

Existe também como opção o betão celular. Neste betão é adicionado pó de alumínio ou zinco, caso seja fabricado em autoclave, ou resinas especiais no caso de ser produzido em obra. [1]

Estes aditivos provocam uma expansão que aumenta o índice de vazios no material o que leva a uma subsequente diminuição da condutibilidade térmica.

Estes betões têm retração elevada, pelo que se aconselha a utilização de sistemas de impermeabilização independentes ou semiaderentes.



Figura 26: Betões Leves [20]

2) Perlite expandida

A perlite consiste em vidro vulcânico que pode ser expandido e tornado poroso através do aquecimento, causado pela libertação das moléculas de água que retém no seu interior. [1]

Graças à sua baixa densidade e excelentes propriedades isolantes, é amplamente utilizada como material a granel no isolamento de paredes de alvenaria. Além de fornecer isolamento térmico, também aumenta a resistência ao fogo, reduz a transmissão de ruído e possui resistência a insetos (quando relevante).

Ao ser usada como agregado em argamassas, a perlite pode resultar em produtos leves, resistentes ao fogo e com boas propriedades isolantes, tornando-se uma solução adequada para aplicação em terraços, especialmente na camada de forma (pendente).



Figura 27: Perlite Expandida

3) Isolantes vegetais

Com relação à sua resistência à água, apresentam um comportamento pior em comparação com a lã de rocha e o poliestireno expandido extrudido devido à sua maior absorção de água por imersão, que pode ser até 4,5 e 17 vezes mais, respectivamente. [1]

A absorção de água resulta em mudanças dimensionais significativas, podendo levar à sua separação do suporte se aplicado à vista. Além disso, a absorção de água diminui suas propriedades isolantes. Quanto às propriedades mecânicas, sua compressibilidade é aceitável. Atualmente, devido às suas propriedades não é uma solução corrente.

4) Isolantes minerais

As placas ou mantas de lã de rocha são amplamente utilizadas como material de isolamento térmico. As placas podem ser simples ou revestidas com uma membrana betuminosa e normalmente possuem classes de compressibilidade B ou C. Sua classe de reação ao fogo é A1 ou A2, conforme definido pelo DL 220/2008, de 12 de novembro. Este material é altamente resistente a agentes químicos e biológicos e não é suscetível à deterioração. [1]

A lã de rocha é fabricada a partir de fibras minerais de rochas vulcânicas, como basalto e calcário, esta última sendo uma rocha sedimentar. Os nativos das ilhas havaianas já usavam essa fibra para proteger suas casas do frio e do calor. A lã de rocha é produzida aquecendo-se rochas basálticas e outros minerais a cerca de 1500°C, transformando-os em filamentos que são aglomerados com soluções de resinas orgânicas. Isso permite a fabricação de produtos leves e flexíveis ou até mesmo muito rígidos, dependendo do grau de compactação. O produto resultante é praticamente imune à ação do fogo e possui excelentes propriedades de isolamento térmico e acústico. [1]



Figura 28: Lã de Rocha

5) Isolantes sintéticos

Quando utilizado em placas de poliestireno ou poliuretano expandido, esses materiais geralmente são revestidos por uma membrana betuminosa para fixação ao suporte ou para fixação da impermeabilização em sistemas aderidos. No entanto, devido à sua sensibilidade às temperaturas envolvidas no processo de colagem, essa técnica pode ser desaconselhada. Nos últimos anos, o poliestireno expandido extrudido tem sido cada vez mais utilizado em placas simples para isolamento térmico em coberturas invertidas. Nesse sistema, o isolamento não é aderente, mas a baixa absorção de água e a alta resistência mecânica a esforços de compressão o tornam um dos materiais de eleição para esse fim. Apesar dessas características, é necessária a colocação de uma proteção pesada, como godo ou brita soltos ou lajetas pré-fabricadas, para garantir sua posição e proteção contra a radiação ultravioleta. [1]

6) Isolantes Mistos

Esses materiais isolantes resultam da combinação de alguns dos materiais mencionados anteriormente, como a perlite expandida com poliuretano ou lã de rocha. Quando combinados, a camada de perlite é colocada na parte superior, já que suporta melhor a aplicação do calor para a fixação da impermeabilização, quando esta técnica é utilizada. As classes de compressibilidade conhecidas são classe B para a perlite em combinação com lã de rocha e classe C para a perlite em combinação com poliuretano. [1]



Figura 29:Sistemas de isolamento térmico: materiais [20]

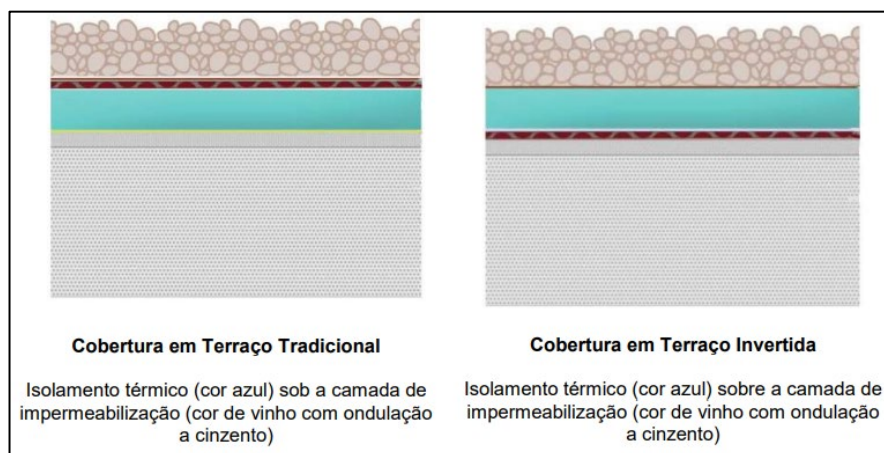


Figura 30:Cobertura Tradicional e Invertida [31]

3.5.7 Regras de concepção: Instalação e escolha dependendo da acessibilidade

3.5.7.1 Classes de Compressibilidade UEAtc [14]

Existem vários critérios de compressibilidade, são fundamentais para o primeiro parâmetro a ter em conta na seleção do material empregue.

Uma cobertura acessível destaca-se pela necessidade de ter mais resistência mecânica por unidade de área, ou seja, necessita de um isolamento com alta resistência à compressão.

O ensaio de comportamento sob cargas estáticas distribuídas leva à definição de quatro classes: A, B, C, D (consultar as "Directrizes UEAtc para a aprovação de isolamentos de suportes de impermeabilização").

A pertença a uma destas classes orienta o uso em função da acessibilidade:

- classe A: adequado para cobertura inacessível;
- classe B: adequado para cobertura inacessível;
- classe C: adequado para cobertura acessível a peões;
- classe D: adequado para cobertura acessível a veículos ligeiros.

3.5.7.2 Cargas Admissíveis

O problema das cargas admissíveis é abordado considerando o valor do assentamento absoluto sob carga distribuída, na zona linear de deformação (exceto para isolamentos rígidos, como a espuma de vidro).

Um quadro, constante no Parecer Técnico do isolamento considerado, dá, para cada espessura, o valor do assentamento para as diferentes cargas. A partir daí, é determinado um critério para não prejudicar o revestimento de impermeabilização: um assentamento de 2 mm não deve ser ultrapassado. [14]

3.5.7.3 Travessia das nervuras

No uso sobre aço nervurado, um ensaio de cargas estáticas concentradas está previsto. Conduz à definição de uma espessura mínima de isolamento para que uma abertura de nervura de 60 ou 70 mm possa ser transposta sob o passo de um homem. No entanto, dada a crescente quantidade de isolamentos, este critério está a ser cada vez mais negligenciado. [13]

3.5.7.4 Colagem a frio

Técnica não consagrada pelo uso, o emprego da cola a frio betuminosa é apenas considerado em sistemas particulares. A utilização em coberturas inclinadas não é adequada.

Recentemente, apareceu um sistema de colagem a frio com cola de poliuretano. Existem boas colas, mas a aplicação torna-se mais delicada: devido às irregularidades de superfície e à espessura limitada das faixas de cola, podem aparecer defeitos de colagem. [13]

3.5.7.5 Fixações mecânicas

A aplicação de fixações mecânicas é necessária no caso de impermeabilização auto-protégida, quando estamos sobre aço ou madeira (e seus derivados), e mesmo quando estamos sobre betão.



Figura 31: Lã Mineral ISOVER fixada mecanicamente, Reabilitação Universidade de Aveiro 2023

A fixação pode ser:

- sobre aço: por parafuso auto-perfurante, rebite de expansão ou pino soldado;
- sobre madeira: por prego torcido, parafuso de madeira, parafuso auto perfurante ou rebite de expansão;
- sobre betão: por sistema de bucha e parafuso.

Deve haver pelo menos quatro fixações por painel: uma em cada canto, as restantes sendo eventualmente distribuídas na superfície. É excluída a colocação de uma fixação sobre dois painéis.

A distância entre a borda da arruela e a borda do painel deve ser de 10 a 20 cm. [4,14]

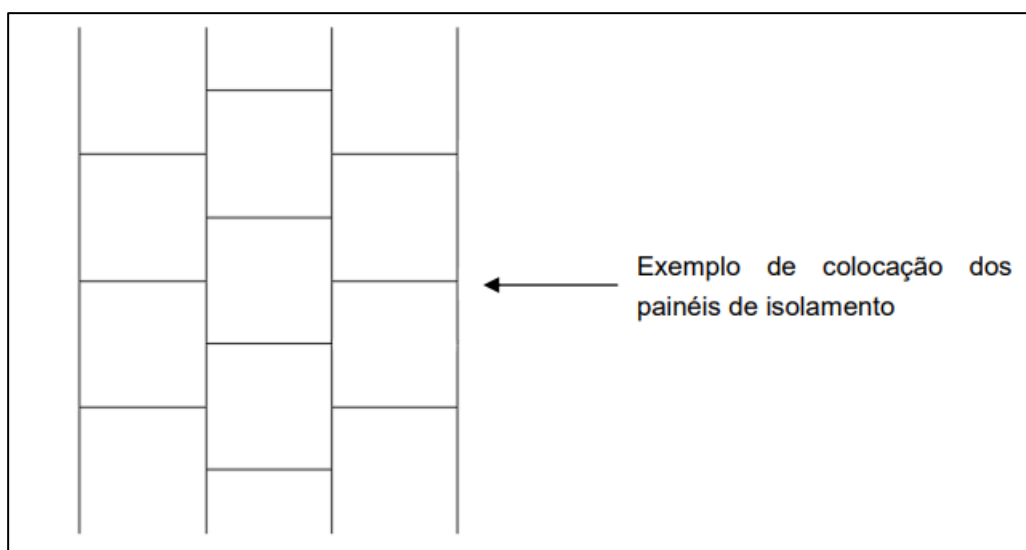


Figura 32: Sugestão para colocação de Isolamento térmico em Painel numa Cobertura Plana [31]

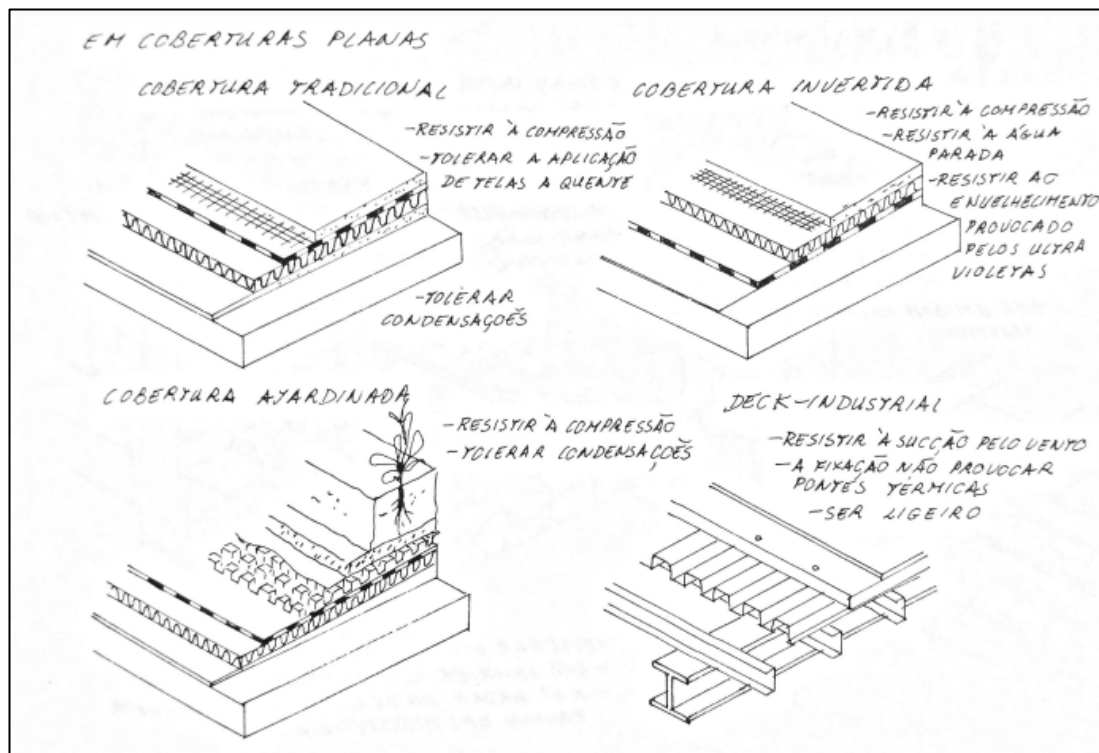


Figura 33: Sistemas de isolamento térmico: exigências de aplicação [10]

3.6 Camada de proteção da impermeabilização

A camada de proteção da impermeabilização é uma camada adicional que é aplicada sobre a superfície impermeabilizada, com a finalidade de protegê-la contra danos mecânicos (circulação e outros), contra a ação de agentes atmosféricos (raios UV, mudanças de temperatura, ventos, entre outros), e mais fatores que possam comprometer a eficácia da impermeabilização. [1,13]

A norma francesa DTU 43.1 estabelece algumas diretrizes para a escolha e instalação da camada de proteção da impermeabilização. De acordo com essa norma, a camada de proteção deve ser escolhida de acordo com a finalidade da edificação e as condições climáticas da região. As opções mais comuns são:

a) Camada de proteção com membrana sintética:

Essa camada de proteção é geralmente feita de materiais sintéticos, como o poliéster ou o polipropileno. Esses materiais são altamente resistentes a impactos e perfurações, o que os torna ideais para áreas de alto tráfego, como telhados acessíveis e terraços.

b) Camada de proteção com agregado ou granulado mineral:

Essa camada de proteção é composta por uma camada de cascalho, pedra britada ou outros materiais similares. Esse tipo de camada de proteção é ideal para áreas de tráfego moderado, como telhados não acessíveis.

c) Camada de proteção com solo vegetal:

Essa camada de proteção é composta por solo vegetal, geralmente utilizado em coberturas verdes. O solo vegetal serve como uma camada de proteção contra danos mecânicos, além de proporcionar uma camada adicional de isolamento térmico, apesar de fraco.

A camada de proteção da impermeabilização deve ser instalada de acordo com as instruções do fabricante e as normas técnicas aplicáveis. É importante garantir que a camada de proteção esteja adequadamente fixada à superfície impermeabilizada.

3.7 Síntese

As coberturas planas são estruturas utilizadas em edifícios para proteger o interior das construções de variadas patologias e elementos externos, como chuva, vento e neve. Como vimos, a construção de coberturas planas requer o uso de materiais específicos para garantir a estanqueidade da estrutura, evitando infiltrações e acumulações de água na superfície.

Assim, é necessário conhecer a constituição das várias camadas bem como as propriedades dos materiais utilizados nessas coberturas para satisfazer as exigências funcionais de uma cobertura planas, nomeadamente os materiais de impermeabilização.

Junto da necessidade de materiais adequados é também necessário proceder a uma instalação cuidadosamente planeada, de maneira a combater as singularidades que podem porventura comprometer a viabilidade do nosso sistema.

Os pormenores singulares representam também uma grande preocupação em qualquer intervenção numa cobertura, estes serão expostos no Capítulo 5.

No capítulo seguinte apresentamos algumas considerações face aos diferentes casos que possamos encontrar numa cobertura, para que depois haja uma base de conhecimento para estabelecer uma nomenclatura para soluções construtivas totais.

4

Classificação de coberturas planas

4.1 Objetivo

As coberturas planas representam um elemento fundamental em qualquer edifício, desempenhando não só a função primordial de proteção contra as intempéries, mas também desempenhando um papel relevante na eficiência energética, estética e funcionalidade de um edifício. Neste capítulo, vamos mergulhar num estudo detalhado da classificação das coberturas planas, baseando-nos em cinco das suas características-chave: acessibilidade, posição do isolamento, proteção, suporte e modo de fixação.

Em primeiro lugar, exploraremos a acessibilidade das coberturas planas. Esta característica determina se a cobertura é segura e adequada para trânsito ou uso regular, uma característica que pode afetar significativamente a utilidade e o valor de um edifício. Desde coberturas utilizadas para espaços recreativos ou jardins, até às inacessíveis destinadas unicamente à proteção do edifício, a acessibilidade é um elemento crucial na classificação das coberturas planas.

Em seguida, discutiremos a posição do isolamento na cobertura, um fator que influencia tanto a eficiência energética do edifício como a longevidade da própria cobertura. Distinguiremos entre coberturas planas tradicionais e invertidas, cada uma com desvantagens específicas.

Prosseguiremos para o conceito de proteção. Esta componente da classificação abrange tanto a camada superficial de proteção como os mecanismos subjacentes de impermeabilização.

Posteriormente, abordaremos a importância do suporte na classificação das coberturas planas. O suporte refere-se à estrutura que suporta a cobertura, que pode variar significativamente consoante os materiais utilizados e a estrutura geral do edifício.

Por último, mas não menos importante, analisaremos o modo de fixação do material à cobertura. Este parâmetro refere-se à forma como as camadas constituintes da cobertura são fixadas ao resto da estrutura do edifício e pode ter implicações significativas na estabilidade e resistência da cobertura.

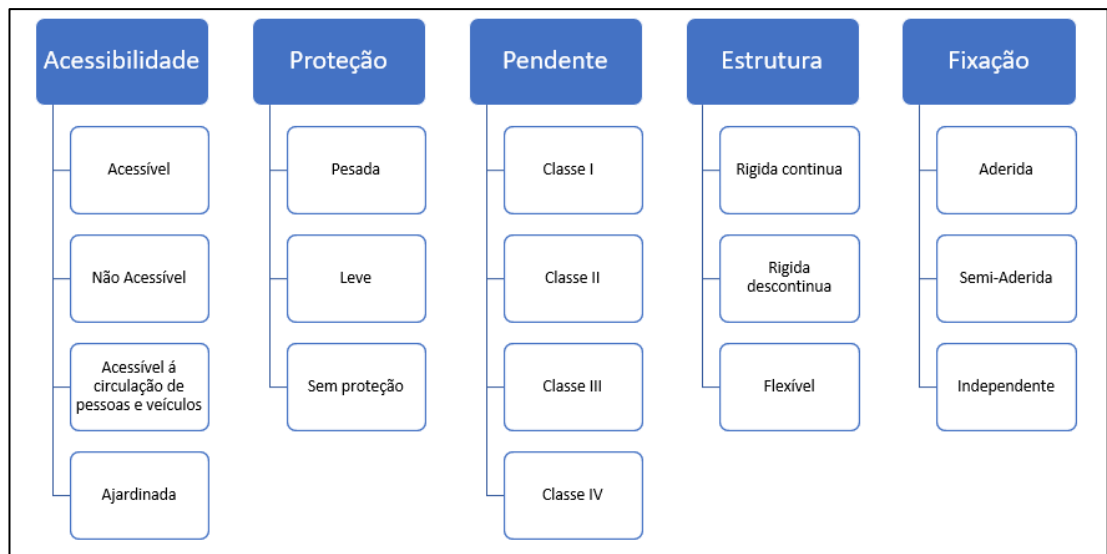


Figura 34: Diferentes Classes de Cobertura

Este capítulo proporcionará uma compreensão das diferentes características das coberturas planas, oferecendo uma base sólida para a escolha e implementação eficiente destas estruturas essenciais na construção civil.

Para a base deste trabalho consideramos a grande maioria de edifícios correntes em Portugal, que se caracterizam como Edifícios Residenciais (Ex: escritórios, habitação, escolas, etc.)

4.2 Classes de coberturas planas quanto à acessibilidade

- Não acessíveis:

Nestas coberturas está prevista apenas a circulação de pessoas ligadas à manutenção ou reparação, aconselhando-se a criação de zonas de circulação, como medida de máxima proteção mecânica dos materiais de impermeabilização e camada de isolamento térmico. Isto não invalida o uso de uma proteção leve, já que as exigências mecânicas do revestimento de impermeabilização e térmico não são tão significativas. [13,14]



Figura 35: Cobertura não acessível

- Acessíveis a pessoas:

A circulação poderá ser apenas de pessoas, em uso privado ou público pedonal. Sendo que o último se traduz numa maior resistência mecânica por metro quadrado, normalmente recorre-se ao uso de proteção pesada, como lajetas térmicas. (Figura 35) [13,14]

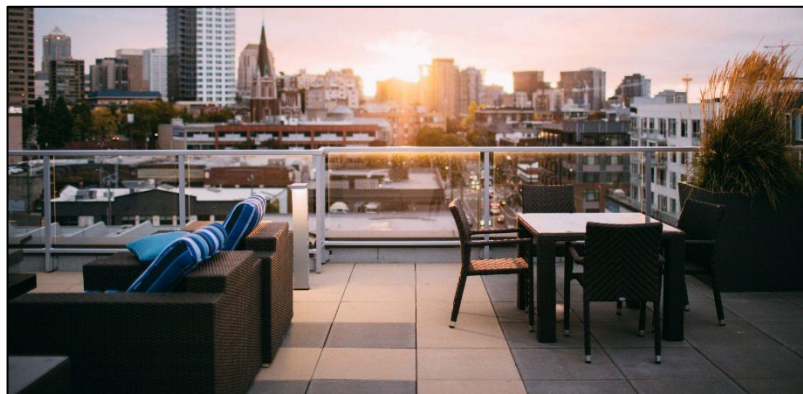


Figura 36: Terraço Acessível [6]

- **Acessíveis A Veículos (ligeiros ou pesados);**
Como o nome sugere são coberturas que permitem a circulação de viaturas ligeiras e pesadas, sendo que nesta última a resistência por unidade de área terá de ser superior. [4]
Caracterizam-se pela complexidade técnica.
São cada vez mais comuns, porque permitem a poupança e melhor organização de um espaço em projeto. (Ex: coberturas acessíveis a veículos em hipermercados)

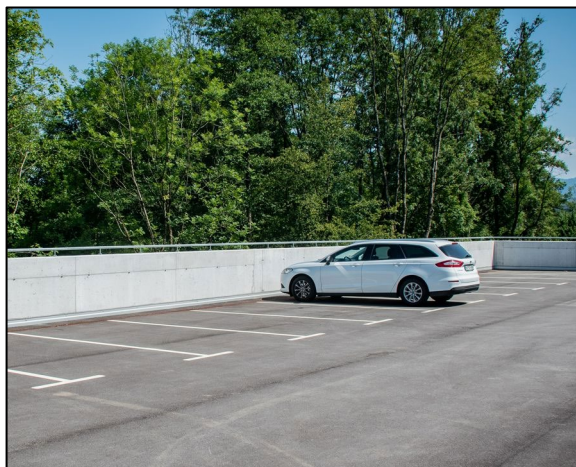


Figura 37: Cobertura Acessível a Veículos

- **Especiais (Jardins, Equipamentos Industriais, Etc.)**

Uma cobertura ajardinada é um complemento à cobertura plana existente, proporcionando uma série de benefícios adicionais.

Essa cobertura inclui uma impermeabilização de alta qualidade e repelente de raízes, um sistema de drenagem eficiente, uma camada de terra vegetal adequada para plantação e a vegetação correspondente.

Além disso, as coberturas ajardinadas podem ser classificadas em dois tipos: intensivo e extensivo.

A cobertura intensiva é caracterizada por uma camada de terra mais espessa, o que permite o cultivo de uma grande variedade de plantas, incluindo árvores e arbustos. Essa abordagem requer uma estrutura de suporte mais robusta e demanda um maior cuidado e manutenção. Por outro lado, a cobertura extensiva possui uma camada de terra mais fina, sendo mais adequada para o cultivo de plantas de baixa manutenção. [1,4,9]



Figura 38: Cobertura Ajardinada Extensiva [7]

A escolha entre os métodos modular e individual, assim como entre os tipos intensivo e extensivo, dependerá das necessidades específicas do projeto e das preferências estéticas.

4.2.1 A escolha da acessibilidade

A acessibilidade condiciona a inclinação mínima.

Terraços ou coberturas acessíveis não podem ter uma inclinação nula. Estas requerem uma inclinação mínima de 1%. Isto porque a estagnação de água causa desconforto à circulação de pedestres.

Normalmente uma cobertura plana acessível conta com algum tipo de proteção. [13]

<i>Classificação segundo as diretivas UEAtc</i>	<i>Classificação segundo o DTU 43.1 ao 43.4</i>
Arquiteturais ou técnicas	Inacessíveis
Acessíveis para manutenção	Inacessíveis
Acessíveis à circulação de pessoas	Pedonais
Acessíveis a veículos	Parque de Ligeiros ou Pesados
Especiais	Ajardinadas ou técnicas

Quadro 14: Classes de Acessibilidade UEAtc e DTU 43

4.3 Classes de coberturas planas quanto à posição do isolamento térmico

Um sistema de Isolamento térmico caracteriza-se muito pela posição que irá ocupar nas camadas constituintes do sistema.

Atualmente em Portugal, uma cobertura é classificada maioritariamente pela posição do isolamento térmico, é a linguagem de terreno mais comum.

Para fins de criação de uma nomenclatura e classificação, temos a linguagem presente no quadro 17. Embora os termos Tradicional e Invertida dominem o mercado e obra em Portugal Continental.

Existem 3 modos possíveis de posicionar o isolamento térmico, sendo que a última opção é a menos observada. Devido ao facto de algumas destas soluções não serem tão viáveis em caso de patologia e necessidade de reabilitação, como o caso dos projetados.

- a) Cobertura tradicional: Isolamento térmico sob a impermeabilização, ou seja, em cima do suporte resistente.
- b) Cobertura Invertida: Isolamento térmico sobre a impermeabilização.
- c) Isolamento térmico feito pelo interior.

	Classe de coberturas em terraço quanto à posição do isolamento térmico		
CT00	Sem Isolamento		
CT01	Com o isolamento térmico sob a estrutura resistente		em tetos falsos ou aderente à camada resistente
CT02	com o isolamento térmico sobre a estrutura resistente	Tradicional	isolamento térmico intermédio
CT03		Invertida	isolamento térmico sobre impermeabilização

Quadro 15: Nomenclatura para solução com determinada Posição do Isolamento térmico

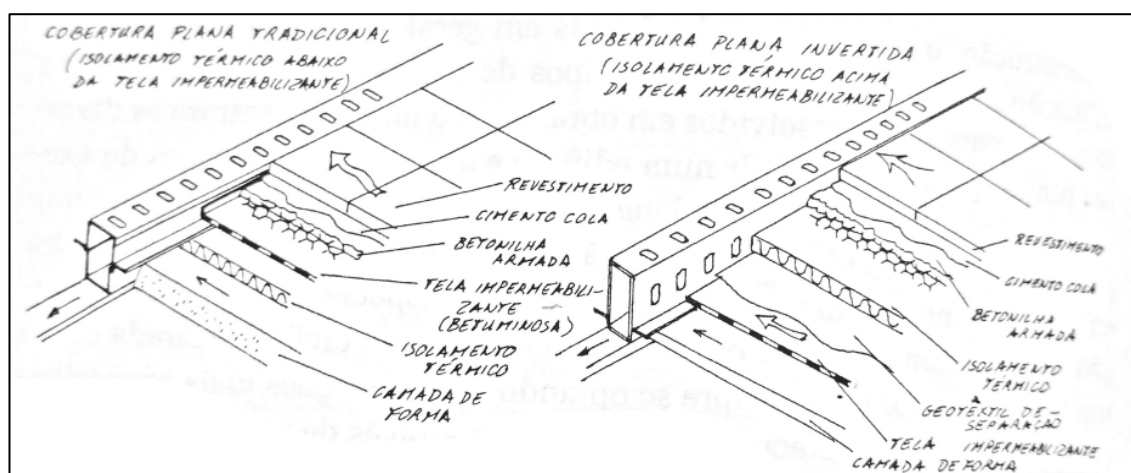


Figura 39: Cobertura Tradicional e Invertida [4]

4.3.2 Desvantagens de uma Cobertura Tradicional:

- A camada impermeabilizante degrada-se com maior facilidade pois fica mais sujeita aos efeitos da radiação solar.
- O isolamento térmico tem de resistir à aplicação a quente da membrana, em caso de sistema aderido. Isto só é possível com um isolamento que possua uma camada de betume para que este não entre em contacto direto com a chama.

4.3.3 Desvantagens de uma Cobertura Invertida:

A água da chuva consegue chegar à superfície da membrana de impermeabilização e como tal:

- No inverno a água fria faz com que o edifício perca mais calor pela cobertura.
- As caleiras e os sumidouros têm de possuir dois níveis de recolha da água, à cota da superfície e ao nível da camada de impermeabilização.
- A água tem mais dificuldade em circular ao nível da Tela Impermeabilizante e com isso aumenta a degradação do isolamento térmico e outros constituintes do sistema.

4.4 Quanto à estrutura resistente

Consoante o elemento de suporte seja rígido ou flexível, as condições para uma inclinação reduzida aceitável variam.

Nos elementos rígidos, a inclinação pode ser nula. Nos elementos flexíveis, deve ser de pelo menos 1%, levando em conta as flechas. Esta disposição baseia-se no risco causado pela acumulação de água nas coberturas flexíveis. A flecha cria uma bacia onde a água é retida. O peso da água aumenta a flecha, a altura da bacia também aumenta, e, por conseguinte, o peso da água aumenta, e assim sucessivamente.

Um estudo realizado no ITBTP, acerca das calhas com inclinação nula, ilustra bem o problema: pode-se chegar até ao colapso em casos críticos. Não se pode, portanto, negligenciar este risco, que é bem real. [13] Ocorreram de facto colapsos, é por isso que, para os elementos de suporte em aço, a norma DTU 43.3 estabelece prescrições quanto às verificações do elemento de suporte da calha e à localização das saídas de águas pluviais de acordo com a inclinação das calhas.

- com estrutura resistente contínua e rígida (lajes maciças e aligeiradas de betão armado ou pré-esforçado);
- descontínua – pranchas vazadas ou perfis especiais);
- com estrutura resistente flexível (em geral, descontínua – chapas metálicas nervuradas ou pranchas de madeira ou seus derivados).

	Classe de coberturas em terraço quanto à estrutura resistente		
F	Estrutura Flexível	em geral, descontínua	chapas metálicas nervuradas ou pranchas de madeira ou seus derivados
RC	Estrutura Rígida	Contínua	lajes maciças e aligeiradas de betão armado ou pré-esforçado
RD		Descontínua	pranchas vazadas ou perfis especiais

Quadro 16: Classes de Coberturas quanto à estrutura resistente

4.5 Quanto ao sistema de fixação do complexo impermeabilização

Como referido no Capítulo 3, existem várias formas de ligação ao suporte, dependendo da solução adotada e os seus materiais constituintes.

No quadro seguinte apresentamos a nomenclatura para os 3 tipos de ligação correntes.

	Classe de coberturas em terraço quanto ao sistema de ligação ao suporte	
ADERE	Aderente	São aplicáveis em todas as situações, sendo obrigatórios em rampas de acesso a veículos e recomendado em locais ventosos.
INDEP	Independente	São aplicáveis em todas as situações exceto em estacionamentos e em rampas de acesso a veículos.
SEMII	Semi-independente	

Quadro 17: Classes de cobertura quanto ao sistema de ligação ao suporte.

4.6 Quanto à proteção

A camada de proteção do sistema de impermeabilização tem como função proteger o mesmo das ações climáticas e ações mecânicas. Essa proteção poderá ser feita através de uma proteção leve ou de uma proteção pesada, tal como o Quadro 2 nos mostra.

Existem dois tipos de proteção leve a aplicar nas coberturas em terraço: aquela que já vem aplicada da fábrica, por cima do revestimento do sistema de impermeabilização, e a que é executada em obra sobre esse revestimento.

A camada de proteção pesada, que protege o sistema de impermeabilização, pode ser dividida em dois grupos: aquela que é formada por uma camada rígida e a que é constituída por materiais soltos. (Quadro 20)

- sem proteção (impermeabilização aparente);
- com proteção leve ou ‘autoproteção’: mineral (areia fina, gravilha ou lamelas de xisto), metálica (folha de alumínio ou cobre) ou orgânica (folha de plástico) – ou proteção aplicada “in situ”: mineral, ou orgânica (tintas de alumínio);
- com proteção pesada (camada rígida – betonilha) ou constituída por materiais soltos (godo) sempre colocada em obra.

	Classe de coberturas em terraço quanto à camada de proteção			
		Materiais de proteção		
		Aplicação	Natureza	Designação
S	Sem proteção	-	-	-
L	Com proteção leve	Em fábrica	Mineral	Areia fina; areão, gravilha; lamelas e xisto
			Metálica	Folha de alumínio; folha de cobre
			Orgânica	Folha de plástico
		Em obra	Mineral	Areão; gravilha
			Orgânica	Tintas de alumínio; pinturas com cal
P	Com proteção pesada	Em obra, em camada rígida.		Betonilha; ladrilhos sobre betonilha; placas prefabricadas (betão, cerâmica, madeira, ...)
		Em obra, em camada com material solto.		Godo; brita

Quadro 18: Classes de Cobertura quanto à camada de proteção

4.7 Quanto à pendente (classificação UEAtc)

A pendente influencia de várias formas a concepção de coberturas em terraço, pois dela advém a acessibilidade à cobertura, o sistema de impermeabilização a adotar e o tipo de proteção a utilizar. [13]

Correntemente, o valor mínimo situa-se em 1%, podendo ir até cerca de 15%.

No que diz respeito à inclinação mínima de coberturas em terraço, o Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) define um limite inferior de 1% para superfícies correntes, conforme o artigo 43°. Em circunstâncias específicas de coberturas destinadas à habitação social, as "Recomendações Técnicas de Habitação Social" (RTHS) sugerem que este percentual deveria ser dobrado. O valor máximo da inclinação de coberturas para serem classificadas como terraço é cerca de 15%. [31]

Um exemplo de classificação da inclinação das coberturas em terraço pode ser visto no DTU 20.12, um documento técnico unificado do CSTB. Ele divide-se em quatro categorias, como demonstrado no Quadro 21. Outra classificação é a da UEAtc (Union européenne pour l'agrément technique dans la construction) nas suas "Directives générales UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures" [20], indicadas no quadro —, onde quatro classes de coberturas são especificadas.

Tipo de cobertura	Pendente correspondente
Pendente Nula	0% (tolerância de planeza de 2 cm)
Pendente Plana	• 1-5% suporte rígido de betão ou madeira; • 3-5% para suporte flexível em aço;
Pendente Moderada	5 a 15%
Cobertura Inclinada	Superior a 15%

Quadro 19: Classe quanto à pendente

De acordo com um dos Guias da UEAtc (Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction) [14], as coberturas estão organizadas em quatro classes:

- classe I – a pendente origina estagnação de água e permite a aplicação de proteção pesada;
- 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

5 Pormenorização construtiva

5.1 Introdução

No presente capítulo, serão descritos os sistemas mais frequentes em coberturas Planas de edifícios correntes de carácter Residencial. Em simultâneo serão ilustrados alguns esquemas de pormenorização de determinadas zonas correntes de cada solução de uma forma sucinta.

Os Pontos Singulares são dos aspetos mais importantes a tratar no decorrer de uma intervenção ou obra nova, uma má execução pode causar danos significativos na habitação. Neste Capítulo introduzimos alguns conceitos e observações destes pormenores.

As coberturas Planas são bastante usadas em Portugal. O seu revestimento exterior e os elementos constituintes da cobertura, irão influenciar na pormenorização construtiva e na conceção de base do sistema de isolamento térmico.

Todas estas soluções foram recomendadas por fabricantes e empresas de aplicação. Todas elas caracterizam-se por serem as mais reco em território nacional para cada uso específico.

As soluções construtivas apresentadas nesta publicação encontram-se presentes no ANEXO II, sendo que para cada solução corresponde uma ficha na qual usamos a nomenclatura mencionada no Capítulo 4. São apresentadas soluções para: Cobertura Não-Transitável, Cobertura Acessível, Ajardinada e Acessível a Veículos.

Cada ficha contém um pormenor BIM, Detalhe em formato DWG e algumas observações face ao sistema considerado.

5.2 Pontos singulares

De forma geral, qualquer processo de impermeabilização possui uma área principal de aplicação e alguns pontos específicos que incluem, por exemplo, as juntas de dilatação, as estruturas e elementos salientes (como muretes, platibandas, chaminés, tubos e suportes de equipamentos) e os dispositivos de drenagem de águas pluviais.

A obtenção de uma impermeabilização de qualidade, especialmente nos pontos específicos mencionados acima, depende da execução cuidadosa e requer algumas precauções, tais como:

- Iniciar a impermeabilização pelos pontos singulares e, em seguida, prosseguir para a área principal, começando pelas áreas de menor altitude.
- Todos os detalhes e bordas devem ser totalmente aderentes, independentemente do tipo de conexão utilizado no revestimento impermeabilizante da área principal. Essas partes devem ser reforçadas para garantir maior resistência contra descolamento, deslizamento ou fissuração.
- Ao utilizar acessórios e produtos complementares, certifique-se de que sejam recomendados pelo fabricante do sistema de impermeabilização, a fim de garantir total compatibilidade entre os produtos utilizados.

Dado o grande impacto dos pontos singulares na cobertura, devido à dificuldade de execução adequada das suas partes impermeabilizantes e ao grande número de problemas de patologia que podem surgir nessas áreas, é necessária uma atenção especial a essas regiões. Portanto, nos próximos pontos serão apresentados alguns detalhes referentes aos pontos mais comuns.



Figura 40: Encontro com parede saliente, Gaia 2023



Figura 41: Cobertura Plana, Àgueda 2023

5.2.1 Platibandas e paredes salientes

Para o acabamento da impermeabilização em platibandas e paredes salientes, é necessário realizar um contorno completo ao redor do perímetro da área principal, com uma altura entre 15 a 30 centímetros acima do piso. Esse acabamento tem o objetivo de reduzir a possibilidade de infiltração de água através das partes superiores dos elementos salientes, especialmente após chuvas intensas.

Capeamento do murete: O topo superior do muro deve ser protegido para que a humidade não penetre para o interior do edifício, os rufos deverão ser protegidos com capas de zinco, para assegurar uma impermeabilização eficiente.

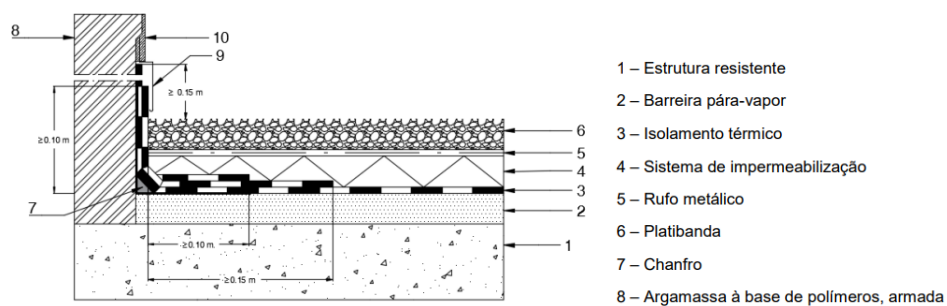


Figura 42: Platibandas e paredes emergentes [30]

Os ângulos salientes ou recuados devem ser arredondados ou chanfrados, a fim de promover uma melhor aderência, principalmente para as membranas betuminosas. Além disso, para aumentar a resistência da área de acabamento contra esforços mecânicos, recomenda-se a aplicação de uma faixa de reforço com cerca de 30 centímetros de largura nesta região. [4]

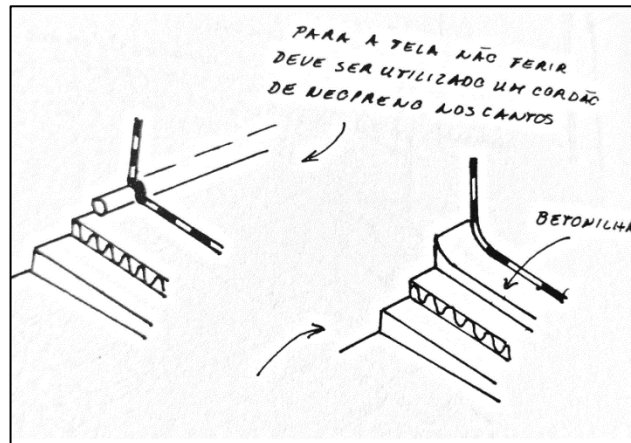


Figura 43: Arredondamento no encontro com o elemento vertical [4]



Figura 44: Subida da Membrana de Impermeabilização no encontro de murete, Àgueda 2023

Quando se trata de elementos de alvenaria ou cimento, o acabamento deve ser protegido na parte superior por elementos pré-fabricados, como rufos de chapa de zinco.

Nota:

Ao realizar a impermeabilização em platibandas, é recomendado que as membranas se estendam para cobrir a parte superior do murete, especialmente se o murete tiver uma altura relativamente baixa (até cerca de 0,5 metros). O acabamento pode ser obtido utilizando peças pré-fabricadas feitas de pedra, concreto, cerâmica ou metal. Essas peças devem possuir uma leve inclinação voltada para o interior da cobertura, preferencialmente. [4]

5.2.2 Vedação do contorno de peças e equipamentos

Para vedar adequadamente a passagem de peças através da cobertura, é necessário realizar um acabamento na impermeabilização dos tubos emergentes que garanta uma aderência perfeita à superfície dos mesmos. É importante considerar os movimentos causados pela dilatação e contração a que esses tubos estão sujeitos, tanto devido à temperatura ambiente quanto à

temperatura dos fluidos que circulam por eles. Esses efeitos podem ser minimizados através da utilização de um cordão flexível aplicado na base do acabamento.

A vedação na parte superior do acabamento é assegurada pela aplicação de acessórios que permitem a fixação segura da impermeabilização ao redor dos tubos.



Figura 45: Tubos emergentes, São Félix da Marinha 2023



Figura 46: Acessórios Cobertura Plana São Félix da Marinha, 2023

Ao realizar o acabamento nos apoios de equipamentos, é importante considerar que esses apoios são geralmente fixados por meio de parafusos ou varões roscados que são previamente embutidos na estrutura resistente.

Uma possível solução construtiva é envolver o suporte com o sistema de impermeabilização e, assim como nos casos de tubos emergentes, aplicar uma faixa de fixação na parte superior do acabamento. Essa solução é viável quando o suporte possui superfícies lisas, sem saliências ou irregularidades que dificultem a aderência da impermeabilização.

Existem produtos betuminosos de aplicação 'in situ' que oferecem uma boa solução para estes detalhes. Trata-se de uma Membrana de Poliuretano-Betuminoso tixotrópico para impermeabilização. Desenhado para soluções correntes como PVC, Betume-Pol

Outra alternativa é criar uma base em concreto ao redor da parte inferior do apoio, previamente fixada à camada de suporte do sistema de impermeabilização. Essa base em concreto tem o objetivo de eliminar irregularidades resultantes dos elementos de fixação ou da forma do apoio, facilitando a aderência da impermeabilização.

5.2.3 Dispositivos de drenagem de águas pluviais

No caso de dispositivos de drenagem de águas pluviais, como caleiras e tubos de queda, é importante considerar que em coberturas planas, geralmente não são necessárias caleiras. Pois

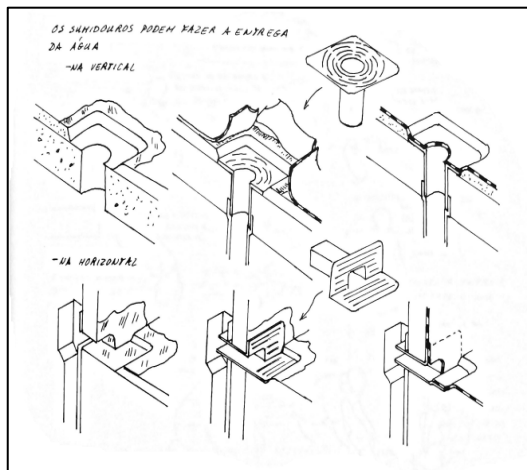


Figura 47: Ilustração Saídas de água [4]

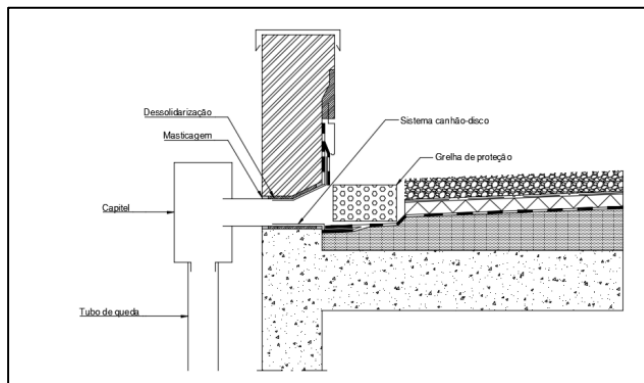


Figura 48: Saída Vertical [31]

a própria camada de forma trata de direcionar as águas pluviais para os dispositivos de escoamento vertical.

Para realizar o acabamento na impermeabilização em torno do tubo de queda, é necessário que a camada de suporte tenha uma área rebaixada de aproximadamente 10 mm, com diâmetro ou dimensão suficiente para acomodar a boca de descarga. Isso evita que haja uma elevação na impermeabilização nessa área, o que poderia dificultar o escoamento. [4]



Figura 49: Saída de água, Gaia 2023

Também é aconselhável manter uma distância adequada entre o tubo de queda e elementos circundantes, como muretes, platibandas, equipamentos técnicos, etc., para que a aba da boca de descarga seja completamente integrada ao acabamento da impermeabilização.

Além disso, é importante garantir que o prolongamento da boca de descarga (cano) seja inserido no tubo de queda em uma extensão suficiente para evitar refluxo ou transbordamento da água durante seu movimento de descida pelo tubo.



Figura 50: Acessórios presentes nas saídas de água [4]

Por fim, o acabamento deve estar completamente aderido, independentemente do sistema de impermeabilização utilizado.

5.2.4 Juntas de dilatação

Ao executar juntas de dilatação, é necessário ter cuidado especial a eliminar tensões causadas pelos movimentos da camada de suporte que possam afetar o material de acabamento. Para isso, é importante garantir que o acabamento tenha uma faixa não aderida de cerca de 15 centímetros de cada lado da junta. A junta também deve incluir um material flexível, chamado de cordão de junta ou mástique, que serve como suporte para o material de acabamento. [4]

O interior da junta pode ser preenchido com um material flexível, como espuma de poliuretano, espuma de polipropileno ou painéis de lã de rocha.

Em coberturas acessíveis, é recomendado evitar o uso de juntas na zona corrente e, em vez disso, utilizar juntas sobrelevadas, pois dessa forma elas ficarão mais protegidas contra as tensões mecânicas resultantes do uso da cobertura.

Quando as juntas são sobrelevadas e se opta por utilizar peças de coroamento, é importante que elas sejam desacopladas do material de acabamento. Caso contrário, há o risco de ocorrer tensões que podem levar ao rasgamento ou fissuração do acabamento. Ao realizar o acabamento da impermeabilização em soleiras, deve-se prever uma altura mínima de 15 centímetros entre o piso acabado e a face inferior da soleira. [4]

6 Análise Comparativa

Após apresentar os produtos, sistemas e técnicas de impermeabilização para Coberturas Planas, é necessário realizar uma análise comparativa entre os produtos, sob determinadas condições e para os elementos construtivos previamente estudados.

Esta análise baseia-se nas soluções correntemente presentes em Portugal Continental. Tem como base a recolha de informação junto com empresas de Impermeabilização existentes e já com alguma presença no mercado português, incluindo fabricantes.

Identificaram-se os produtos mais recomendados pelo próprio fabricante ou vendedor para aplicação em determinadas situações, sendo que para alguns sistemas (Acessível a veículos e ajardinada) é muito recomendado o uso de apenas um tipo de material, dado que são situações de carácter bastante peculiares.

Com o objetivo de realizar a comparação, serão determinados alguns parâmetros onde cada tipo de produto será avaliado de acordo com uma escala quantitativa. (A a E)

Os parâmetros e a escala de pontuação têm como base um sistema de comparação realizado por Perdigão em 2007 [20], no qual os tipos de produtos são avaliados com base nos seguintes critérios: custos, condições da base e atmosféricas, facilidade de aplicação, tempo de cura, alongamento na rutura e durabilidade do material.

6.1 Descrição dos parâmetros em análise

6.1.1 Custos

No parâmetro de custos, será definido um custo médio para cada tipo de produto entre as empresas selecionadas, visando evitar que os preços fora do habitual comprometam os resultados da análise final. Como se pode imaginar, o custo é um dos fatores mais importantes na escolha de um produto de impermeabilização, razão pela qual foi atribuída uma escala de 1 a 5 neste parâmetro, de forma a refletir essa importância. No entanto, serão feitas algumas alterações no sistema de comparação de base, uma vez que não serão contabilizados apenas os custos dos produtos, mas sim de todo o sistema de impermeabilização.

Produtos	Betume Polimero	PVC	TPO	EPDM
Preço (€/m2)	[7.5; 19]	[12; 17]	[10; 17]	[13; 23]
PRODUTOS AUXILIARES				
Emulsão Base Aquosa	Emulsão com solventes	Geotextil	Membrana Drenante	Lajetas Térmicas
[2;3] €/Kg	[4 a 5] €/L	[1.5 ; 2] €/m2	[7; 12] €/m2	25 €/m2

Figura 51:Intervalos de preços de alguns materiais

6.1.2 Condições base e atmosféricas

Serão avaliadas as limitações de aplicação dos produtos em relação às condições da base e atmosféricas. Limitações para as condições atmosféricas foram estabelecidas, como a impossibilidade de aplicação em temperaturas inferiores a 5°C, temperaturas superiores a 30°C, exposição ao vento, exposição ao sol e humidade relativa do ar. Quanto às condições da base, a impossibilidade de aplicação em superfícies húmidas, com vestígios de óleos, poeiras e suportes irregulares. É também ponderado o dano ambiental.

Este parâmetro será avaliado em uma escala de A a C.

6.1.3 Facilidade de aplicação

Além disso, os critérios estabelecidos para a facilidade de aplicação foram modificados em relação ao sistema de comparação de base, incluindo fatores como a necessidade de realizar

um grande número de juntas de sobreposição, mão-de-obra especializada, equipamentos especiais para aplicação, aplicação de mais de uma camada do produto, tempo de espera entre camadas, reforços, bandas em juntas de dilatação e a dificuldade na execução de remates e juntas de sobreposição. Esse parâmetro também será avaliado em uma escala de A a C.

6.1.4 Tempo de cura

O período de cura é um fator importante a ser considerado na seleção do produto, especialmente em casos onde a rapidez na execução da obra é prioritária. A classificação dos produtos neste aspecto será feita numa escala de A a C.

6.1.5 Alongamento na rutura

A característica do produto conhecida como "alongamento na rotura" é fundamental para cobrir pequenas fissuras. Os fabricantes esforçam-se para melhorar essa característica, buscando alcançar capacidades de alongamento significativas. No entanto, acima de um determinado valor, as capacidades de alongamento deixam de ser importantes, pois o suporte teria que sofrer grandes deformações e movimentações, o que não é compatível com o uso da estrutura. Escala de A a C.

6.1.6 Durabilidade

A durabilidade de um produto é um fator crucial a ser considerado ao avaliá-lo. É essencial que se tenha uma ideia clara sobre a vida útil esperada do produto. Dessa forma, a escala definida para este parâmetro reflete a sua importância, variando de A a E. É necessário

considerar cuidadosamente esse fator antes de tomar uma decisão final sobre a escolha do produto adequado. A figura 53 refere-se ao grau de aplicação de cada material em Portugal.

		Membrana exposta em cobertura de acessibilidade limitada				Membrana sob proteção pesada em cobertura acessível ou não			
Sistema	Membrana pré-fabricada	independente	aderido	semi independente	fixação mecânica	independente	aderido	semi independente	fixação mecânica
		-----	A	B	-----	-----	A	B	-----
	Betume polímero	-----	A	B	-----	-----	A	B	-----
	PVC	-----	-----	A	-----	-----	-----	A	-----
	EPDM	-----	B	B	-----	-----	A	B	-----
	TPO	-----	-----	A	-----	-----	-----	A	-----

Utilização rara: C Utilização ocasional: B Utilização frequente: A

Figura 53:Grau de utilização de técnicas de Impermeabilização em Portugal Continental

Com o objetivo de promover uma comparação justa e precisa, os quadros comparativos foram divididos em diferentes categorias, incluindo sistemas para coberturas não transitáveis e transitáveis, acessíveis a veículos, coberturas ajardinadas e metálicas (Deck Industrial).

Além disso, os custos incluem geotêxteis de proteção entre as membranas de impermeabilização e o suporte. Os métodos de aplicação variam entre as membranas, com a membrana de betume-polímero a ser aplicada por meio de maçarico e com o uso de um primário betuminoso com base de solventes ou aquoso, enquanto as outras membranas são aplicadas de forma semi-independente.

6.2 Coberturas Residenciais

6.2.1 Não Transitáveis:

A solução que apresenta mais benefícios de um ponto de vista técnico é a que incorpora PVC, devido à durabilidade e facilidade de instalação embora a solução mais económica e recorrente seja a impermeabilização com recurso a Membrana Betuminosa.

Em Portugal Continental provavelmente será mais adequado o uso de uma Membrana Betuminosa auto-protegida, sendo que os seus custos são muito mais reduzidos, ou seja, podemos até recorrer a um sistema bicamada, composto por duas Telas Betuminosas de Fibra de vidro e Poliéster com acabamento de grânulo mineral. Que garante a estanqueidade e ao mesmo tempo apresenta uma redução significativa no custo global da intervenção. Também é recorrente o simples uso de uma membrana betuminosa de feltro de fibra de vidro com um peso de 4 Kg/m² e acabamento mineral.

Podemos reduzir ainda mais os custos recorrendo a uma fixação aderida apenas na periferia e pontos singulares. Com isto teríamos um sistema semi-independente.

6.2.2 Transitáveis para uso Residencial:

Coberturas Transitáveis para Uso Residencial						
PARÂMETROS	Custos	Aplicação	Condições Ambientais e Atmosféricas	Alongamento na ruptura	Durabilidade	Class. Ponderada
PRODUTOS						
Betume-Polímero (APP/SBS)	A	A	B	B	B	B
Lâmina de PVC	C	A	C	A	A	A
Lâmina de TPO	B	B	B	A	B	B
EPDM	D	C	B	A	A	C

Figura 54:Análise Comparativa-Cobertura Transitável

O uso de membrana PVC sobressai de novo para este uso de cobertura plana.

O facto de ser transitável e de possuir proteção pesada, descarta a necessidade de o produto ser intempérie. [4]

É uma solução que continua a não ser tão comum atualmente, recorrendo-se de novo a Membranas Betuminosas. [4]

O mercado de impermeabilizações residenciais está bastante agarrado a esta técnica de impermeabilização, porque devido ao seu custo foi sempre vista como opção mais razoável e considera-se este material um clássico na impermeabilização de coberturas.

Portugal caracteriza-se como um país bastante especializado nesta vertente, o que facilita o encontro de mão de obra especializado na aplicação de tela asfáltica.

Apesar de tudo isto, devido às suas propriedades, facilidade de instalação e garantia de durabilidade, o PVC é cada vez mais comum entre empresas de revestimentos de impermeabilização.

6.2.3 Coberturas acessíveis a veículos: Uso exclusivo de Membrana Betuminosa

Fatores Chave da aplicação:

- A membrana deve ser aplicada de forma que esteja completamente aderida para que em caso de travagem o conjunto do sistema não deslize. [4]

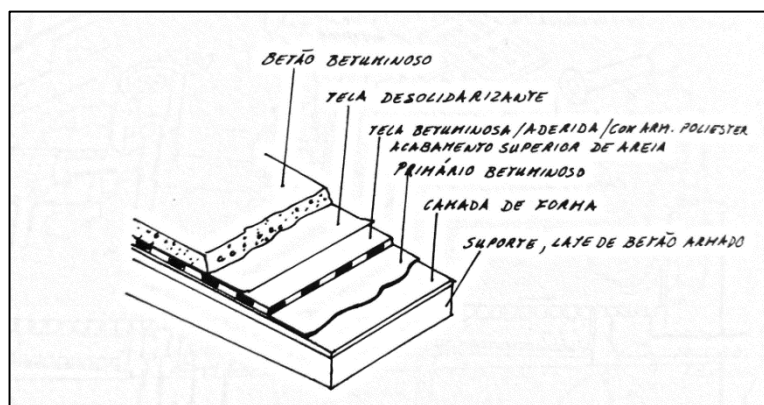


Figura 55: Corte Solução de Cobertura para Veículos [4]

- Deve existir entre a camada impermeabilizante e o betão betuminoso, uma tela dessolidarizante.
- É de extrema importância que a betonilha seja solidária com a Tela Betuminosa, dado que, com os vários ciclos de variação dimensional devido à radiação solar e com a travagem dos veículos, temos tensões desnecessárias na membrana impermeabilizante. [4]
- É também vital o uso de um primário betuminoso, de preferência com base em solventes. Torna o processo mais demorado devido ao tempo de cura da emulsão, mas proporciona uma adesão muito mais eficaz.

Justifica-se o uso da Membrana Betuminosa numa cobertura deste tipo e é a opção utilizada correntemente na Europa, daí não ter explorado uma possível análise comparativa nesta solução. Mesmo em Portugal as empresas de aplicação recorrem em grande maioria a este sistema construtivo.

6.2.4 Coberturas Ajardinadas

Coberturas Ajardinadas	PARÂMETROS					
PARÂMETROS	Custos	Aplicação	Condições Ambientais e Atmosféricas	Alongamento na ruptura	Durabilidade	Class. Ponderada
PRODUTOS						
Betume-Polímero (APP/SBS)	A	B	B	B	B	B
Lâmina de PVC	C	A	B	A	A	A
Lâmina de TPO	B	B	A	C	B	B
EPDM	D	D	A	C	C	C

Figura 56: Análise Comparativa- Coberturas Ajardinadas

A Membrana de PVC tem melhor classificação a nível de solução, embora o seu custo seja mais elevado. Caso seja aplicada em coberturas ajardinadas é importante referir que cada linha de materiais impermeabilizantes tem um produto ao qual se caracteriza por ser Anti-raízes.

Além disso, a escolha assenta no fato de que a instalação de Membranas Betuminosas nestas coberturas exige mais mão de obra e tempo de execução. Além de que uma cobertura ajardinada envolve sempre outros constituintes específicos.

As membranas betuminosas continuam a ser o material mais usado em Portugal de momento, embora existam cada vez mais empresas de aplicação de revestimentos que começam a optar por apresentar esta solução.

Apresenta vantagens relativamente aos outros materiais:

- Apresenta uma melhor durabilidade
- Possui um bom comportamento em águas paradas
- Uma melhor aplicação

6.2.5 Não Utilizáveis e sem Isolamento

Este tipo de cobertura não requer uma grande exigência a nível funcional. A escolha de um sistema baseia-se bastante em custos na verdade. (exemplo: cobertura de uma garagem)

Como referido anteriormente, a Membrana Betuminosa é um produto muito mais acessível e comum nos dias de hoje, a sua aplicação está bastante disseminada em Portugal Continental.

Esta análise é bastante simples, mas serve para enaltecer a possível escolha deste material. Até porque em termos de disponibilidade de mão de obra seria também muito mais difícil recorrer a quem aplique uma solução de produtos sintéticos ou elastoméricos.

Para além disso, refiro novamente que para esta instalação e uso não é necessário recorrer a produtos sintéticos, sendo que a solução clássica à base de Betume-polímero em rolos pré-fabricados é de longe a mais aconselhada e praticada.

A inexistência de isolamento térmico não é permitida, mas em casos onde não exista habitação e apenas necessitamos de recorrer a um sistema de impermeabilização simples (considerando um estrutura rígida) a melhor escolha passará por uma aplicação a quente de uma membrana betuminosa-polímero com fibra de vidro, autoproteção mineral e um peso por unidade de área igual ou superior a 4 Kg/m². [6]

6.2.6 Coberturas Deck Industrial

Coberturas Planas Metálicas						
PARÂMETROS	Custos	Aplicação	Condições Ambientais e Atmosféricas	Alongamento na ruptura	Durabilidade	Class. Ponderada
PRODUTOS						
PVC	A	A	B	A	A	A
TPO	A	A	A	B	B	B

Figura 57: Análise Comparativa-Cobertura em Deck

Para estas coberturas destaca-se a incompatibilidade das Membranas Betuminosas devido ao seu peso por metro quadrado. [4,14]

É necessário recorrer a soluções de impermeabilização que sejam muito mais leves e resistentes aos raios U.V quando expostas.

Face a esta exigência técnica juntamos as restantes variáveis e concluímos que os produtos de base sintética como o PVC e TPO são os mais adequados para estas intervenções.

A escolha entre ambos pode ser feita com base no preço da solução ou em outros variados fatores como a sustentabilidade e a durabilidade do material. Atualmente verifica-se uma descida de preço no TPO face ao PVC, por unidade de área, e um aumento nos períodos de garantia do TPO, por parte dos fabricantes.

Embora o TPO seja conhecido como um material que tem menor durabilidade quando comparado com o PVC, o fator custos e condições ambientais e atmosféricas jogam a favor nesta solução, e por isso inúmeros casos da sua aplicação sejam cada vez mais frequentes. No ano de 2022 fez-se em Portugal grande parte das superfícies comerciais [25]

O PVC resiste melhor mecanicamente e aos raios UV, com isso acresce uma pequena diferença de custos por unidade. [25]

A escolha da solução passará um pouco pela escolha entre a sustentabilidade e uma solução mais acessível, ou um produto mais caro, mas que aporte mais durabilidade e resistência.

6.3 Síntese

Os produtos sintéticos são uma ótima alternativa às restantes soluções, dado que o seu custo face à dificuldade e tempo de aplicação têm uma ótima relação.

São produtos que atualmente em Portugal não perfazem a preferência pela maior parte das empresas de Impermeabilização. A nossa mão de obra recorre bastante a produtos Betuminosos, nomeadamente as Membranas Asfálticas (predominantemente a APP), devido à elevada confiança e experiência nos procedimentos de aplicação desses mesmos produtos e porque o seu custo face aos outros materiais é reduzido.

A aplicação de sintéticos como PVC e TPO necessita de equipamento e equipas especializadas nestas gamas de produtos, algo que como referi, ainda não observamos com tanta frequência no nosso país. Embora se comece a verificar uma lenta transição por parte de empresas com grande volume de aplicação.

São soluções que também preveem algumas incompatibilidades químicas com certos isolamentos térmicos que estão fortemente disseminados no nosso país (como o Poliestireno Extrudido), que cria também uma certa resistência ao seu uso.

Penso que para aplicação em Uso Residencial, que compreende a maior percentagem de edifícios no nosso território nacional, ainda é mais vantajoso recorrer a uma entidade que aplique uma solução recorrendo a uma membrana impermeabilizante Betume-Polímero.

Devido à maior facilidade de arranjar uma empresa que apresente garantias e custos associados à operação muito mais proveitosos, com a única desvantagem sendo a constante manutenção e renovação destas soluções num espaço de tempo considerado curto.

7 Conclusão

Ao longo desta dissertação, procurou-se agrupar os principais conceitos relacionados às coberturas planas. Os edifícios atuais exigem padrões de qualidade muito mais elevados do que no passado, o que resultou no surgimento de novos materiais e na evolução das características habitáveis das construções, incluindo as coberturas.

Um aspeto importante a ser considerado é a questão da reparação e manutenção, uma vez que podemos prevenir e evitar situações que comprometam o funcionamento das coberturas planas.

Com a realização deste estudo, torna-se evidente que o sistema de impermeabilização de coberturas planas, responsável por garantir a satisfação das exigências funcionais específicas, requer uma atenção especial. A camada de impermeabilização e o seu acabamento são os elementos mais desafiadores em termos de execução.

Ao examinar os detalhes construtivos, conclui-se que as coberturas em terraço apresentam características distintas e exigem precauções consideráveis durante o processo de construção.

Com base na pesquisa realizada, verificou-se ainda que, embora haja uma grande variedade de materiais de impermeabilização disponíveis no mercado, apenas alguns são amplamente utilizados nos dias de hoje. Esses materiais são em geral, não-tradicionais e incluem membranas betuminosas modificadas com APP e SBS, membranas termoplásticas de PVC/TPO.

A seleção do sistema de impermeabilização a ser implementado deve ser feita com base em critérios apropriados para o seu desempenho. Isso envolve o conhecimento da solução existente, incluindo suas falhas e limitações, bem como a definição dos objetivos para a reabilitação ou intervenções necessárias.

A componente da mão de obra também é um fator decisivo para averiguar que solução iremos colocar, como mencionei variadas vezes ao longo deste trabalho, a mão de obra portuguesa encontra-se altamente especializada em aplicação a quente (maçarico a gás), o que facilita bastante a aplicação e massa deste sistema.

Ao contrário da literatura, verifica-se que as membranas mais aplicadas em Portugal Continental são as APP (com resistência à temperatura de -10 ° Celsius, que costuma ser a mínima). Isto porque apesar de tudo, o fator económico é de extrema importância, e este material encontra-se como a solução mais conhecida, expedita e barata no mercado.

A informação abordada no capítulo 3 possui relevância significativa para garantir o correto funcionamento de todos os elementos constituintes de uma cobertura plana.

No capítulo 4 desenvolvemos a nomenclatura que foi parte da proposta deste trabalho, simples e didática face ao conteúdo apresentado.

Utilizando os detalhes apresentados no Anexo II, podemos encontrar soluções construtivas capazes de assegurar o adequado desempenho do conjunto.

Esta dissertação ajudou também a perceber o estado da mão de obra e técnicas mais correntes no mercado português, através da visita e contacto direto com aplicadores, nomeadamente a aplicação maciça de Membranas Betume-Polímero.

Embora se averigue uma lenta transição para outro tipo de técnicas e materiais, de carácter sintético.

Referências Bibliográficas

- [1] J. M. G. Lopes, *Revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço*. Lisboa: LNEC, 1994.
- [2] R. J. Gomes, *Coberturas em terraço*. Lisboa: LNEC, 1968.
- [3] *Waterproofing work on terrace roofing with masonry structural elements.*, 2004.
- [4] Jorge Mascarenhas, *Sistemas de Construção Volume IV- Coberturas Planas, Juntas; Materiais básicos (2ª Parte); Materiais Ferrosos e Alumínio*
- [6] “SOPREMA” <https://www.soprema.pt/pt/> (Access Mar.16, 2023).
- [7] “Danosa: Especialistas em Impermeabilizações e Isolamentos” <https://www.danosa.com/pt-pt/> (accessed Mar. 16, 2023).
- [9] “ChovA: Impermeabilizações e Isolamentos” Access: nov. 10, 2023. [Online]. Available: <https://chova.com/>
- [10] Jorge Mascarenhas, *Sistemas de Construção Volume IV-Contributos para o Cumprimento do RCCTE, Detalhes Construtivos sem Pontes Térmicas, Materiais Básicos (6ªparte): o Betão: Livros Horizonte, 2014*
- [11] *Manual de Soluções Construtivas ChovA*, 2021
- [12] “RCCTE 2006.”
- [13] *Couvertures Toitures-terrasses*, LeMoniteur 1997, Collection Moniteur Technique
- [14] *Rehabilitation des Toitures Terrasses*, Publications Techniques Construction, CATED 199
- [15] H.W Harrison P.M Trotman and G.K Saunders: *Roofs and Roofing: Performance, Diagnosis, Maintenance, Repair and the avoidance of defects* 3rd edition: Bre Press, 2009
- [16] *Recomendações Técnicas de Habitação Social*; Imprensa nacional da Casa da Moeda,1994
- [17] Vasco Peixoto de Freitas Manuel Pinto; *Metodologia para a seleção exigencial de Isolamentos Térmicos: NIT-001*; LFC 1997
- [18] Jorge M Grandão Lopes, *Anomalias em Impermeabilizações de Coberturas em Terraço*; Lisboa 1994: LNEC ITE 33
- [19] Ana Paula Costa Pereira da Silva Faceira Lages *Coberturas de Edifícios: Aplicação de um Sistema Pericial Na Avaliação do Custo e Qualidade*; FEUP 1994
- [20] Raul da Costa Cabanas Perdigão; *Impermeabilização de Construções: Soluções Tecnológicas e Critérios de Seleção*, IST 2007
- [21] Portaria nº379-A/2015, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) — Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções. D.R. 1ª Série, nº207, Lisboa, 22 de Outubro.
- [22] Decreto-Lei nº96/2008, Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios. D.R. 1ª Série, nº 110, Lisboa, 9 de Junho.
- [23] Decreto-Lei nº 220/2008, Regime Jurídico de Segurança contra Incêndios em Edifícios. D.R. 1ª Série, nº 220, Lisboa, 12 de Novembro
- [24] <http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/Num22/Pag%2059-71.pdf> (accessed Mar. 22, 2023).

- [25] <https://www.knickroof.com/blog/tpo-vs-pvc-roofing/#:~:text=While%20PVC%20offers%20better%20resistance,and%20helps%20with%20energy%20efficiency.> [26] H. J. Campos De Sousa, "Parte 2-Obra de 'Toscas' Tecnologia das Construções." (access 7 Abr 2023)
- [27] Catálogo SIKA, 2022.
- [28] *Technical Guide for the assessment of non-reinforced, reinforced and/or backed roof waterproofing systems made of FPO* (flexible thermoplastic polyolefines), UEAtc, Paris (December 2001).
- [29] Directives générales UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures, Cahier n.º 1812 du CSTB, UEAtc, Paris (Novembre 1982)
- [30] Gonçalves, Manuela; *Características das Membranas de Impermeabilização de Coberturas em Terraço*, 2005
- [31] ***Projeto De Reabilitação De Coberturas Em Terraço***; Mário André Pais Monteiro, Porto 2005
- [32] <http://www.cenorm.be> Access: 02/06/2023
- [33] <http://www.ipq.pt> Access: 02/06/2023
- [34] <http://www.ueate.com> Access: 02/06/2023
- [35] <https://www.danosa.com/pt-pt/wp-content/uploads/sites/5/2021/12/DANOSA-Sistemas-de-Isolamento-e-Impermeabilizacao-em-Coberturas-Invertidas.pdf> (Access: 29/05/2023)
- [36] Lopes, Jorge M. Grandão. *Anomalias em Impermeabilizações de Coberturas em Terraço*, Informação Técnica de Edifícios, ITE 33. LNEC, Lisboa, 2011.
- [37] Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU)
- [38] <https://www.bmigroup.com/>

ANEXO I

Normas Adotadas para Revestimentos de Impermeabilização

Normas para materiais e Soluções de Impermeabilização

[30]

A- Normas do CEN - Comité Européen de Normalisation

- 1- EN 1107-1:1999 - Flexible sheets for waterproofing - Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing. Determination of dimensional stability (1999-08-18).
- 2- EN 1107-2:2001 - Flexible sheets for waterproofing. Determination of dimensional stability - Part 2: Plastic and rubber sheets for roof waterproofing (2001-01-24).
- 3- EN 1109:1999 - Flexible sheets for waterproofing. Bitumen sheets for roof waterproofing - Determination of flexibility at low temperature (1999-08-18).
- 4- EN 1110:1999 - Flexible sheets for waterproofing. Bitumen sheets for roof waterproofing. Determination of flow resistance at elevated temperature (1999-08-18).
- 5- EN 12039:1999 • Flexible sheets for waterproofing. Bitumen sheets for roof waterproofing. Determination of adhesion of granules (1999-09-22).
- 6- EN 12310-1:1999 • Document title: Flexible sheets for waterproofing. Part 1: Bitumen sheets for waterproofing. Determination of resistance to tearing (nail shank) (1999-09-22).
- 7- EN 12310-2:2000 - Flexible sheets for waterproofing. Determination of resistance to tearing - Part 2: Plastic and rubber sheets for roof waterproofing (2000-09-20).
- 8- EN 12311-1:1999 - Flexible sheets for waterproofing - Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing. Determination of tensile properties (1999-09-22).
- 9- EN 12311-2:2000 - Flexible sheets for waterproofing. Determination of tensile properties - Part 2: Plastic and rubber sheets for roof waterproofing (2000-09-20).
- 10- EN 12316-1:1999 - Flexible sheets for waterproofing – Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing. Determination of peel resistance of joints (1999-09-22).
- 11- EN 12316-2:2000 - Flexible sheets for waterproofing. Determination of peel resistance of joints - Part 2: Plastic and rubber sheets for roof waterproofing (2000-09-20).
- 12- EN 12317-1:1999 - Flexible sheets for waterproofing - Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing. Determination of shear resistance of joints (1999-09-22).
- 13- EN 12317-2:2000 - Document title: Flexible sheets for waterproofing. Determination of the shear resistance of joints - Part 2: Plastic and rubber sheets for roof waterproofing (2000-09-20).
- 14- EN 12691:2001- Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Determination of resistance to impact (2001-01-24).
- 15- EN 12730:2000 - Document title: Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Determination of resistance to static loading (2001-01-24).
- 16- EN 1296:2000 - Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roofing. Method of artificial ageing by long term exposure to elevated temperature (2000-12-13).

- 17- EN 13416:2001 - Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Rules for sampling (2001-06-20).
- 18- EN 13583:2001 - Document title: Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Determination of hail resistance (2001-06-20).
- 19- EN 13707:2004 - Flexible sheets for waterproofing. Reinforced bitumen sheets for roof waterproofing. Definitions and characteristics.
- 20- EN 13859-1:2005 - Flexible sheets for waterproofing - Definitions and characteristics of underlays - Part 1: Underlays for discontinuous roofing.
- 21- EN 13859-2:2004 - Flexible sheets for waterproofing - Definitions and characteristics of underlays - Part 2: Underlays for walls.
- 22- EN 13956:2005 - Flexible sheet for waterproofing - Plastic and rubber sheets for roof waterproofing - Definitions and characteristics.
- 23- EN 13967:2005 - Flexible sheets for waterproofing - Plastic and rubber damp proof sheets including plastic and rubber basement tanking sheet - Definitions and characteristics.
- 24- EN 13969:2005 - Flexible sheets for waterproofing - Bitumen damp proof sheets including bitumen basement tanking sheets - Definitions and characteristics.
- 25- EN 13970:2005 - Flexible sheets for waterproofing. Bitumen water vapour control layers. Definitions and characteristics.
- 26- EN 13984:2005 - Flexible sheets for waterproofing. Plastic and rubber vapour control layers. Definitions and characteristics.
- 27- EN 14909:2006 - Flexible sheets for waterproofing - Plastic and rubber damp proof courses – Definitions and characteristics.
- 28- EN 14967:2006 - Flexible sheets for waterproofing - Bitumen damp proof courses - Definitions and characteristics.
- 29- EN 1844:2001- Flexible sheets for waterproofing. Determination of resistance to ozone. Plastic and rubber sheets for roof waterproofing (2001-05-23).
- 30- EN 1848-1:1999 - Flexible sheets for waterproofing. Determination of length, width and straightness - Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing (1999-11-17).
- 31- EN 1848-2:2001 - Flexible sheets for waterproofing. Determination of length, width, straightness and flatness - Part 2: Plastic and rubber sheets for roof waterproofing (2001-05-16).
- 32- EN 1849-1:1999 - Flexible sheets for waterproofing. Determination of thickness and mass per unit area - Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing (1999-11-17).
- 33- EN 1849-2:2001 - Flexible sheets for waterproofing. Determination of thickness and mass per unit area - Part 2: Plastic and rubber sheets for roof waterproofing (2001-05-16).
- 34- EN 1850-1:1999 - Flexible sheets for waterproofing. Determination of visible defects - Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing (1999-11-17).
- 35- EN 1850-2:2001 - Flexible sheets for waterproofing. Determination of visible defects - Part 2:

Plastic and rubber sheets for roof waterproofing (2001-05-16).

- 36- EN 1928:2000 - Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Determination of watertightness (2000-03-22).
- 37- EN 1931:2000 - Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Determination of water vapour transmission properties (2000-07-19).
- 38- EN 495-5:2000 - Flexible sheets for waterproofing. Determination of foldability at low temperature - Part 5: Plastic and rubber sheets for roof waterproofing (2000-11-22).

Projectos de norma do CEN

- 1- prEN 1297 - Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Method of artificial ageing by long term exposure to the combination of UV radiation, elevated temperature and water.
- 2- prEN 1548 - Flexible sheets for waterproofing. Method for exposure to bitumen. Plastic and rubber sheets for roof waterproofing.
- 3- prEN 13948 - Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Determination of watertightness after stretching at low temperature.
- 4- prEN 13948- Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Determination of resistance to root penetration.
- 5- prEN (sem referência) - Flexible sheets for waterproofing. Unreinforced bitumen sheets for roof waterproofing. Definitions and characteristics.

B – NORMAS E PROJECTOS DE NORMAS PORTUGUESAS DO IPQ

NORMAS PORTUGUESAS DO IPQ – Instituto Português da Qualidade [33]

- 1- NP EN 1107-1:2001 – Membranas de impermeabilização flexíveis. Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Determinação da estabilidade dimensional.

Correspondência: EN 1107-1:1999.

Resumo: *especifica os métodos para determinação da estabilidade dimensional das membranas betuminosas.*

- 2- NP EN 1108:2001 – Membranas de impermeabilização flexíveis. Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Determinação da estabilidade dimensional sob acção de uma variação cíclica da temperatura. Correspondência: EN 1108:1999.

Resumo: *especifica os métodos para determinação da estabilidade dimensional sob à acção de variações cíclicas de temperatura de membranas betuminosas. Esta norma é fundamentalmente aplicável a membranas betuminosas auto-protegidas ou armadas com folhas metálicas e totalmente aderentes ao suporte. Este ensaio não é aplicável a barreiras pára-vapor.*

- 3- NP EN 1109:2001 – Membranas de impermeabilização flexíveis. Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Determinação da flexibilidade a baixa temperatura.

Correspondência: EN 1109:1999.

Resumo: *especifica os métodos para a determinação da flexibilidade a baixas temperaturas de membranas betuminosas armadas. As membranas não-armadas também podem ser ensaiadas segundo este método. O ensaio é realizado sobre as faces superior e inferior da membrana, quer a uma determinada temperatura quer repetidamente a diferentes patamares de temperatura, com o objetivo de determinar o limite da flexibilidade a baixas temperaturas. Assim, o ensaio permite verificar para um produto a conformidade da resistência a dobragem a baixas temperaturas com a exigida ou determinar o seu limite de resistência a dobragem, para evidenciar, por exemplo, a modificação desta característica após envelhecimento artificial.*

- 4- NPEN 1110:2001 – Membranas de impermeabilização flexíveis. Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Determinação da resistência ao escorrimento à elevada temperatura. Correspondência: EN 1110:1999.

Resumo: *especifica os métodos para a determinação da resistência ao escorrimento à elevada temperatura de membranas betuminosas.*

- 5- NP EN 1848-1:2001 – Membranas de impermeabilização flexíveis. Determinação do comprimento, da largura e da rectilinearidade Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Correspondência: EN 1848-1:1999.

Resumo: *especifica os métodos para determinação do comprimento, da largura e da rectilinearidade das arestas de membranas betuminosas para impermeabilização de coberturas.*

- 6- NP EN 1849-1:2001 – Membranas de impermeabilização flexíveis. Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Determinação da espessura e da massa por unidade de superfície. Correspondência: EN 1849-1:1999.

Resumo: *especifica os métodos para determinação da espessura e da massa por unidade de superfície de membranas betuminosas para impermeabilização de coberturas.*

- 7- NP EN 1850-1:2001 – Membranas de impermeabilização flexíveis. Determinação de defeitos de aspecto. Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas.

Correspondência: EN 1850-1:1999.

Resumo: *especifica os métodos para determinação dos defeitos de aspecto de membranas betuminosas para impermeabilização de coberturas, os quais podem influenciar o comportamento funcional destas membranas.*

- 8- NP EN 12039:2001 – Membranas de impermeabilização flexíveis. Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Determinação da aderência do granulado. Correspondência: EN 12039:1999.

Resumo: *descreve o equipamento de ensaio e especifica um método para determinação da aderência do granulado de membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Esta norma pode também ser aplicável a outros domínios onde seja relevante.*

- 9- NP EN 12310-1:2001 – Membranas de impermeabilização flexíveis. Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Determinação da resistência ao rasgamento (por acção de um prego). Correspondência: EN 12310-1:1999.

Resumo: *especifica um método para determinação da resistência ao rasgamento, através da acção de um prego, de membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas.*

- 10- NP EN 12311-1:2001 – Membranas de impermeabilização flexíveis. Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Determinação de propriedades em tracção. Correspondência: EN 12311-1:1999.

Resumo: *Especifica um método para determinação de propriedades em tracção de membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas.*

- 11- NP EN 12317-1:2001 – Membranas de impermeabilização flexíveis. Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Determinação da resistência das juntas ao corte. Correspondência: EN 12317-1:1999.

Resumo: *especifica um método para Determinação da resistência ao corte de juntas formadas por duas membranas betuminosas adjacentes do mesmo tipo para impermeabilização de coberturas. Este método de ensaio é utilizado fundamentalmente para avaliar o comportamento de juntas de sobreposição de membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas aplicadas em sistemas de camada única fixados mecanicamente ou com protecção pesada. O comportamento ao corte de uma junta entre duas membranas betuminosas varia de forma considerável segundo o método de ligação utilizado (soldadura por acção da chama ou de ar quente, por acção de um produto de colagem a quente, como por exemplo, o betume, por acção de uma cola a frio, etc.), segundo a largura da junta e a qualificação da mão-de-obra.*

Projectos de normas portuguesas do IPQ

- 1- prNP 3832 - Revestimentos de impermeabilização betuminosos. Membranas betuminosas. Classificação. Características. 1988.
- 2- prNP 3833 - Revestimentos de impermeabilização betuminosos. Vocabulário. 1988.
- 3- prNP 3963 - Revestimentos de impermeabilização betuminosos. Misturas betuminosas. Características. 1989.
- 4- prNP 3964 - Revestimentos de impermeabilização betuminosos. Membranas betuminosas. Ensaio

de flexibilidade à baixa temperatura. 1989

- 5- prNP 3965 - Revestimentos de impermeabilização betuminosos. Membranas betuminosas. Ensaio de comportamento ao calor. 1989.

C – DIRECTIVAS E GUIAS UEAtc [34]

UEAtc - Union Européenne Pour L'agrément Technique dans la Construction

<http://www.ueate.com>

- 1- Special directives for the assessment of waterproof coverings in APP (atactic polypropylène) polymer bitumen reinforced with sheets of polythene film.
- 2- Technical guidelines for the assessment of thermal insulation systems intended for supporting waterproof coverings on flat and sloping roofs.
- 3- UEAtc Supplémentary guide for the assessment of mechanically fastened roof waterproofing.
- 4- UEAtc technical guide for the assessment of roof waterproofing systems made of reinforced APP or SBS polymer modified bitumen sheets.
- 5- UEAtc technical guide for the assessment of non-reinforced, reinforced and/or backed roof waterproofing systems made of PVC.
- 6- UEAtc technical guide for the assessment of non-reinforced, reinforced and/or acked roof waterproofing systems made of EPDM.
- 7- UEAtc technical guide for the assessment of non-reinforced, reinforced and/or backed roof waterproofing systems made of FPO.

Observação: as antigas publicações a seguir referidas mantêm-se como documento de referência:

- a) Directives UEAtc pour l'agrément des systèmes isolants supports d'étanchéité des toitures plates et inclinées. Cahiers du CSTB, Paris, (225), Cahier 1750, décembre 1981.
- b) Directives générales UEAtc pour l'agrément des revêtementss d'étanchéité de toitures. Paris, UEAtc, juillet 1982. Cahiers du CSTB, Paris, (234), Cahier 1812, novembre 1982.
- c) Directives particulieres UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité en bitume polymère APP (polypropylène atactique) armés. Paris, UEAtc, Cahiers du CSTB, Paris, Supplément n° 246-3, janvier-fevrier 1984.
- d) Directives particulières UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité homogènes en bitume elastomere SBS (styrène - butadiène - styrène) armés. Paris, UEAtc, Janvier 1984. Cahiers du CSTB, Paris, Supplément nc 246-4, janvier-fevrier 1984.
- e) Directives particulieres UEAtc pour L'agrément des revêtements d'étanchéité en bitume polymere APP (polypropylène atactique) en feuille armés par film de polyéthylène. Paris, UEAtc, avril 1987. Cahiers du CSTB, Paris, (278), Cahier 2152, avril 1987.
- f) Directives particulières UEAtc pour L'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures à base

d'EPDM vulcanisé non armé. Paris, UEAtc, aout 1988. Cahiers du CSTB, Paris, (294), Cahier 229, novembre 1988.

- g) Guide technique particulier UEAtc pour L'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures monocouches. Paris, UEAtc, mars 1991. Cahiers du CSTB, Paris, (320), Cahier 2502, juin 1991.
- h) Guide technique complémentaire UEAtc pour L'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures fixés mécaniquement. Paris, UEAtc, avril 1991. Cahiers du CSTB, Paris, (321), Cahier 2510, juillet-aout 1991.
- i) Directives UEAtc pour L'agrément des systèmes d'étanchéité indépendents sous lestage en feuilles de PVC plastifié sans armature et incompatible avec le bitume. Paris, UEAtc, juin 1992. Cahiers du CSTB, Paris, (234), Cahier n° 1813, novembre 1992.

ANEXO II
Soluções Construtivas correntes em Portugal Continental

SOLUÇÃO 1: COBERTURA NÃO ACESSÍVEL [9]

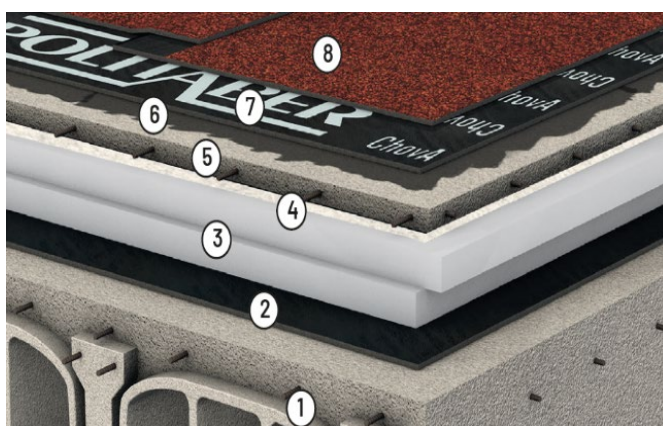
COBERTURA PLANA NÃO ACESSÍVEL, TRADICIONAL, PROTEÇÃO LEVE E ADERIDA

Nomenclatura: CT-02/RC/ADERE/L/II

- **Pendente:** 1 a 5 %
- **Normativa:** UNE 104401:2013

Impermeabilização: Betuminosa. **Isolamento Térmico:** Poliestireno Extrudido.

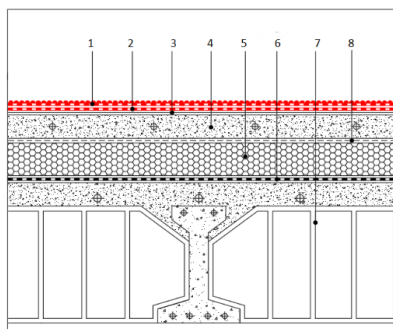
DESCRIÇÃO DA COBERTURA



- 1- Suporte
- 2- Barreira para vapor (opcional)
- 3- Isolamento Térmico
- 4- Capa Separadora
- 5- Camada de forma
- 6- Primário ou Emulsão Betuminosa
- 7- Membrana de Impermeabilização
- 8- Membrana de Impermeabilização Auto-protégida

Observações:

Pormenor construtivo



• Aplicabilidade em Portugal:

Muito frequente ☒ Pouco Freqüente ☐

• Dificuldade na Execução:

Fácil ☒ Médio ☐ Difícil ☐

• Durabilidade da Solução:

Pequena ☐ Média ☐ Elevada ☒

• Tipo de cobertura:

Acessível ☐
Não acessível ☒

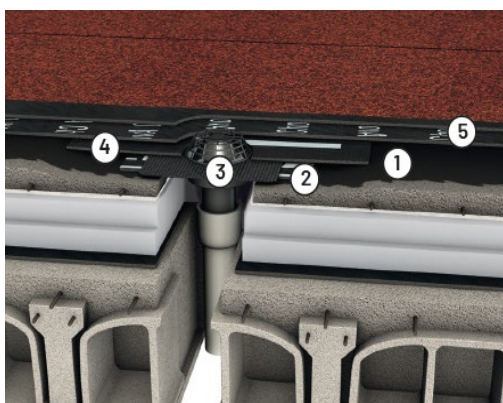
Observações face ao Isolamento térmico

Cobertura: Espessura mínima para Obra Nova (para cumprimento do REH)	Plana
Zona climática 1	10 cm
Zona climática 2	12 cm
Zona climática 3	14 cm

Tradicional com Proteção Leve e Impermeabilização Aderida: Pontos Singulares

Nomenclatura: CT-02/RC/ADERE/L/II

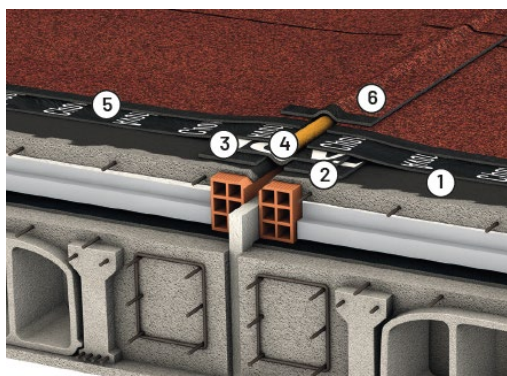
Saídas de água verticais



- 05. Membrana de Impermeabilização
- 04. Peça de reforço
- 03. Saída de água
- 02. Peça de reforço
- 01. Primário ou Emulsão Betuminosa

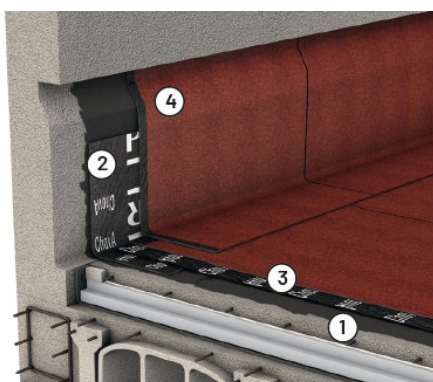
A peça de aderência de base, sobressairá em cada lado 15 cm, no mínimo.
A superior, por cada lado 10 cm, no mínimo, em relação à base. Os drenos serão colocados, no mínimo, a 1 m de cantos ou esquinas e a 0,5 m das paredes.

Junta de Dilatação



- 06. Acabamento com Material de Impermeabilização e Capa Separadora
- 05. Membrana de Impermeabilização
- 04. Cordão de Junta
- 03. Banda de reforço
- 02. Bandas de Aderência.
- 01. Primário ou Emulsão Betuminosa

Encontro com elemento Vertical



- 04. -Acabamento com Material usado na Impermeabilização
- 03. -Membrana de Impermeabilização
- 02. -Banda de reforço
- 01. -Primário ou Emulsão Betuminosa

O acabamento deverá subir no mínimo 20 cm desde a cota final do piso, para assegurar que em situações de carga de água extrema, a infiltração não aconteça pelo paramento vertical.

Pontos Singulares

SOLUÇÃO 2: COBERTURA ACESSÍVEL [9]

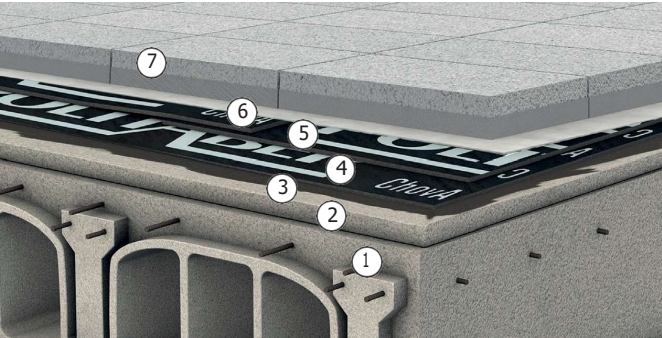
COBERTURA PLANA ACESSIVEL, INVERTIDA, PROTEÇÃO PESADA E ADERIDA

Nomenclatura: CT-03/RC/ADERE/P/II

- **Pendente:** 1 a 5 %
- **Normativa:** UNE 104401:2013

Impermeabilização: Betuminosa. **Isolamento Térmico:** Poliestireno Extrudido.

DESCRIÇÃO DA COBERTURA



07.

• Lajeta térmica

06.

• Capa Separadora

05.

• Camada superior da Impermeabilização

04.

• Camada inferior da Impermeabilização

03.

• Primário ou Emulsão

02.

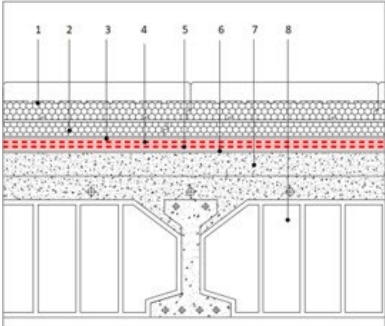
• Camada de forma

01.

• Suporte

Observações:

Pormenor construtivo



07.

• Lajeta térmica

06.

• Capa Separadora

05.

• Camada superior da Impermeabilização

04.

• Camada inferior da Impermeabilização

03.

• Primário ou Emulsão

02.

• Camada de forma

01.

• Suporte

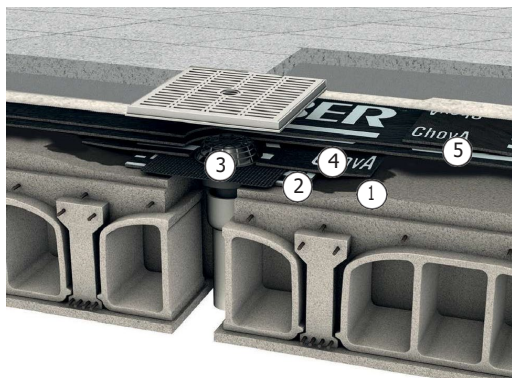
Em presença de sistema bicamada, recomenda-se a aplicação de uma primeira camada com feltro de fibra de vidro 3-4 Kg/m² na armadura da Tela Betuminosa, seguido de uma camada com reforço em Poliéster do mesmo peso. Isto ira reduzir o custo global da solução e ao mesmo tempo oferece uma ótima funcionalidade na cobertura. O sistema apresentado recorre a proteção pesada, o que por sua vez também permite a aplicação de uma só camada com fibra de Poliéster 3 Kg/m². A camada de impermeabilização ficará protegida face aos raios UV.

Cobertura: Espessura mínima para Obra Nova (para cumprimento do REH)	Plana
Zona climática 1	10 cm
Zona climática 2	12 cm
Zona climática 3	14 cm

Cobertura Plana, Acessível, Tradicional com Proteção Pesada e Impermeabilização Aderida: Pontos Singulares

Nomenclatura: CT-03/RC/ADERE/P

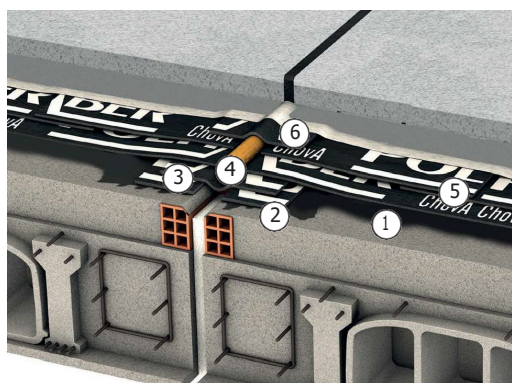
Saídas de água verticais



- 05. Membrana de Impermeabilização
- 04. Peça de reforço
- 03. Saída de água
- 02. Peça de reforço
- 01. Primário ou Emulsão Betuminosa

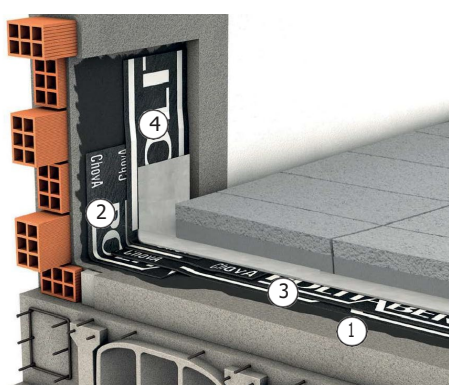
A peça de aderência de base, sobressairá em cada lado 15 cm, no mínimo. A superior, por cada lado 10 cm, no mínimo, em relação à base. Os drenos serão colocados, no mínimo, a 1 m de cantos ou esquinas e a 0,5 m das paredes.

Junta de Dilatação



- 06. Acabamento com Material de Impermeabilização e Capa Separadora
- 05. Membrana de Impermeabilização
- 04. Cordão de Junta
- 03. Banda de reforço
- 02. Bandas de Aderência.
- 01. Primário ou Emulsão Betuminosa

Encontro com elemento Vertical



- 04. -Acabamento com Material usado na Impermeabilização
- 03. -Membrana de Impermeabilização
- 02. -Banda de reforço
- 01. -Primário ou Emulsão Betuminosa

O acabamento deverá subir no mínimo 20 cm desde a cota final do piso, para assegurar que em situações de carga de água extrema, a infiltração não aconteça pelo paramento vertical.

Pontos Singulares

SOLUÇÃO 3: COBERTURA AJARDINADA [9]

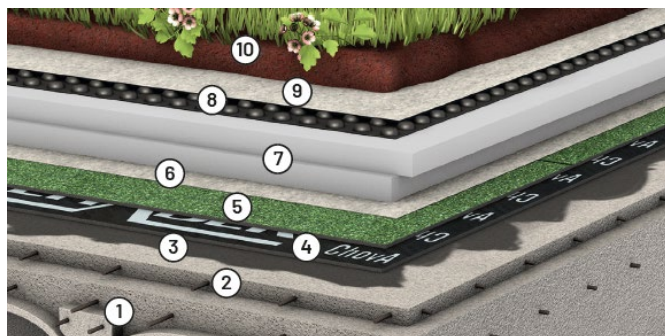
Cobertura Plana, Ajardinada, Invertida, Proteção Pesada e Impermeabilização Aderida: Zona Corrente

Nomenclatura: CT-03/RC/ADERE/P/II

- **Pendente:** 1 a 5 %
- **Normativa:** UNE 104401:2013

Impermeabilização: Betuminosa. **Isolamento Térmico:** Poliestireno Extrudido.

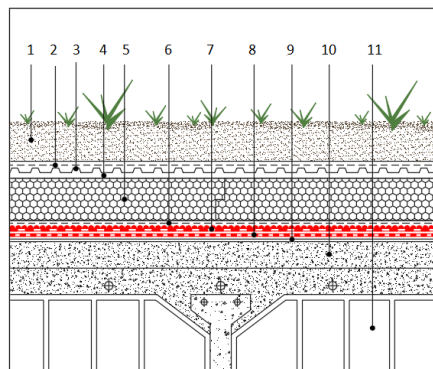
DESCRIÇÃO DA COBERTURA



10. Sustrato vegetal
09. Capa filtrante
08. Capa drenante
07. Isolamento térmico
06. Capa separadora
05. Camada superior da impermeabilização
04. Camada inferior da impermeabilização
03. Primário ou Emulsão Betuminosa
02. Camada de forma
01. Suporte resistente

Observações:

Pormenor construtivo



- a) Poderá ser necessário prever um sistema de rega.
- b) O isolamento térmico deverá ser imputrescível e Impermeável à água (Ex: XPS), este deve estar sempre sob a membrana, porque a água da chuva infiltrar-se-á pelo solo.
- c) É prevista a existência de plantas herbáceas, sendo que as raízes de uma árvore irão ferir a tela Betuminosa ou de PVC.
- d) Saídas de água com grelhas para impedir a passagem de folhas.
- e) Classificação ISOLE: I (3 a 5); S2; O3; L4; E5

• Tipo de cobertura:

- Acessível ☒
- Não acessível ☐

• Aplicabilidade em Portugal:

- Muito frequente ☒ Pouco Frequente ☐

• Dificuldade na Execução:

- Fácil ☒ Médio ☐ Difícil ☐

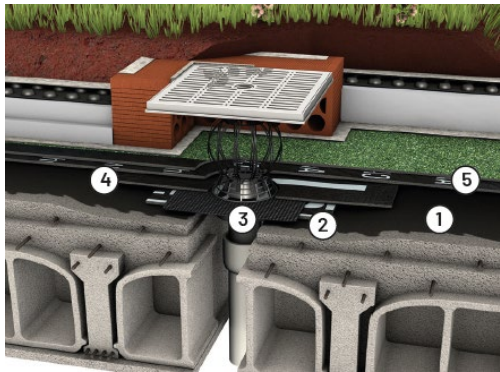
• Durabilidade da Solução:

- Pequena ☐ Média ☐ Elevada ☒

Cobertura Plana, Ajardinada, Invertida, Proteção Pesada e Impermeabilização Aderida: Pontos Singulares

Nomenclatura: CT-03/RC/ADERE/P/II

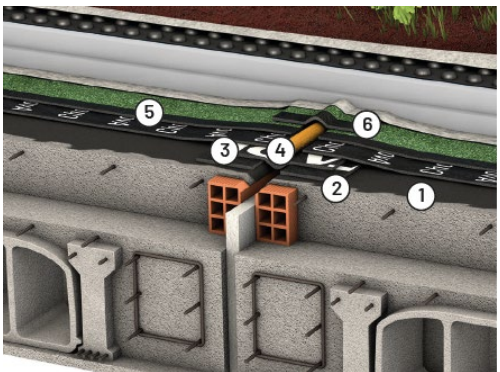
Saídas de água verticais



- 05. Membrana de Impermeabilização
- 04. Peça de reforço
- 03. Saída de água
- 02. Peça de reforço
- 01. Primário ou Emulsão Betuminosa

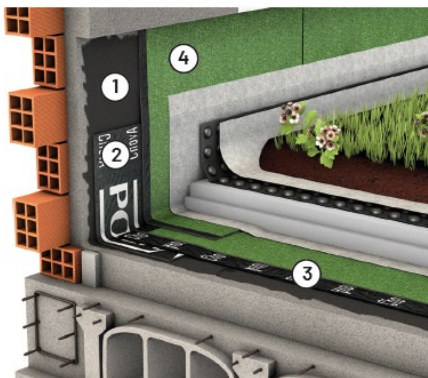
A peça de aderência de base, sobressairá em cada lado 15 cm, no mínimo. A superior, por cada lado 10 cm, no mínimo, em relação à base. Os drenos serão colocados, no mínimo, a 1 m de cantos ou esquinas e a 0,5 m das paredes.

Junta de Dilatação



- 06. Acabamento com Material de Impermeabilização e Capa Separadora
- 05. Membrana de Impermeabilização
- 04. Cordão de Junta
- 03. Banda de reforço
- 02. Bandas de Aderência.
- 01. Primário ou Emulsão Betuminosa

Encontro com elemento Vertical



- 04. -Acabamento com Material usado na Impermeabilização
- 03. -Membrana de Impermeabilização
- 02. -Banda de reforço
- 01. -Primário ou Emulsão Betuminosa

O acabamento deverá subir no mínimo 20 cm desde a cota final do piso, para assegurar que em situações de carga de água extrema, a infiltração não aconteça pelo paramento vertical.

Pontos Singulares

SOLUÇÃO 4: ACESSÍVEL A VEÍCULOS [9]

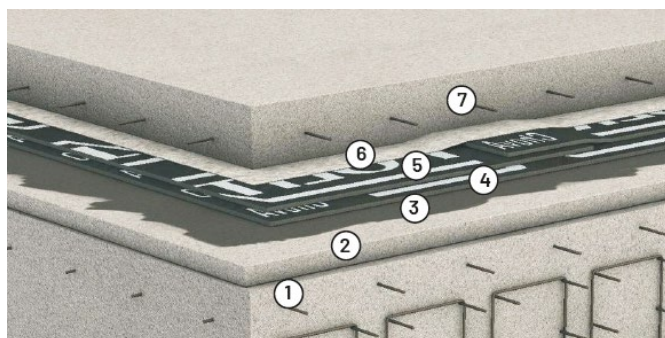
Cobertura Plana, Acessível a Veículos, Sem isolamento, Proteção Pesada e Impermeabilização Aderida

Nomenclatura: CT-00/RC/ADERE/P/II

- **Pendente:** 1 a 5 %
- **Normativa:** UNE 104401:2013

Impermeabilização: Betuminosa. **Isolamento Térmico:** Poliestireno Extrudido.

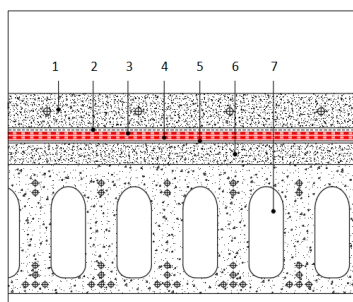
DESCRIÇÃO DA COBERTURA



- 07. • Camada de Betão Armado
- 06. • Capa Separadora
- 05. • Camada superior da Impermeabilização
- 04. • Camada inferior da Impermeabilização
- 03. • Primário ou Emulsão
- 02. • Camada de forma
- 01. • Suporte

Observações:

Pormenor construtivo



- É impreterível o uso de uma tela Desolidarizante para que com a travagem dos veículos não existam movimentos nas camadas de impermeabilização, recorre-se a uma manta geotêxtil.
- É recomendado um sistema completamente aderido, pois a fixação da tela será assegurada com muito mais eficácia. Complementa-se com o uso de um primário com base solvente para aumentar a adesão a quente.
- É recomendado um sistema Bicamada, composto por duas camadas de Tela Betuminosa com armadura em feltro de Poliéster com 4kg/m2 na primeira camada, e uma Tela Betuminosa com 5Kg/m2 e acabamento auto-protégido mineral.
- Classificação ISOLE: I5 S3 O3 L4 E2

• Tipo de cobertura:

Acessível ☒

Não acessível ☐

• Aplicabilidade em Portugal:

Muito frequente ☒ Pouco Frequente ☐

• Dificuldade na Execução:

Fácil ☒ Médio ☐ Difícil ☐

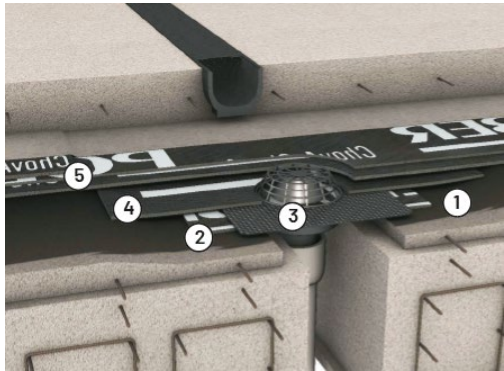
• Durabilidade da Solução:

Pequena ☐ Média ☐ Elevada ☒

Cobertura Plana, Acessível a Veículos, Sem isolamento, Proteção Pesada e Impermeabilização Aderida: Pontos Singulares

Nomenclatura: CT-00/RC/ADERE/P/II

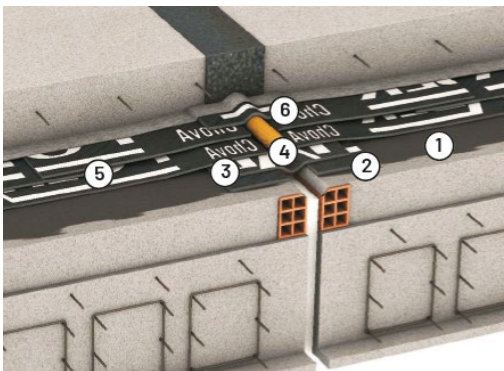
Saídas de água verticais



- 05. Membrana de Impermeabilização
- 04. Peça de reforço
- 03. Saída de água
- 02. Peça de reforço
- 01. Primário ou Emulsão Betuminosa

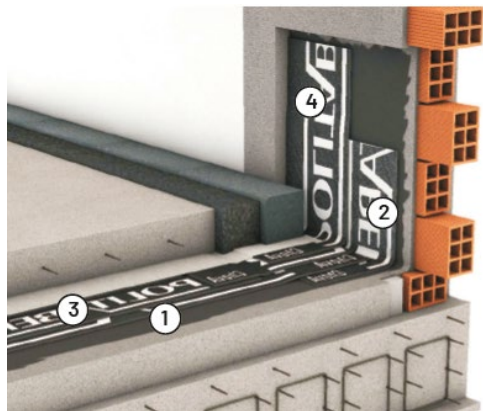
A peça de aderência de base, sobressairá em cada lado 15 cm, no mínimo. A superior, por cada lado 10 cm, no mínimo, em relação à base. Os drenos serão colocados, no mínimo, a 1 m de cantos ou esquinas e a 0,5 m das paredes.

Junta de Dilatação



- 06. Acabamento com Material de Impermeabilização e Capa Separadora
- 05. Membrana de Impermeabilização
- 04. Cordão de Junta
- 03. Banda de reforço
- 02. Bandas de Aderência.
- 01. Primário ou Emulsão Betuminosa

Encontro com elemento Vertical



- 04. -Acabamento com Material usado na Impermeabilização
- 03. -Membrana de Impermeabilização
- 02. -Banda de reforço
- 01. -Primário ou Emulsão Betuminosa

O acabamento deverá subir no mínimo 20 cm desde a cota final do piso, para assegurar que em situações de carga de água extrema, a infiltração não aconteça pelo paramento vertical.

Pontos Singulares