

# **DURABILIDADE DE MATERIAIS UTILIZADOS NOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS PLANAS**

**Tiago Matos de Oliveira Dias**

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

---

Orientador: Professor Doutor Vítor Carlos Trindade Abrantes Almeida

Junho de 2008

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo 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 electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais e Amigos

*“tiray o tecto de hua casa, em pouco tempo paredes,  
madeyramentos e mais fabrica della vira a terra”  
Mattheus do Couto, o Velho, “Tractado de Architectura”,  
Lisboa, 1631*



## **AGRADECIMENTOS**

Quero expressar o meu sincero agradecimento a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus Orientadores, o Professor Doutor Vítor Abrantes Almeida e a Engenheira Ana Margarida Vaz e Sá, por toda a ajuda fornecida no desenvolvimento do trabalho.

À Professora Maria de Lurdes Lopes e ao Engenheiro Rui Silvano, endereço um especial obrigado, por toda a cooperação prestada na realização dos ensaios.

Para terminar, agradeço a todos aqueles que durante a realização deste trabalho me deram apoio, em especial aos meus pais e aos meus amigos.



## **RESUMO**

A construção tem de se modernizar, a fim de satisfazer as necessidades dos seus utilizadores, criando soluções que perdurem no tempo, sem grandes gastos de manutenção nem consumos avultados de energia ao longo da sua vida útil. A durabilidade deve ser cada vez mais factor intrínseco das construções. Nos últimos anos têm surgido no mercado novos sistemas de impermeabilização que apresentam vantagens em relação aos existentes, principalmente no que à durabilidade diz respeito. Contudo a utilização destas novas soluções requer um conhecimento aprofundado das suas características, de modo a possibilitar uma correcta utilização dos novos materiais.

Com essa finalidade, abordam-se neste trabalho as várias soluções de sistemas de impermeabilização de coberturas planas existentes, descrevendo, sucintamente, as suas propriedades mais importantes. Indicam-se ainda os factores que afectam a durabilidade e como devem ser analisados os materiais depois de envelhecidos.

Para terminar estuda-se uma amostra degradada de uma solução de impermeabilização composta por membranas betuminosas, aplicadas em bicamada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Durabilidade, Impermeabilizantes, Cobertura, Membrana, Ensaio de Tracção.



## **ABSTRACT**

Construction has to keep itself updated in order to fulfil the needs of its users, creating time-enduring solutions without creating unaffordable expenses. Durability should be more and more an intrinsic factor of the constructions. In the last few years the market has witnessed the appearance of new waterproofing systems which have advantages with respect to the existing ones, mainly as far as durability is concerned. However, using these new solutions requires a deep knowledge of their characteristics, in order for the new materials to be correctly used.

Having this goal in mind, this work deals with different solutions for the existing plane cover waterproofers. Their most important properties are briefly described. Durability affecting factors are also listed, as are some rules on how to examine aged materials.

At the end a degraded sample of an waterproof solution – one composed by bituminous membranes, applied in bilayers - is studied.

**KEY-WORDS:** Durability, Waterproofer, Cover, Membrane, Traction Control.



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE GERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE QUADROS .....	xi
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. NOTA INTRODUTÓRIA .....	1
<b>2. COBERTURAS .....</b>	<b>3</b>
2.1. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO .....	3
2.2.1. INTRODUÇÃO .....	3
2.2.2. COBERTURA PLANA .....	4
2.2. SUBSISTEMA DO EDIFÍCIO .....	5
2.3. CLASSIFICAÇÃO .....	6
2.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	6
2.3.2. COBERTURAS INCLINADAS.....	6
2.3.3. COBERTURA PLANA .....	7
<b>3. DURABILIDADE .....</b>	<b>11</b>
3.1. DEFINIÇÃO.....	11
3.2. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS IMPERMEABILIZANTES .....	13
3.3. FACTORES QUE AFECTAM A DURABILIDADE .....	14
3.4. ANÁLISE DOS MATERIAIS DEPOIS DE ENVELHECIDOS.....	16
3.4.1. INTRODUÇÃO .....	16
3.4.2. APARÊNCIA VISUAL .....	16
3.4.3. DIMENSÃO E PESO.....	17
3.4.4. ENSAIOS .....	17

<b>4. SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS PLANAS</b> .....	19
<b>4.1. INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>4.2. TIPOS DE MATERIAIS IMPERMEABILIZANTES</b> .....	20
4.4.1. GENERALIDADES .....	20
4.4.2. MEMBRANAS BETUMINOSAS .....	21
4.4.3. MEMBRANAS DE PVC .....	23
4.4.4. MEMBRANAS DE BORRACHA .....	23
4.4.5. PINTURAS IMPERMEABILIZANTES .....	24
4.4.6. OUTROS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO .....	24
<b>4.3. COMPARAÇÃO ENTRE SOLUÇÕES DE IMPERMEABILIZAÇÃO</b> .....	25
<b>5. ESTUDO LABORATORIAL</b> .....	29
<b>5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	29
<b>5.2. FASE EXPERIMENTAL</b> .....	29
5.2.1. MÉTODO DE ENSAIO .....	29
5.2.2. PREPARAÇÃO DOS PROJETOS .....	29
5.2.3. EQUIPAMENTO .....	30
5.2.4. TÉCNICA .....	31
5.2.5. REGISTOS .....	31
5.2.6. OBSERVAÇÕES E COMENTÁRIOS .....	35
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	39
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 - Abrigo do Paleolítico Superior em Pincevent, França [1] .....	3
Fig.2 - Arquitectura em climas continentais quentes – Taos Pueblo, Novo México [1].....	4
Fig.3 - Casa contemporânea no deserto de Joshua Tree National Monument, Califórnia [1].....	5
Fig.4 - Estrutura tradicional de cobertura [9].....	6
Fig.5 - Classificação dos sistemas de impermeabilização quanto à sua constituição [16].....	20
Fig.6 - Esquema do processo de fabrico de membranas de betume polimérico [16].....	21
Fig.7 - Exemplo de provete utilizado nos ensaios.....	30
Fig.8 - Máquina utilizada no ensaio de tracção.....	30
Fig.9 - Provetes para ensaio de tracção, na direcção longitudinal .....	31
Fig.10 - Ensaio 3, na direcção longitudinal, rejeitado .....	31
Fig.11 - Provete do ensaio 7 .....	32
Fig.12 - Provetes para ensaio de tracção, na direcção transversal.....	33
Fig.13 - Gráfico força-extensão para ensaios realizados na direcção longitudinal .....	34
Fig.14 - Gráfico força-extensão para ensaios realizados na direcção transversal .....	34
Fig.15 - Rotura do provete 2 .....	35
Fig.16 - Rotura do provete 7 .....	36



## **ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 1 - Classificação de coberturas planas [16] .....	8
Quadro 2 - Valores mínimos para a durabilidade do edifício e seus componentes. [20] .....	12
Quadro 3 - Durabilidade dos produtos em função da durabilidade das construções [22] .....	13
Quadro 4 - Factores de Degradação [26] .....	15
Quadro 5 - Análise comparativa de membrana – Características dimensionais e mecânicas.....	26
Quadro 6 - Análise comparativa de membrana – Comportamento sob a acção da temperatura .....	27
Quadro 7 - Análise comparativa de membrana – Campo de aplicação .....	28
Quadro 8 - Resultados do ensaio de tracção na direcção longitudinal.....	32
Quadro 9 - Resultados do ensaio de tracção na direcção longitudinal.....	33
Quadro 10 - Análise estatística dos resultados obtidos nos ensaios na direcção longitudinal .....	35
Quadro 11 - Análise estatística dos resultados obtidos nos ensaios na direcção transversal .....	35







## INTRODUÇÃO

### 1.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Com a cada vez maior utilização de coberturas planas nas construções actuais e com o surgimento de novos sistemas de impermeabilização é indispensável estudar estas soluções, de modo recorrer nas a alternativas mais duradouras e menos sujeitas a patologias.

A cobertura é um dos locais das habitações que mais patologias apresenta, sendo na sua maioria relacionadas com problemas no sistema de impermeabilização.

O revestimento de impermeabilização tem como principal função munir a cobertura de capacidade de estanquidade à água. Com o passar do tempo o revestimento de impermeabilização deve manter o conjunto dos seus requisitos de forma satisfatória. De modo a garantir um desempenho satisfatório dos revestimentos de impermeabilização, em condições normais de utilização durante a sua vida útil, é indispensável uma intervenção a quatro níveis: ao nível da elaboração do projecto, ao nível da qualidade dos materiais utilizados, acautelar uma correcta aplicação em obra dos materiais, e ao nível da manutenção e reparações. É essencial um bom planeamento, concepção e execução dos sistemas de impermeabilização. Para isso é imprescindível um conhecimento aprofundado das características e o campo de aplicação das membranas de impermeabilização; bem como dos factores que levam à sua degradação.



## COBERTURAS

### 2.1. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO

#### 2.1.1. INTRODUÇÃO

A Construção é indubitavelmente uma das actividades humanas mais antigas. O Homem Primitivo cedo se apercebeu da necessidade de criar estruturas que o protegessem das adversidades do clima, dos animais selvagens e de outros humanos. As primeiras estruturas surgiram por observação da natureza e utilizavam materiais que esta lhes proporcionava. Estas eram bastante simples e compostas essencialmente por coberturas de colmo e madeira, e por vezes de peles, com paredes de pedra ou argila. Por exemplo, temos o povoado de Pincevent, França, datado de 8.000 a.C., em que as habitações eram tendas rectangulares, formadas por madeira e peles. Ou os vestígios das primeiras fixações permanentes, que ocorreram por volta de 6.000 a.C., na Mesopotâmia, utilizando um sistema misto de paredes pesadas de terra e coberturas de troncos e ramos de madeira coberta com argila. [1]

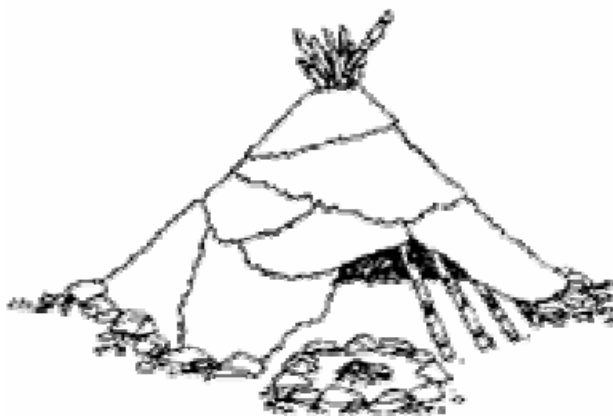


Fig.1 – Abrigo do Paleolítico Superior em Pincevent, França. [1]

Assim, a técnica de construção foi-se desenvolvendo através do saber empírico acumulado durante a prática da mesma. O aparecimento das primeiras civilizações está intimamente ligado a um conjunto de inovações que permitiram a criação de estruturas mais resistentes e complexas.

Foi com a descoberta da cozedura da argila em fornos de lenha, no final da idade da Idade da Pedra, que se pensa que terão surgido as primeiras telhas. Porém a sua aplicação em grande escala fica-se a

dever aos Romanos, que a utilizavam em construções ao longo de todo o Império. Apesar de os Gregos já utilizarem telhas cerâmicas nos templos. Estas foram usadas até ao século XVIII, quando surgiram as telhas de encaixe planas. Esta invenção deve-se aos Irmãos franceses Gilardom d'Altkriche, que implementaram o seu fabrico mecânico. Surgiu, posteriormente, em Portugal a “Telha Lusa”, que é também muito utilizada no Brasil. [1,2,3]

Com o aparecimento de novos materiais, como o ferro e o cimento Portland, que possibilitam o fabrico de betão armado, e do desenvolvimento das teorias da mecânica dos materiais e da análise estrutural, permitiu a criação de estruturas que antes eram impossíveis de realizar. As necessidades de sistematização e standardização obrigaram a que a cobertura se transformasse num elemento com características iguais as restantes partes da estrutura, adoptando os mesmos materiais e processos construtivos das restantes partes do edifício.

No início do século XX, foram incrementados novos materiais como o alumínio, os plásticos e os compósitos, muito utilizados em coberturas. Também a pré-fabricação foi perfilhada no fabrico de coberturas, o que permitiu a implementação de novas formas de construção mais rápidas e de qualidade superior, devido a industrialização inerente ao processo. [4]

#### 2.1.2. COBERTURA PLANA

Já na Antiguidade existiam coberturas planas, em terraço; estas encontravam-se principalmente em climas quentes e secos, como é o caso da Mesopotâmia. Estas eram constituídas por materiais muito simples, como troncos de madeira, ramos ou canas, aos quais era sobreposta uma camada de argila, que servia de impermeabilizante. No nosso País, mais propriamente no Algarve, existem as açoteias, coberturas planas que foram introduzidas pelos Árabes. Também nos desertos do continente Americano existiram e continuam a construir-se ainda hoje coberturas planas, devido a boa adaptabilidade destas ao clima. [5]



Fig.2 – Arquitectura em climas continentais quentes – Taos Pueblo, Novo México. [1]



Fig.3 – Casa contemporânea no deserto de Joshua Tree National Monument, Califórnia, de Josh Schweitzer. [1]

No início do século XX, com a inclusão do Movimento Moderno na arquitectura, a cobertura plana atinge o seu auge. A cobertura passou a ser um espaço acessível dos edifícios, deste modo permitiu o aproveitamento, por parte dos habitantes, dum espaço até aí desaproveitado, isto levou a criação dum novo espaço social no topo dos edifícios das grandes cidades. Para isso muito contribuiu o desenvolvimento de novos materiais impermeabilizantes, a necessidade de incorporar novos processos construtivos e esta coligir as mudanças e intenções estéticas vigentes na época. A modernização na forma de edificação, de modo a suprir estas e outras necessidades, ficou-se a dever a materiais como o ferro, o aço e o betão. [1,6]

## **2.2. SUBSISTEMA DO EDIFÍCIO**

A cobertura constitui uma parte essencial de um edifício, e seu desempenho tem influência na longevidade e patologias da estrutura, para além de contribuir para o conforto no interior do mesmo. É a “carapaça” do edifício, que o protege dos agentes externo.

O edifício é como um sistema dividido em vários subsistemas que coexistem e se correlacionam formando um todo, a cobertura é um desses subsistemas funcionais, presente em todas as edificações.

A cobertura pode ser definida como o elemento da envolvente do edifício com funções de o delimitar superiormente, protegendo o interior dos agentes externos, como a chuva, vento e agentes externos de deterioração. Assim se entende a importância da sua estanquidade. Esta é um elemento caracterizador da arquitectura da construção, através da forma e dos materiais usados na estrutura e no revestimento, bem como através da área útil do piso inferior adjacente. [5,7,8]

## 2.3. CLASSIFICAÇÃO

### 2.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O processo de classificação de coberturas mais usado e unanimemente aceite é aquele que divide as mesmas em Inclinadas e Planas; sendo considerado o valor de 8% de pendente como o limite separador dos dois grupos. Este método permite dividir as coberturas em dois grandes grupos, o que facilita o seu estudo, visto as características e exigências de ambas serem antagónicas. Cada um destes grupos tem uma divisão específica.

### 2.3.2. COBERTURAS INCLINADAS

Caracterizam-se pela sua pendente elevada, que impede a acumulação de água da chuva, aliviando deste modo as sobrecargas da estrutura, e facilitando a seu escoamento e evitando a penetração de água pelas juntas. Este facto permite a utilização de revestimentos não completamente impermeáveis, ao contrário do que acontece nas coberturas planas, nas quais os cuidados de impermeabilização são muito superiores. Contudo, este facto inviabiliza a acessibilidade e utilização de cobertura, tendo somente acesso pessoas para realizarem operações de manutenção e reparação.

A estrutura resistente pode ser de madeira, betão armado ou metálica. A estrutura de madeira dum telhado tradicional é constituída por: o ripado, sobre o qual é assente o revestimento, normalmente telhas cerâmicas; o varêdo; as madres e as asnas que descarregam sobre as paredes ou os pilares. Para telhas de maiores dimensões, como é o caso de telhas metálicas, plásticas e de fibrocimento, é possível eliminar o ripado e o varêdo. [9]

Devido a cada vez maior escassez e ao aumento do preço da madeira, e ao elevado custo da mão-de-obra especializada, bem como permitirem a pré-fabricação, surgiram as estruturas, de cobertura inclinada, metálica e de betão armado.

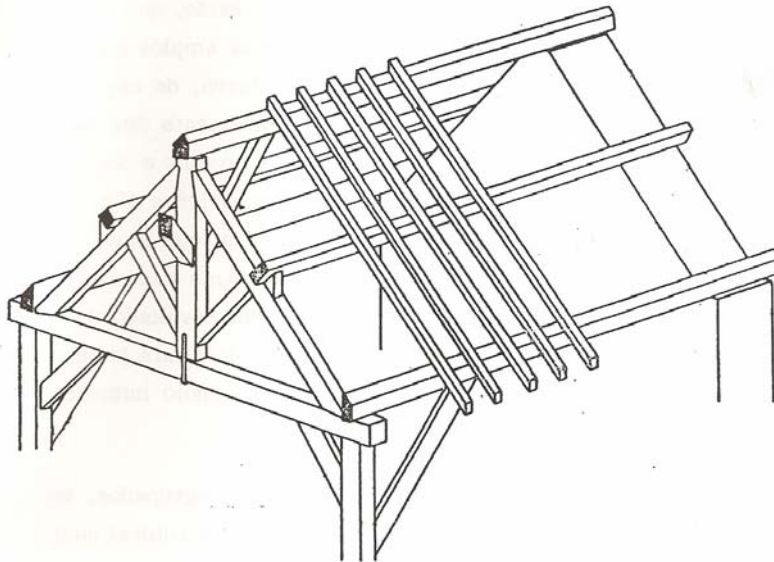


Fig.4 – Estrutura tradicional de cobertura. [9]

A estrutura metálica é muito usada em edifícios industriais e armazéns, podendo ser composta por treliças e madres, vulgarmente realizadas em vigas de aço em I ou U, nas quais é seguro o

revestimento; ou ser composta por treliças espaciais, que utilizam elementos tubulares, em aço ou alumínio, na forma básica do triângulo, única forma geométrica indeformável, formando módulos piramidais.

A estrutura de betão é normalmente constituída por laje maciça ou aligeirada, podendo também construir-se uma estrutura semelhante à de madeira com elementos pré-fabricados de betão.

Quanto ao revestimento pode ser composto por: telhas cerâmicas, as mais utilizadas em coberturas inclinadas, sendo principalmente usadas em imóveis unifamiliares e construções de pequeno e médio porte; devido à sua resistência e durabilidade, para além do baixo custo e facilidade de execução. É ainda de notar a importância estética deste elemento, sobretudo em habitações unifamiliares, onde o telhado é o elemento construtivo que mais identifica a construção. Existem vários tipos, que variam na forma, encaixe e cor.

As telhas de cimento são uma reprodução das telhas cerâmicas, realizada com aglomerador, agregados e óxidos, responsáveis pela coloração. São usadas em edifícios habitacionais e industriais como imitação das telhas cerâmicas.

As telhas de fibrocimento foram utilizadas durante muito tempo nas coberturas de edifícios de habitação de baixa qualidade, comerciais e industriais, sendo por exemplo muito usados nas coberturas de pavilhões escolares; devido sobretudo ao seu baixo custo. Contudo, por causa da descoberta dos malefícios do amianto para a saúde estes deixaram de ser utilizados. Estão em desenvolvimento novos produtos sem amianto.

Temos ainda os revestimentos metálicos: como as chapas de aço e alumínio, que têm uso predominante em edifícios comerciais e industriais, e apresentam diversas configurações de secção e acabamentos, algumas incorporam isolante térmico, o que possibilita, devido as suas melhores qualidades térmicas, a utilização em edifícios habitacionais. Ou como as folhas de cobre, que se caracterizam pela longevidade das estruturas das quais fazem parte, são muito utilizadas em monumentos. E ainda como as chapas de zinco, que apesar de inventadas em Inglaterra, no século XVIII, são também muito usadas em Portugal, através dum sistema denominado de Camarinha.

Para terminar temos os revestimentos plásticos, como as chapas de acrílico, policarbonato, poliéster reforçado com fibras de vidro e de policloreto vinilo. Estas sofreram uma enorme propagação pois permitem a construção de coberturas translúcidas, devido a serem transparentes, o que possibilita um aumento de luminosidade interior através da captação de luz natural. [10]

### 2.3.3. COBERTURA PLANA

A cobertura plana caracteriza-se pela sua baixa pendente, o que possibilita a acessibilidade, sendo os materiais que a integram dispostos por camadas, consideradas horizontais, devido a sua pequena inclinação. O RGEU [11] define como pendente mínima o valor de 1% em situações correntes, sendo aumentado para 2% no caso de habitação social. O limite máximo varia entre os 10%, na normalização Belga [12], e os 17.5%, em Inglaterra [13].

Estas coberturas planas devem no mínimo ser constituídas pelas seguintes camadas: a estrutura resistente, que tem a função de suporte da cobertura, normalmente uma laje maciça ou pré-fabricada de betão; a camada de forma, responsável pela formação das pendentes, que vão permitir o rápido escoamento da água; a impermeabilização, elaborada com materiais estanques, que impedem a penetração da água; o isolamento térmico, elemento com a função de evitar as trocas de calor entre o interior e o exterior, concorrendo assim para o conforto térmico; a barreira pára-vapor, que evita a

condensação de vapor de água, ao impedir o contacto do fluxo de vapor com a camada fria, deve ser, portanto, colocada por baixo do isolamento térmico; e a protecção da impermeabilização, essencial para a sua durabilidade, que a salvaguarda das acções climáticas e mecânicas. Existem ainda outras camadas importantes, como a de difusão de vapor de água, a de independência, que evita a aderência do impermeabilizante ao suporte, e a de dessolidarização, que se encontra entre o impermeabilizante e a protecção. [14]

As Directivas da União Europeia [15] para o estudo de Técnicas da Construção enunciam quatro classes de coberturas:

- *Classe I* – cobertura com pendente que possibilita a estagnação da água e permite a aplicação de protecção pesada;
- *Classe II* – cobertura com pendente que permite o escoamento da água e a aplicação de protecção pesada;
- *Classe III* – cobertura com pendente que permite o escoamento da água mas não a aplicação de protecção pesada;
- *Classe IV* – cobertura com pendente que obriga cuidados especiais na aplicação das diversas camadas.

A classificação de coberturas planas, segundo as publicações do LNEC, do Professor Grandão Lopes [16], pode ser feita: quanto à acessibilidade; quanto a camada de protecção; quanto ao tipo de revestimento de impermeabilização; quanto à localização da camada de isolamento térmico; quanto a pendente; e quanto à estrutura resistente. No Quadro 1 apresenta-se essa classificação:

Quadro 1 – Classificação de coberturas planas. [16]

<b>Acessibilidade</b>	Coberturas não-acessíveis		
	Coberturas acessíveis a pessoas		
	Coberturas acessíveis a veículos		
	Coberturas especiais		
<b>Camada de protecção</b>	Coberturas sem protecção		
	Coberturas com protecção leve		
	Coberturas com protecção pesada		
<b>Tipo de revestimento</b>	Tradicionais	Aplicados “in situ”	
		Pré-fabricados	
	Não-Tradicionais	Aplicados “in situ”	
		Pré-fabricados	
<b>Localização do isolamento térmico</b>	Sobre a estrutura resistente	Isolamento intermédio	Suporte de impermeabilização
		Suporte de camada de forma	
	Cobertura invertida	Sobre a impermeabilização	

Quadro 1 – Classificação de coberturas planas (continuação). [16]

	Sob a estrutura resistente	Em tectos falsos Aderente à estrutura resistente
<b>Estrutura resistente</b>	Com estrutura rígida	Contínua Descontínua
	Com estrutura flexível	

A classificação quanto à pendente é feita de acordo com as classes Directivas da União Europeia [15] expostas em cima.

O Professor Vítor Abrantes [14] considera ainda outras duas possibilidades de classificação, segundo a constituição do sistema, que pode ser um sistema de camada única ou um sistema de múltiplas camadas, quer homogéneo, quer misto; e segundo o método de ligação da impermeabilização ao seu suporte, que pode ser: aderência, aderência parcial, fixação mecânica, colagem e fixação mecânica e independência com protecção pesada.



## DURABILIDADE

### 3.1. DEFINIÇÃO

Uma estrutura é considerada durável se durante a sua vida útil conserva os requisitos de projecto em termos de segurança, de funcionalidade e estética, sem custos de manutenção não previstos. [17]

Os materiais que constituem a estrutura da cobertura são fundamentais para a sua durabilidade. Deste modo a deterioração dos seus elementos constituintes, e muito em particular dos impermeabilizantes, leva ao aparecimento de patologias que afectam a durabilidade de todo o edifício. Daí a durabilidade ser uma característica primordial de um material.

Durabilidade é, segundo o Dicionário da Língua Portuguesa [18], a qualidade daquilo que é durável; definindo durável como algo que dura ou que pode durar muito; e durar como não se gastar, conservar-se no mesmo estado, resistir, persistir.

O Engenheiro Pedro Lima Gaspar, na sua Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Construções [19], denomina durabilidade como Vida Útil Física, e faz sobre sair outro aspecto importante da durabilidade, “*os níveis de performance em termos de durabilidade não são constantes ao longo da vida útil da construção, mas variáveis ao longo do tempo conforme são incorporadas novas exigências do ponto de vista da higiene e segurança, qualidade e desempenho, (...) só através de investimento constante poderá acompanhar a evolução das exigências que lhe são colocadas e contrariar a tendência de degradação de todas as suas partes constituintes*”.

A durabilidade é uma temática abordada em várias Normas e Documentos Técnicos. Contudo a sua definição varia ligeiramente de documento para documento.

A Norma Internacional ISO15686 [20] descreve durabilidade como: *a capacidade de um edifício ou de elementos que o constituem desempenharem as funções necessárias, durante um determinado período de tempo, sobre a acção dos agentes previstos de serviço.*

A Norma americana ASTM E632-82 [21] define durabilidade como: *a capacidade de um produto, componente, montagem ou construção manter a funcionalidade durante um determinado período de tempo.* Esta Norma afirma ainda que a durabilidade não é uma propriedade do material ou do componente, embora o termo seja por vezes erradamente usado como tal.

Já a EOTA, European Organization for Technical Approvals, no Documento Guia 002 [22], não apresenta nenhuma definição para durabilidade, contudo define *working life*, que pode ser entendido como vida útil, como: *o período de tempo durante o qual o desempenho do produto mantém um nível compatível com a satisfação dos “Essential Requirements” (requisitos essenciais)*.

É importante entender o conceito de vida útil que tantas vezes aparece associado ao de durabilidade. Assim a Norma Internacional ISO15686 [20] apresenta vida útil como: *período de tempo, após a construção, em que o edifício ou seus elementos igualam ou excedem os requisitos mínimos de desempenho*. E a Norma americana ASTM E632-82 [21] como: *Período de tempo, depois da instalação, durante o qual todas as propriedades do material ou componente do edifício excedem os valores mínimos aceitáveis, quando sujeitos à manutenção adequada*.

Segundo a Norma ISO15686 [20] a “vida útil estimada” é obtida multiplicando a “vida útil de referência” pelos “factores de modificação”. Estes factores variam conforme as características inerentes à qualidade, o ambiente em que a construção se localiza e às condições de utilização. A vida útil de cada componente de construção deve ser definida pelo fabricante, com base em características de deterioração estudadas e desenvolvidas pelo mesmo.

É de realçar que existem ainda outras normas que indicam a previsão da vida útil como é o caso da BS 7543:1992, “Durabilidade de edifícios e seus Elementos, Produtos e Componentes”, do Reino Unido, a CSA-5478, “Guia da Durabilidade de Edifícios”, do Canadá, ou ainda o “Guia para o Planeamento da Vida Útil”, do Instituto de Arquitectura do Japão. [23]

Os conceitos de Durabilidade e Vida Útil são relativos, uma vez que dependem de factores subjectivos, como os critérios de avaliação de desempenho e de funcionalidade, que variam conforme a época e o contexto socio-económico em que se localizam.

A Norma ISO15686 [20] e o Documento Guia 002 [22] indicam qual deve ser a durabilidade dos componentes e produtos de construção em função da durabilidade requerida pelas construções.

Quadro 2 – Valores mínimos para a durabilidade do edifício e seus componentes. [20]

<b>Durabilidade do edifício</b>	<b>Elementos estruturais ou sem acesso</b>	<b>Elementos cuja substituição é onerosa</b>	<b>Elementos facilmente substituíveis</b>	<b>Serviços</b>
<i>Ilimitada</i>	Ilimitada	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

Quadro 3 – Durabilidade dos produtos em função da durabilidade das construções. [22]

Durabilidade das Construções		Durabilidade dos Produtos da Construção		
Categoria	Anos	Categoria		
		<i>Reparável ou facilmente substituído</i>	<i>Reparável ou substituível com algum esforço</i>	<i>Para toda a vida da construção</i>
<i>Pequena</i>	10	10	10	10
<i>Média</i>	25	10	25	25
<i>Normal</i>	50	10	25	50
<i>Grande</i>	100	10	25	100

É de notar que apesar de a substituição dos impermeabilizantes da cobertura ser uma operação cada vez mais simples e comum, esta é dispendiosa e trabalhosa. Assim o revestimento de impermeabilização, que por norma deve conservar os requisitos mínimos por um período de tempo nunca inferior a 10 anos, deveria ver o seu período de “vida útil” aumentado de forma a responder de melhor forma aos desafios actuais de durabilidade.

### 3.2. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS IMPERMEABILIZANTES

“*Exigência Funcional pode ser definida como um requisito colocado a parte de um edifício ou ao seu todo, tendo em vista a satisfação de determinadas necessidades dos utentes (fisiológicas, psicológicas e sócio-económicas)*” (Raposo, 2003:6)

Existem diversas classificações para as exigências funcionais. As Directivas Gerais UEAtc para a homologação de revestimentos de impermeabilização de coberturas [24] propõem as seguintes classes de Exigências Funcionais para impermeabilizantes:

- Exigências de Segurança:
  - Acções do Vento;
  - Contra Risco de Incêndio;
  - Saúde.
- Exigências de Aptidão de Uso:
  - Estanquidade à Água;
  - Aspecto;
  - Ocorrência de Manchas;
  - Conservação da Resistência Mecânica.
- Exigências relativas à Conservação das Qualidades:
  - Efeito dos Agentes do Meio Ambiente;
  - Compatibilidade de Materiais;
  - Acções Biológicas e de Animais;
  - Efeitos de Movimento do Suporte;
  - Cargas de Serviço;

- Circulação de Pessoas.
- Exigências relativas à Manutenção e Reparação.

Já a Directiva Europeia dos Produtos da Construção 89/106/CE [25] considera seis Requisitos Essenciais:

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

Susana Raposo [6] define a seguinte Formulação Exigencial para Coberturas:

- Exigências de Segurança:
  - Segurança estrutural;
  - Segurança contra riscos de incêndio;
  - Segurança contra riscos inerentes ao uso normal.
- Exigências de Habitabilidade:
  - Estanquidade;
  - Conforto termo-higrométrico;
  - Conforto acústico;
  - Conforto visual;
  - Aspecto.
- Exigências de Economia:
  - Limitação do custo global;
  - Durabilidade.

Um edifício, ou uma construção, deve satisfazer as necessidades dos seus utilizadores, para que tal objectivo seja atingido são estabelecidas Exigências Funcionais. Estas devem portanto contemplar os requisitos dos vários elementos de construção (materiais e soluções construtivas) de modo que cada um deles seja capaz de desempenhar a sua função, e no seu conjunto cooperar para a satisfação global das necessidades.

### **3.3. FACTORES QUE AFECTAM A DURABILIDADE**

Os principais agentes de deterioração dos impermeabilizantes em coberturas planas são: a água, as temperaturas elevadas, os raios U.V., o vento e os agentes químicos.

A água é um factor que acelera o processo de degradação. A acumulação de água possibilita o desenvolvimento de microorganismos e vegetais parasitas que debilitam as protecções das membranas deixando as mais expostas aos factores de deterioração. A exposição das membranas betuminosas aos agentes atmosféricos leva a volatilização de alguns dos seus componentes e conseqüente retracção do asfalto. A água afecta também severamente as impermeabilizações que contêm armadura orgânica, devido a perda de eficiência das mesmas. Convém ainda realçar que os ciclos de humificação-secagem são também bastante prejudiciais para os impermeabilizantes. A água que se infiltra pelas fissuras pode levar ainda ao empoamento das membranas. A água não tem uma acção relevante na extracção do plastificante das membranas de PVC.

As elevadas temperaturas afectam especialmente os produtos betuminosos, como as membranas e as emulsões à base de betumes, devido a volatilização dos materiais, o que origina a endurecimento, retracção e fissuração das mesmas. Também as membranas de PVC perdem os plastificantes devido ao calor excessivo, o que leva a uma diminuição do alongamento na rotura e um aumento do módulo de elasticidade; perdem ainda uma significativa parte da sua massa, entre 35 e 75% para variações de temperatura entre 50 e 360 °C. A acção do calor coloca em risco a aderência das ligações executadas por sobreposição. O calor produz ainda o empolamento das membranas, devido a transformação da água em vapor. As mudanças de temperatura causam fortes dilatações e contracções nos materiais, o que origina desprendimentos e rugas. As baixas temperaturas levam à perda de flexibilidade das membranas.

Os raios U.V. deterioram a superfície das membranas levando ao aparecimento de pequenas fissuras acompanhadas de perda de massa. Estes factos devem-se à alteração da composição das membranas betuminosas, à perda de plastificante nas membranas de PVC, existindo no entanto uma maior sensibilidade à degradação por esta acção nas membranas com cargas de óxido de titânio (membranas de cor branca) relativamente às fabricadas com cargas de negro de fumo, e à diminuição da capacidade de deformação das membranas EPDM.

O vento, devido as forças de sucção que cria, é capaz de arrastar as protecções pesadas das impermeabilização, deixando-as expostas à sucção do vento e à agressão dos agentes atmosféricos. Pode ainda arrancar as telas impermeabilizantes. [5,10]

Temos ainda os ataques dos agentes químicos, o oxigénio, o ozono, o dióxido de carbono, os sulfatos e os óxidos e hidróxidos, e agentes atmosféricos habituais nas zonas marítimas e industriais e agentes químicos específicos do local, como as acções dos ácidos orgânicos em coberturas ajardinadas, ou de óleos em terraços de parques de estacionamento.

De seguida exponho um quadro resumo, para o caso de sistemas de impermeabilização, dos factores de degradação a ter em conta na situação de exposição externa, segundo o Documento Guia 003, EOTA, Avaliação da Vida Útil de Produtos da Construção [26].

Quadro 4 – Factores de Degradação. [26]

<b>Factor de Degradação</b>	<b>Acções</b>	<b>Materiais possivelmente em risco</b>
<b>Radiação solar</b>		
U.V.	Química – ruptura das ligações em compostos orgânicos	Plásticos Resinas Betumes
Térmica	Absorção de energia pelos materiais	
<b>Água</b>	Química	Plástico Polímeros Fibra de vidro Adesivos e vedantes Materiais em camadas

Quadro 4 – Factores de Degradação (continuação). [26]

<b>Factor de Degradação</b>	<b>Ações</b>	<b>Materiais possivelmente em risco</b>
	Física	Adesivos e vedantes Produtos reforçados com betume
<b>Química</b>		
Oxigénio atmosférico	Oxidação	Plásticos Resinas Betumes
Ozono	Oxidação	Borrachas
Solventes químicos	Solvatação	Plásticos Resinas
<b>Compatibilidade</b>		
Migração plástica	Física	Plásticos Adesivos e vedantes
<b>Stress de uso</b>		
Clima	Mecânica - abrasão	Todos os materiais
Impacto	Mecânica	Materiais finos
<b>Fadiga</b>		
Vento	Mecânica	Materiais colados
<b>Biológico</b>		
	Ação pássaros, insectos, plantas, algas, líquenes e fungos	Plásticos Materiais fibrosos Revestimentos de superfícies

### 3.4. ANÁLISE DOS MATERIAIS DEPOIS DE ENVELHECIDOS

#### 3.4.1. INTRODUÇÃO

O Documento Guia 003, EOTA, Avaliação da Vida Útil de Produtos da Construção [26], define como deve ser executada a examinação dos materiais depois de envelhecidos. A comparação deve ser sempre executada contra amostras de controlo.

#### 3.4.2. APARÊNCIA VISUAL

Das observações a olho nu podemos atender nos seguintes factores:

- alteração da cor;
- perda de brilho;
- alteração de textura – empolamentos, padrões, aspereza da superfície;
- depósitos de sal na superfície – normalmente brancas;

- fendilhação da superfície;
- delaminação;
- distorção.

A amplificação 20x, com ou sem material em stress, permite-nos examinar o seguinte:

- alteração da textura;
- fendilhação da superfície;
- delaminação.

#### 3.4.3. DIMENSÃO E PESO

Devem ser analisadas variações os seguintes elementos:

- comprimento, largura, espessura;
- volume;
- peso.

#### 3.4.4. ENSAIOS

A realização de ensaios é indispensável para a correcta avaliação da durabilidade dos materiais. A título de exemplo indicam-se alguns ensaios que se podem realizar:

- compressão;
- tracção;
- alongamento;
- dureza;
- impacto.



## SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS PLANAS

### 4.1. INTRODUÇÃO

*“O revestimento de impermeabilização é entendido como o conjunto de todos os materiais, componentes e acessórios essenciais para munir a cobertura de uma barreira estanque à água que sobre ele estacione ou circule. No entanto, o revestimento de impermeabilização deve ainda ter outras características fundamentais, como a capacidade de se deformar sem rotura ou fissuração ao longo da sua vida útil, nas condições de exposição previstas, tanto sob a acção das sucções do vento, como acompanhando os eventuais movimentos do seu suporte.” (Gonçalves, et al, 2005:1)*

A classificação da impermeabilização em coberturas planas pode ser feita quanto a ligação ao suporte, temos portanto os sistemas aderentes, os sistemas semiaderentes e os sistemas independentes. Nos sistemas aderentes a membrana é colada ao suporte em toda a sua extensão, deve ser utilizado em climas onde se registem baixas amplitudes térmicas; é usado em situações onde ocorrem ventos fortes, apresenta a vantagem de no caso de ocorrer uma infiltração esta ficar limitada, não se espalhar, o que torna fácil a sua localização e reparação; contudo é um processo mais demorado e tem um custo elevado, devido a muita mão-de-obra que exige. Nos sistemas semiaderentes a membrana é apenas fixada no perímetro, nos pontos singulares e no meio da cobertura através de alguns pontos ou linhas, e por lastros, são normalmente utilizados em climas frios, devido à temperatura e humidade interiores serem muito superiores às exteriores; são sistemas económicos devido ao processo de aplicação e as armaduras utilizadas não precisarem de ser muito elásticas, o que diminui o seu preço. Nos sistemas independentes a fixação é feita através de lastro, sendo também fixa no perímetro e pontos singulares; não pode ser utilizado em zonas expostas ao vento.

Os sistemas de impermeabilização podem ainda ser classificados quanto à sua constituição, em sistemas tradicionais e sistemas não tradicionais. Há ainda quem faça a distinção dum novo grupo, sistemas utilizando novas tecnologias de impermeabilização, que engloba as impregnações de silanos e siloxanos, os selantes cristalinos e os produtos à base de silicatos. [10,26]

Na Figura 5 podemos ver a classificação de sistemas de impermeabilização de coberturas planas quanto à sua constituição apresentada pelo Engenheiro Grandão Lopes. [16]

Sistemas tradicionais	Aplicados "in situ"	Camadas múltiplas de asfalto Camadas múltiplas de emulsões betuminosas
	Com produtos prefabricados	Camadas múltiplas de membranas, telas ou feltros betuminosos
Sistemas não-tradicionais	Aplicados "in situ"	Camadas múltiplas de resinas acrílicas Camadas múltiplas de resinas poliméricas Camadas múltiplas de emulsões de betumes modificados Espumas de poliuretano
	Com produtos prefabricados	Membranas de betumes modificados Membranas termoplásticas Membranas elastoméricas

Fig.5 – Classificação dos sistemas de impermeabilização quanto à sua constituição. [16]

## 4.2. TIPOS DE MATERIAIS IMPERMEABILIZANTES

### 4.2.1. GENERALIDADES

A impermeabilização de uma cobertura plana, em Portugal, é principalmente executada usando um dos quatro produtos seguintes: [26]

- Membranas betuminosas;
- Membranas de PVC;
- Membranas de borracha;
- Pinturas impermeabilizantes.

As membranas de betumes-polímeros são compostas por uma mistura betuminosa modificada por uma resina, plastomérica ou elastomérica.

As membranas termoplásticas sendo as mais divulgadas as de PVC. Tendo surgido recentemente as membranas poliolefinas (TPO ou FPO).

Das membranas elastoméricas fazem parte as membranas vulcanizadas em fábrica, de borracha butílica e de monómero de etileno-propileno-dieno (EPDM); e as não vulcanizadas em fábrica, de poli-isobutileno (PIB) e as de polietileno clorado (CPE).

#### 4.2.2. MEMBRANAS BETUMINOSAS

As membranas de betumes oxidado, que correspondem ao sistema tradicional de impermeabilização, têm um rápido envelhecimento, a sua duração usual é de cinco anos, devido à perda de elasticidade quer com o calor quer com a geada. Este facto conduz que segundo as normas de durabilidade, acima expressas, a durabilidade mínima deva ser de 10 anos, a sua utilização não é, segundo a minha opinião, aconselhável. Por isso vou descrever as membranas de betumes modificados, mais precisamente as membranas APP e SBS, que têm uma durabilidade de cerca de 15 anos. [27]

As membranas de betumes polímeros podem ser essencialmente de dois tipos:

- APP - membrana com betume modificado, com polímero plastómero;
- SBS - membrana com betume oxidado melhorado-elastomérico.

Estas são portanto constituídas por uma ou duas armaduras cobertas com uma mistura betuminosa modificada à qual é incorporada um polímero de polipropileno atáctico, no caso das APP, ou um polímero de estireno-butodieno-estireno, no caso das SBS.

Surgiram em meados do século XX com a utilização de polímeros sintéticos e armaduras de fibra de vidro ou de poliéster, estas impulsionaram uma grande melhoria no campo das impermeabilizações, pela sua qualidade, estabilidade dimensional e resistências.

O seu processo de fabrico é simples (Figura 6), começa com o recobrimento das armaduras, que é feito através da passagem das mesmas por uma balsa com uma mistura betuminosa modificada. Esta mistura deve ser feita a uma temperatura controlada entre os 180°C e os 200°C, de modo a ocorrer a fusão dos seus constituintes. Posteriormente, mas antes do arrefecimento das mesmas, são aplicados os acabamentos em ambas as faces da membrana. Para terminar são sujeitas a um processo de arrefecimento gradual e enroladas. O arrefecimento é feito em tanques com água, no caso das membranas APP, e em tambores giratórios, nas membranas SBS. [16]

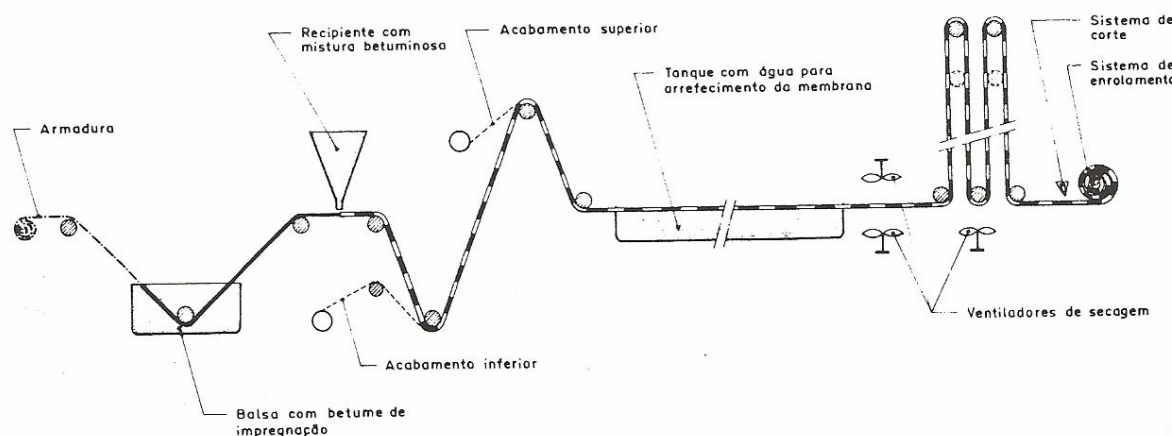


Fig.6 – Esquema do processo de fabrico de membranas de betume polimérico. [16]

Os acabamentos aplicados nas faces das membranas variam consoante a posição que estas ocupam na cobertura. Estes podem ser:

- Filme de polietileno ou polipropileno, em ambas as faces da tela betuminosa, com espessura de cerca de 10µm;

- Folhas reflectoras de alumínio (ou menos usual cobre), na face superior;
- Granulado pétreo (vulgarmente laminado de ardósia) ou cerâmico, na face superior;
- Areia fina, também aplicada na face superior.

Estas membranas podem ser aplicadas sobre diversos tipos de materiais: betão, madeira, zinco, alumínio, cerâmico, entre outros.

As armaduras usadas nestas membranas são principalmente de poliéster ou de fibra de vidro. Os feltros de poliéster são essencialmente resistentes a tracção e ao punçoamento. Já a fibra de vidro apresenta boa estabilidade dimensional, mas má capacidade de alongamento e é menos resistente. A resistência à tracção das armaduras de fibra de vidro é muito inferior à resistência à tracção das armaduras correntes de poliéster, também a extensão na rotura é muito inferior nas armaduras com fibra de vidro. Existem ainda as armaduras de polietileno, que se caracterizam pela sua grande capacidade de alongamento, conseguem alongar até três vezes a dimensão inicial sem romper ou deformar.

São aplicadas por soldadura a quente na ligação ao suporte e na ligação por sobreposição entre si. As diferentes camadas de telas podem ser colocadas cruzadas ou paralelamente, com as juntas desencontradas, numa distância mínima de 10 cm. A sobreposição de membranas deve ser de 8 a 10cm nas juntas longitudinais e de 15 cm nas juntas transversais. [10,26]

A norma NBE QB-90 [27] indica os seguintes sistemas de colocação de membranas betuminosas:

- Sistema aderente:
  - monocapa;
  - multicapa com membranas;
  - multicapa in situ.
- Sistema semiaderente:
  - multicapa.
- Sistema não aderente ou flutuante:
  - monocapa;
  - multicapa com membranas.
- Sistema cravado:
  - monocapa com placas asfálticas;
  - multicapa com membranas e placas asfálticas.

*“A mistura de betume-polímero APP é constituída essencialmente por um betume de destilação directa, resinas de polipropileno atáctico, cargas minerais e aditivos diversos. Os dois constituintes principais, betume e polímero APP, estão na proporção aproximada de um para dois, respectivamente. As cargas usuais são as de origem mineral de granulometria reduzida (fíleres) e as do tipo fibroso (fibras de amianto). Na mistura, as cargas minerais finas não são em geral superiores a 30%, variando geralmente entre 5 e 20%. Entre os aditivos, salientam-se os copolímeros de etileno-propileno e produtos como os repelentes de raízes de plantas integrados em membranas usadas em terraços-jardim.” (Gonçalves, et al, 2005:4)*

*“A mistura de betume-polímero SBS é constituída por um betume, geralmente de destilação directa, um polímero elastomérico de estireno-butadieno-estireno, cargas minerais e aditivos diversos, dos quais se salientam plastificantes, anti-oxidantes e, como no caso das membranas de betume-polímero APP, produtos como os repelentes de raízes de plantas integrados em membranas usadas em terraços-jardim. A quantidade de polímero na mistura varia consoante o fabricante entre 7 e 15%, tendo a maioria das membranas de fabrico recente 12%. O material fino incorporado na mistura não excede em geral os 30%.” (Gonçalves, et al, 2005:5)*

As membranas SBS têm um melhor comportamento a baixas temperaturas e pior ao calor quando comparadas com as membranas APP.

#### 4.2.3. MEMBRANAS DE PVC

As membranas de PVC são constituídas por resina de policloreto de vinilo, plastificantes, estabilizantes, pigmentos e cargas. Estes aditivos vão permitir uma maior resistência ao envelhecimento e à tracção, bem como vão servir de protecção superficial. Podem ou não ter armadura de poliéster ou de fibra de vidro, que contribui para a diminuição da retracção e para melhorar a estabilidade dimensional. São fabricadas por calandragem, laminação ou extrusão. Sendo formadas pela sobreposição de duas ou mais películas, alternadas, ou não, com armadura.

Os plastificantes podem representar 30 a 40% dos componentes das membranas quando as estas são obtidas por calandragem ou laminagem, e cerca de 20% quando obtidas por extrusão. Os plastificantes concedem às membranas flexibilidade, sem eles estas seriam pouco dúcteis e demasiadamente rígidas. Os estabilizantes, como o seu nome indica, servem para dar estabilidade aos restantes constituintes, evitarem a perda dos plastificantes e manter as características fundamentais das membranas.

A ligação de telas de PVC pode ser executada por soldadura com ar quente, em que as extremidades a unir são aquecidas e fundem, sendo prontamente comprimidas; ou utilizando solventes, os quais derretem levemente levando as membranas a unir. As telas podem ainda ser soldadas por cunha quente, usando uma máquina apropriada que aquece e aperta as telas a juntar. A largura de sobreposição deve ser da ordem dos 10 cm. Em cobertura de pavilhões, onde não se pode utilizar lastro, recorre-se à fixação mecânica. [10,26]

*“Mas o inconveniente mais grave na actualidade e que está mesmo a colocar a sua utilização em causa é que tanto o seu processo de fabrico como a sua reciclagem ou eliminação são muito contaminantes”* (Trujillo, 2002:82)

#### 4.2.4. MEMBRANAS DE BORRACHA

As membranas borracha butílica, apesar de serem o material elastomérico mais usada em Portugal, são ainda pouco utilizadas, principalmente nas construções tradicionais. É de realçar que estas apresentam vantagens importantes. Sendo o seu principal inconveniente a realização das juntas, que requerem mão-de-obra especializada, afim de ficarem correctamente executadas.

Estas são obtidas pela copolimerização do isobutileno, por acção do isopreno, este componente é responsável por a vulcanização, contem ainda pequenas percentagens de outros componentes, como: o monómero de etileno-propileno-dieno (EPDM), negro de fumo e aceleradores de vulcanização.

Podem ser fabricadas por laminagem e calandragem de borracha butílica e posterior vulcanização. Estas podem ser armadas, contudo na maioria dos casos não o são. A ligação das membranas é executada com colas ou com bandas de dupla face adesivas, sendo que algumas telas já são fabricadas com bandas auto-adesivas.

Produtos como a gasolina e os solventes aromáticos provocam alterações graves nas propriedades destas membranas. [16,26]

#### 4.2.5. PINTURAS IMPERMEABILIZANTES

A emulsão betuminosa caracteriza-se por baixa viscosidade e alto teor de sólidos, resultam da dispersão de partículas betuminosas em água ou em solução aquosa (agente emulsionante). São aplicadas *in situ*, a frio, em sucessivas camadas, que podem variar de 3 até 5 camadas, integrando ou não armaduras flexíveis de natureza orgânica ou mineral. Actualmente este sistema é pouco utilizado em Portugal, sendo usado apenas em lajes de pequena dimensão e casos pontuais ou de reduzida importância.

As resinas de polietileno clorossulfonado e de policloropreno são as mais correntes, a resina de policloropreno é aplicada em primeiro lugar e assegura a estanquidade da impermeabilização, sendo depois aplicada por cima a resina de polietileno clorossulfonado, que serve de protecção do calor e da radiação solar. Nas impermeabilizações realizadas com resina de poliéster a mistura dos componentes é executada em obra, esta mistura é constituída em 95% de resina e o resto por endurecedor e acelerador de presa. Os produtos em pasta com base em resinas acrílicas são monocomponentes e apresentam-se sob a forma de emulsões ou dispersões; são aplicados em camadas podendo conter armadura de fibra de vidro ou poliéster.

Há que referir ainda os produtos elásticos de base cimentosa. O cimento polimérico trata-se da combinação de uma resina acrílica semi-flexível e polímeros sintéticos em dispersão aquosa; é um produto bicomponente e semi-flexível, aplicado a frio sobre forma de uma camada pouco espessa; a argamassa contém ainda areia fina. Temos ainda o cimento impermeabilizante, que consiste num material que penetra por capilaridade na estrutura de betão.

As tintas à base de copolímeros modificados são utilizadas basicamente como primário ou como protecção de sistemas de impermeabilização. [10,26]

#### 4.2.6. OUTROS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

De seguida passo a expor algumas soluções de sistemas de impermeabilização presentes no mercado, mas de menor utilização. São soluções recentes que surgiram nos últimos anos e por isso ainda pouco divulgadas.

As membranas de EPDM são fabricadas a partir duma mistura de monómero de etileno-propileno-dieno com aditivos: cargas, agentes de vulcanização, óleos e por vezes retardadores de fogo. Podem ou não conter armadura de poliéster ou de poliamida. Caracterizam-se pela excelente qualidade e pela difícil execução das suas juntas, que requer cuidados especiais, afim de não originar problemas futuros, pelo que são aconselhadas as uniões em fábrica, sendo utilizadas deste modo mantas de grandes dimensões.

As membranas de poli-isobutileno (PIB) são realizadas por extrusão de uma mistura de poli-isobutileno, com elevado peso molecular, cargas minerais e aditivos, como o negro de fumo. Normalmente são não armadas e a ligação entre membranas é feita recorrendo a bandas autocolantes e colas. É somente utilizada em coberturas não acessíveis.

As membranas de polietileno clorado (CPE) são elaboradas por calandragem e laminagem de uma mistura de polietileno de alta densidade, já colorado, aditivos, estabilizantes e anti-oxidantes. A ligação entre elas é realizada por soldadura a quente. Quando armadas recorre-se a um feltro de poliéster não tecido. [26]

As poliolefinas, são membranas termoplásticas flexíveis, que se caracterizam por não necessitarem de plastificantes para obterem elasticidade, visto as cadeias de carbono que as constituem possibilitarem-lhes as qualidades de rigidez e flexibilidade. Estas podem ter como principal constituinte polipropileno (PP) ou polietileno (PE), contêm ainda fileres, estabilizantes, retardadores de incêndio, anti-oxidantes e corantes. Estas membranas podem ou não ser armadas, com ou sem protecção. A protecção pode ser executada, em obra, com pinturas próprias, não devendo ter contacto com alcatrão. As poliolefinas apresentam diversas vantagens, por exemplo são recicláveis, estão disponíveis em várias cores e têm elevada flexibilidade a baixas temperaturas. [5,28]

#### **4.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES DE IMPERMEABILIZAÇÃO**

De seguida apresentam-se algumas tabelas onde é feita a comparação entre as características das soluções de impermeabilização, é ainda indicado o seu campo de aplicação.

Quadro 5 – Análise comparativa de membrana – Características dimensionais e mecânicas

	<b>Membranas de betume-polímero APP</b>	<b>Membranas de betume-polímero SBS</b>	<b>Membranas de PVC plastificado</b>	<b>Membranas de borracha butílica</b>
<b>Características dimensionais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a espessura nominal é de 4 mm, podendo variar entre 3 e 5 mm;</li> <li>- massa por unidade de superfície entre 3 e 5 kg/m<sup>2</sup>;</li> <li>- comercializadas em rolos de larguras nominais de 1 m e comprimento de 10 m, rolos com massa variando entre 30 e 50 kg.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a espessura nominal corrente é de 4 mm, variando de 2 aos 5 mm, em geral com intervalos de 0,5 mm;</li> <li>- comercializadas em rolos de larguras nominais de 1 ou de 2 m e comprimentos entre 10 e 20 m (existindo com 5 e 8 m).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a espessura nominal é de 1,2 ou de 1,5 mm, a sua massa volumica varia entre 1,25 e 1,35 g/cm<sup>3</sup> e a massa por unidade de superfície entre 1,6 e 2,0 kg/m<sup>2</sup>;</li> <li>- são comercializadas em rolos de larguras nominais de 1 a 2 m e comprimentos de 15 a 25 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- as espessuras são de 1,5 ou de 2,0 mm, podendo ser menor, como 0,50, 0,75 e 1,00 mm.</li> </ul>
<b>Características mecânicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a resistência à tracção na direcção longitudinal varia entre 550 e 1200 N na direcção longitudinal e entre 400 e 950 N na direcção transversal;</li> <li>- o alongamento na rotura é praticamente o mesmo nas duas direcções, variando entre 30 e 70%, sendo bastante inferior no caso de armadura em fibra de vidro, cerca de 5%;</li> <li>- a resistência ao rasgamento da membrana depende do tipo de armadura, nunca inferior a 100 N; as armaduras de poliéster têm valores superiores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a resistência à tracção na direcção longitudinal é de 350 a 1100 N, e de 300 a 1000 N na direcção;</li> <li>- a extensão na rotura é praticamente a mesma nas duas direcções e varia entre 20 e 75% em membranas com armaduras de poliéster, é inferior em membranas com armaduras em fibra de vidro;</li> <li>- a resistência ao rasgamento depende do tipo de armadura; na direcção longitudinal, é de 80 N se for armada com fibra de vidro e de 160 a 290 N se armada com poliéster; na direcção transversal, é de 100 N se armada com fibra de vidro e de 170 a 340 N se armada com poliéster.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nas membranas armadas com fibra de vidro a tensão de rotura na direcção longitudinal é cerca de 12 N/mm<sup>2</sup>, não apresentando variações significativas após o envelhecimento;</li> <li>- nas membranas armadas com poliéster a tensão de rotura pode variar entre 15 e 20 N/mm<sup>2</sup> este valor não sofre grandes alterações com o envelhecimento;</li> <li>- a extensão na rotura é a mesma em ambas as direcções e anda entre 240 e 380% em membranas novas com armaduras de poliéster e é cerca de 210% em membranas armaduras com fibra de vidro, estes valores diminuem com o envelhecimento;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a tensão de rotura é de 6,5 a 9,0 MPa;</li> <li>- a extensão na rotura é de a 400 e 800%;</li> </ul>

Quadro 6 – Análise comparativa de membrana – Comportamento sob a acção da temperatura

	<b>Membranas de betume-polímero APP</b>	<b>Membranas de betume-polímero SBS</b>	<b>Membranas de PVC plastificado</b>	<b>Membranas de borracha butílica</b>
<b>Comportamento sob a acção da temperatura</b>	<p>- estabilidade dimensional - submetida à acção de temperaturas elevadas, as membranas armadas com feltros de poliéster ou com folhas de polietileno apresentam contrações na direcção transversal e dilatações na direcção longitudinal, em alguns casos as deformações ocorrem em sentido opostos; nas membranas armadas com fibra de vidro, as variações dimensionais são mínimas;</p> <p>- flexibilidade a baixa temperatura - nas membranas novas, a temperatura acima da qual não ocorre fissuração pode atingir valores da ordem de -20 a -30 °C, apresentando valores mais elevados após o seu envelhecimento, mais sob a acção do calor do que sob a da radiação ultravioleta;</p> <p>- comportamento ao calor - a temperatura abaixo da qual não ocorre escorrimto de é pelo menos de 110 °C, nas membranas armadas com polietileno, e varia entre 120 e 165°C nas restantes, diminuindo ligeiramente, em algumas membranas, devido à acção do calor.</p>	<p>- estabilidade dimensional - nas membranas submetidas à acção de temperaturas elevadas, verificaram-se alongamentos na direcção longitudinal e contracções na direcção transversal;</p> <p>- flexibilidade a baixa temperatura - os valores da temperatura acima da qual não ocorre fissuração são da ordem de -15 a -30 °C;</p> <p>- comportamento ao calor - os valores da temperatura abaixo da qual não ocorre escorrimto variam entre 95 e 135 °C, diminuindo ligeiramente com o envelhecimento, sob a acção do calor, na maioria das membranas.</p>	<p>- a estabilidade dimensional ao calor é menor após o envelhecimento em estufa (6 meses a 80 °C), podendo as extensões médias da membrana após o envelhecimento serem, relativamente à nova, cerca de 3 vezes superiores.</p>	<p>- a estabilidade dimensional sob a acção do calor pode variar entre -0,90 e -0,30%;</p>

Quadro 7 – Análise comparativa de membrana – Campo de aplicação

Campo de aplicação	<p align="center"><b>Membranas de betume-polímero</b></p>	<p align="center"><b>Membranas de PVC plastificado</b></p>	<p align="center"><b>Membranas de borracha butílica</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- podem ser utilizadas em sistemas aderentes, semi-aderentes ou independentes do suporte. Com a crescente utilização dos sistemas de fixação mecânica, associada ao uso de armaduras com resistências mecânicas superiores às tradicionais de fibra de vidro;</li> <li>- quando a pendente da cobertura em terraço é nula, recomenda-se a aplicação de sistemas de dupla camada;</li> <li>- em sistemas de camada única a cobertura deve ser de acessibilidade restringida a trabalhos de manutenção e reparação;</li> <li>- nas coberturas acessíveis, devem ser aplicadas duas membranas e pelo menos uma delas ser armada com feltro de poliéster;</li> <li>- a escolha do suporte para as membranas de betume-polímero depende, nomeadamente, da acessibilidade da cobertura (que condiciona as cargas actuantes) e do método utilizado na sua ligação para que, neste caso, não surjam incompatibilidades entre os materiais em contacto (por exemplo, as placas de poliuretano ou de poliestireno expandido, quando não revestidas, não podem servir de suporte a sistemas aderentes realizados por acção da chama ou da aplicação de produtos a quente).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- são vocacionadas para serem aplicadas em sistemas de camada única, geralmente independentes do suporte ou a ele fixadas mecanicamente, em coberturas de acessibilidade limitada;</li> <li>- pendentes de coberturas não inferiores a 1%;</li> <li>- nos sistemas de fixação mecânica, as membranas utilizadas devem ter armaduras de poliéster com massas por unidade de superfície de pelo menos 100 g/m<sup>2</sup>, para permitirem ao sistema de impermeabilização um adequado comportamento em obra sob as acções a que irão estar sujeitos.</li> <li>- as membranas de PVC podem ficar aparentes;</li> <li>- é necessário que o suporte do sistema não conduza a uma eventual migração dos plastificantes da membrana para o material desse suporte (por exemplo, não deve haver contacto directo entre membranas de PVC e suportes de poliuretano ou de poliestireno expandido).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- os sistemas podem ser de todos os tipos: totalmente aderentes, semi-aderentes, independentes ou fixados mecanicamente ao suporte, geralmente aplicados em camada única;</li> <li>- os suportes para este tipo de membranas não estão sujeitos a restrições.</li> </ul>

## ESTUDO LABORATORIAL

### 5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O estudo experimental consiste na análise da resistência à tracção de membranas impermeabilizantes usadas e subsequente comparação dos valores obtidos com os valores de resistência à tracção de membranas novas. É de notar que devido ao reduzido tempo para a realização deste trabalho não se pôde optar pela realização de ensaios de envelhecimento artificial, em que os factores em jogo são todos controlados; assim recorreu-se a amostras de material usado. Estas amostras de material usado foram de difícil recolha. Várias empresas do ramo das impermeabilizações foram contactadas mas nenhuma forneceu as necessárias amostras. Acabei por arranjar algumas amostras num local de recolha de entulho indiferenciado. A ideia inicial era comparar a resistência à tracção de membranas com idades de 10, 15 e 20 anos, mas tal não foi possível devido aos factos acima expostos. Acabando apenas por ensaiar uma amostra com cerca de 18 anos.

### 5.2. FASE EXPERIMENTAL

#### 5.2.1. MÉTODO DE ENSAIO

O ensaio foi realizado de acordo com a Norma NP EN 12311-1 Membranas de impermeabilização flexíveis – Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização, Determinação das propriedades em tracção [29].

O método de ensaio consiste em aplicar uma força de tracção ao provete, a velocidade constante, até à rotura. Durante o ensaio é registada a força de tracção e o respectivo alongamento. Devem ser ensaiados cinco provetes na direcção longitudinal, correspondente à direcção de fabrico, e outros cinco provetes na direcção transversal.

#### 5.2.2. PREPARAÇÃO DOS PROVETES

A amostra é de uma membrana betuminosa, de betume polímero, com armadura de feltro de fibra de vidro, e com auto protecção granular, incorporada na última camada. Estava aplicada em sistema bicamada. Tem uma idade de mais de 15 anos.

Aquando do início da preparação dos provetes, na separação da membrana superior que tinha a protecção de granulado de ardósia, foi constatado que devido ao avançado estado de deteriorização das telas seria impossível obter amostra desta tela. Este facto a levou que apenas fossem obtidos provetes da tela inferior.

Os provetes foram cortados de acordo com o prescrito na Norma [29]. Procedeu-se em primeiro lugar à separação das duas membranas, mas, como exposto em cima, durante este processo a tela superior, devido à sua degradação, não permitiu a obtenção de provetes, por duas razões: dificuldade de obtenção de provetes rectangulares com as dimensões pretendidas e devido a impossibilidade de retirar, sem decompor a membrana, a protecção de granulado pétreo. Os provetes da segunda membrana foram então cortados com a forma rectangular com 400 mm de comprimento (200 mm que é a distancia inicial entre garras da máquina de ensaio mais duas vezes 100 mm que é o comprimento das garras), e 50 mm de largura. Foi colocada uma marcação nos provetes a indicar os 200 mm, de modo a facilitar a colocação do provete na máquina de ensaio e identificar posteriores deslizamentos dos mesmos nas garras. Foi ainda retirado o filme que não faz parte integrante da membrana.

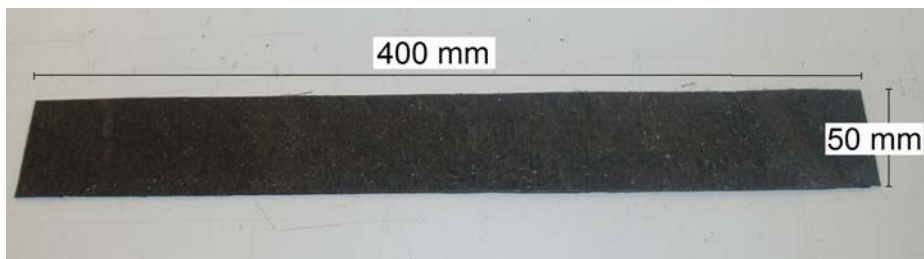


Fig.7 – Exemplo de provete utilizado nos ensaios.

### 5.2.3. EQUIPAMENTO

O equipamento utilizado no ensaio foi uma máquina de tracção, neste caso foi uma LR 50K, da LLOYD Instruments. É dotada dum equipamento de registo contínuo da força e do deslocamento. É ainda capaz de manter uma velocidade uniforme de deslocamento das garras. Recorreu-se a garras hidráulicas, que evitam o deslizamento do provete e mantêm a pressão de aperto. Estas garras não introduzem defeitos prematuros no provete.



Fig.8 – Máquina utilizada no ensaio de tracção.

A este equipamento, do Laboratório de Materiais, da FEUP, foi permitido o acesso pela Professora Maria de Lurdes Lopes e todos os ensaios foram acompanhados pelo Engenheiro Rui Silvano.

#### 5.2.4. Técnica

O provete é colocado na máquina de tracção com o eixo longitudinal alinhado com o eixo das garras e apertado firmemente por estas. A distância inicial entre as garras deve ser de  $(200\pm 2)$  mm. É então aplicada a força de tracção, mantendo uma velocidade constante de afastamento das garras. É realizado um registo contínuo da força e correspondente alongamento, o que vai permitir determinar a força máxima e o seu alongamento, e calcular a extensão do provete, com base naquele alongamento e na distância inicial entre garras.

#### 5.2.5. REGISTOS

Visto não se saber como iam decorrer os ensaios, logo de início foram considerados seis provetes na direcção longitudinal (Figura 9).

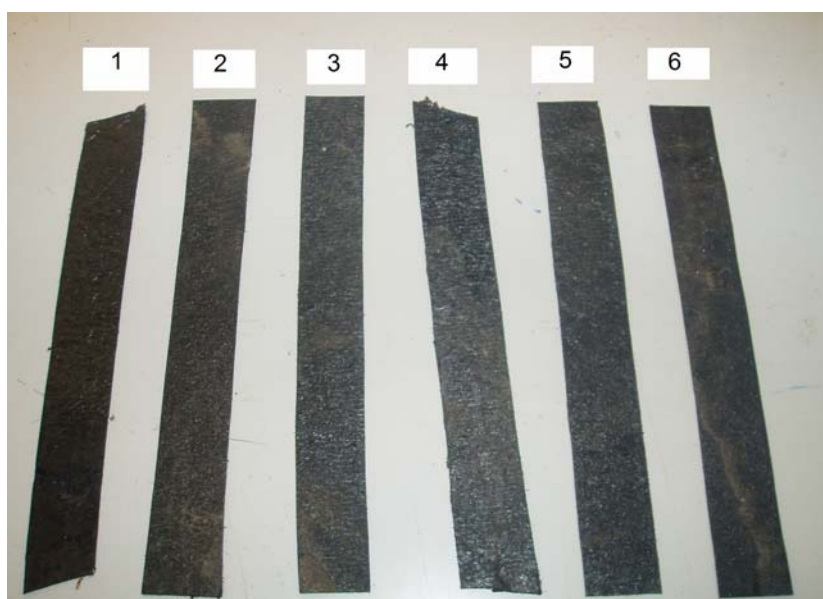


Fig.9 – Provetes para ensaio de tracção, na direcção longitudinal.

O ensaio 3 na direcção longitudinal foi rejeitado visto a rotura do provete ter ocorrido a menos de 10 mm das garras (Figura 10).



Fig.10 – Ensaio 3, na direcção longitudinal, rejeitado.

Foi ainda realizado mais um ensaio na direcção longitudinal, ensaio 7 (Figura 11), devido à disparidade dos resultados obtidos, assim no total foram realizados sete ensaios na direcção longitudinal.



Fig.11 – Provete do ensaio 7.

No Quadro 8 apresentam-se os resultados da força máxima, expressa em N, e correspondente extensão do provete, expressa em %, para os ensaios de tracção realizados na direcção longitudinal.

Quadro 8 – Resultados do ensaio de tracção na direcção longitudinal.

	<b>Fmax(N)- 50mm</b>	<b>ε (%)</b>
<b>Ensaio1</b>	150	0,65
<b>Ensaio2</b>	177	1,15
<b>Ensaio3</b>	eliminado	
<b>Ensaio4</b>	332	1,85
<b>Ensaio5</b>	401	2,35
<b>Ensaio6</b>	300	1,35
<b>Ensaio7</b>	180	0,95

Na direcção transversal foram ensaiados 5 provetes. O Quadro ... mostra os resultados dos ensaios de tracção realizados na direcção transversal, a força máxima é expressa em N, e a correspondente extensão do provete, expressa em %.

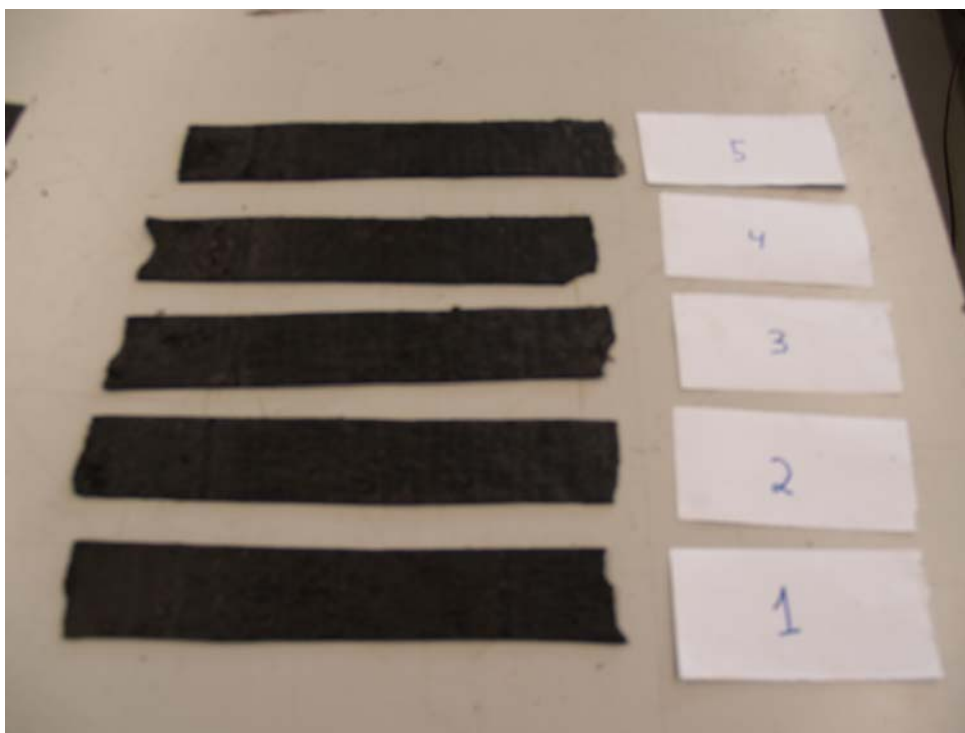


Fig.12 – Provets para ensaio de tracção, na direcção transversal.

Quadro 9 – Resultados do ensaio de tracção na direcção longitudinal.

	<b>Fmax(N)- 50mm</b>	<b>ε (%)</b>
<b>Ensaio1</b>	180	-
<b>Ensaio2</b>	184	2,05
<b>Ensaio3</b>	177	1,8
<b>Ensaio4</b>	108	1,3
<b>Ensaio5</b>	106	1,2

Durante o ensaio 1, não foi possível recolher os dados correspondentes à extensão, sendo que apenas recolhi o valor correspondente à força máxima de tracção.

Nos gráfico representados nas figuras seguintes mostra-se a relação entre a força máxima, expressa em N, e a extensão do provete, expressa em % (Figura 13 e 14).

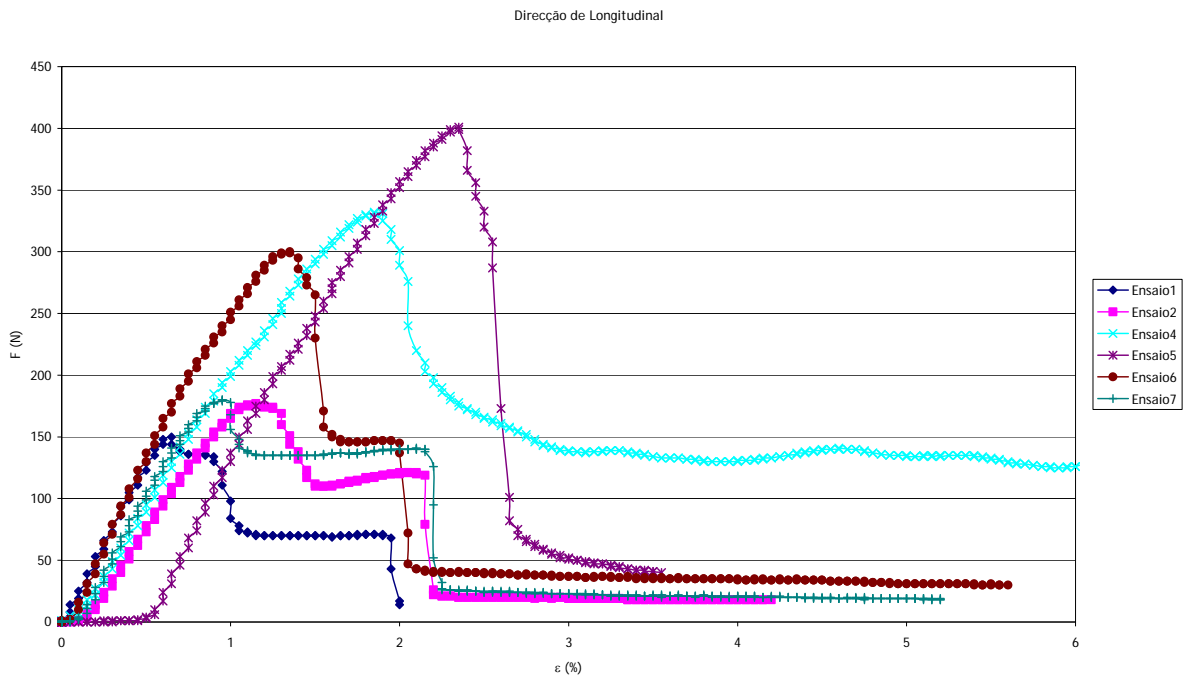


Fig.13 – Gráfico força-extensão para ensaios realizados na direcção longitudinal.

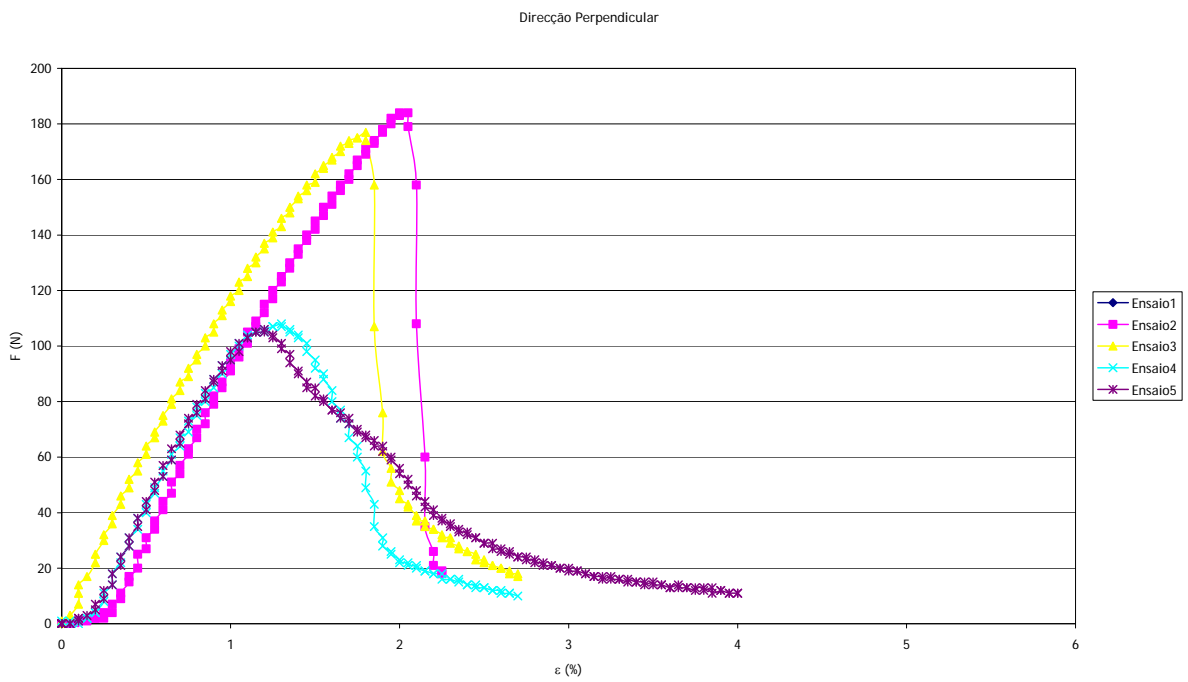


Fig.14 – Gráfico força-extensão para ensaios realizados na direcção transversal.

De seguida apresenta-se a análise estatística dos resultados obtidos nos dois ensaios.

Quadro 10 – Análise estatística dos resultados obtidos nos ensaios na direcção longitudinal.

Média	256,6666667
Desvio padrão	101,9679688
Distorção	0,380805516
Amplitude	251

Quadro 11 – Análise estatística dos resultados obtidos nos ensaios na direcção transversal.

Média	151
Desvio padrão	40,24922359
Distorção	-0,592565682
Amplitude	78

#### 5.2.6. OBSERVAÇÕES E COMENTÁRIOS

É evidente a grande disparidade de resultados obtidos entre os vários provetes analisados. Este facto é mais notório nos provetes correspondentes à direcção longitudinal. Isto está bem expresso nas medidas de dispersão. Como se pode observar o desvio padrão e a amplitude têm valores bastante elevados no caso dos provetes correspondentes à direcção longitudinal, superiores aos obtidos nos provetes correspondentes a direcção transversal.

Da observação da rotura dos provetes com menor resistência à tracção, na direcção longitudinal, os provetes dos ensaios números um, dois e sete, nota-se que a rotura ocorre em locais onde a membrana se apresenta com sinais evidentes de incorrecta fusão do material, apresentando irregularidades evidentes e bolhas de ar que ficaram retidas.



Fig.15 – Rotura do provete 2.

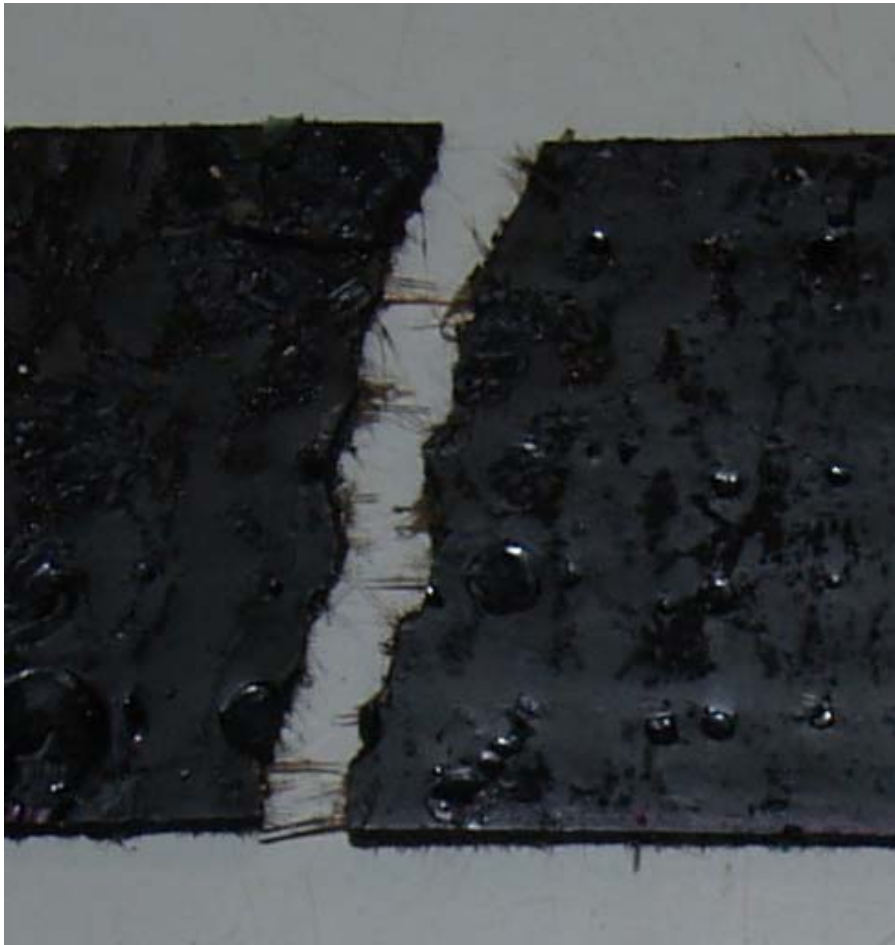


Fig.16 – Rotura do provete 7.

A acção do calor, nas membranas, manifesta-se na técnica de aplicação em obra, quer na ligação das mesmas ao suporte, quer na ligação das membranas entre si. A técnica de realização das ligações consistem na utilização do calor, recorrendo à acção da chama de maçarico. As temperaturas elevadas sobre os materiais betuminosos levam à perda dos componentes voláteis que entram na constituição destes materiais, o que provoca o seu endurecimento, retracção e conseqüente fissuração. Assim se durante a sua colocação em obra não há cuidado, e as membranas são expostas a temperaturas demasiadamente elevadas, os por intervalos grandes de tempo a sua resistência fica afectada.

Como seria de esperar a força máxima de tracção é superior na direcção longitudinal à força máxima de tracção na direcção transversal; contudo outro facto ocorre que é importante referenciar, na direcção longitudinal depois de atingida a força máxima ocorre um patamar, para uma força inferior, durante um intervalo para uma força constante a extensão aumenta. Pela observação da armadura nas duas direcções conclui-se que na direcção longitudinal existe umas fibras de reforço, que julgo serem responsáveis pela força máxima de tracção é superior na direcção longitudinal à força máxima de tracção na direcção transversal.

Para as telas de betume polimérico, com armadura de feltro fibra de vidro reforçado e estabilizado com acabamento mineral na camada exterior e a filme na face interior, os valores da resistência a tracção são da ordem de 400 N/5cm, na direcção longitudinal, e de 250 N/5cm, na direcção transversal. Apesar das médias se afastarem bastante destes valores, podemos observar que na direcção longitudinal um dos provetes chega a obter esta resistência. E os que têm os valores de resistência mais afastados destes, são os que apresentam irregularidades visíveis da superfície, resultantes duma má aplicação das telas. Assim apesar de alguns valores terem um grande afastamento posso afirmar que os provetes que não apresentam irregularidades apresentam valores de resistência à tracção muito satisfatórios.



## CONCLUSÕES

Durante a vida duma construção esta pode apresentar incapacidades no desempenho, face as exigências que deveria cumprir. Estas incapacidades podem ser fruto de erros de projecto ou de execução, resultantes da deterioração de materiais e componentes, ou podem ser originadas pela alteração de circunstâncias externas.

Existem diversas soluções de sistemas de impermeabilização disponíveis no mercado, cabe ao projectista escolher a que melhor satisfaça as exigências específicas da construção em causa. É essencial utilizar produtos de boa qualidade e uma correcta aplicação dos mesmos. Mesmo dentro duma solução de revestimentos de impermeabilização existem diferentes factores que afectam a sua durabilidade, por exemplo o caso da armadura utilizada nas membranas de betume polimérico influencia muito a sua resistência à tracção e as contracções com as diferenças de temperatura. É ainda de realçar a existência de membranas “amigas” do ambiente, soluções que devem ser cada vez mais utilizadas nos tempos que correm. Não se devem escolher soluções de impermeabilização que apresentem uma durabilidade esperada inferior a 10 anos.

Quanto a membrana betuminosa analisada podemos concluir que é indispensável a utilização do sistema bicamada, já que apesar da camada superior se apresentar em avançado estado de degradação, a que se encontrava por baixa mantinha a sua integridade. Concluimos ainda que a incorrecta aplicação dos sistemas de impermeabilização leva a danos nas membranas que afectam fortemente a sua resistência. A camada de protecção também tem influência na durabilidade do impermeabilizante, já que evita a degradação pelos agentes atmosféricos e a protege de possíveis erosões mecânicas pelo uso; assim quanto mais resistente for esta protecção, mais assegurada está a estabilidade das membranas.

Em suma, é indispensável uma correcta concepção e execução para a obtenção de soluções de revestimento de impermeabilização duradouros, que satisfaçam as exigências definidas.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4250/7/TeseDoutMendonca7.pdf>. Fevereiro de 2008.
- [2] [http://www.reidastelhas.com.br/noticias\\_ver.php?c=6](http://www.reidastelhas.com.br/noticias_ver.php?c=6). Fevereiro de 2008.
- [3] Dias, Solange Irene Smolarek. *HISTÓRIA DA ARQUITETURA I*. CAU-FAG, S. Paulo, 2006.
- [4] [http://in3.dem.ist.utl.pt/msc\\_04history/aula\\_5\\_b.pdf](http://in3.dem.ist.utl.pt/msc_04history/aula_5_b.pdf). Fevereiro de 2008.
- [5] Trujillo, Lara. Manual de Diagnóstico e Intervenção em Coberturas Planas. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, Barcelona, 2002.
- [6] Raposo, Susana Duarte. *Coberturas Planas de Edifícios*. Construlink Press, Oeiras, 2003.
- [7] Mascaranhas, Jorge. *Sistemas de Construções, VI – Coberturas Inclinadas*. Livros Horizonte, Lisboa, 2006.
- [8] Silva, Ana Rita. *Ao Abrigo da Sustentabilidade*. Construir nº94, 09 de Fevereiro de 2007, Work media, Lisboa.
- [9] Clemente, José dos Santos. Estruturas de Madeira em Coberturas de Edifícios Correntes. In *Apontamentos da Disciplina de Tecnologia da Construções – Capítulo 6 – Coberturas*, páginas 3 a 31, FEUP, Porto.
- [10] Farinha, Eng. Manuel Brazão; *Construção de Empreendimentos na Prática*; Verlag Dashöfer; Janeiro de 2005.
- [11] *Regulamento Geral das Edificações Urbanas (Decreto-Lei nº 38382, de 7 de Agosto de 1951)*. Imprensa Nacional – Casa da Moeda, Lisboa, 1988.
- [12] Institut Belge de Normalise (IBN). *Couvertures de bâtiments. Code de bonne pratique. Couvertures asphaltiques*. IBN, Bruxelles, 1976.
- [13] British Standards Institution (BSI). *British Standard Glossary of building and civil engineering terms*. BSI, London, 1985.
- [14] Abrantes, Vítor; Freitas, Vasco. Coberturas em Terraço. In *Apontamentos da Disciplina de Tecnologia da Construções – Capítulo 6 – Coberturas*, páginas 224 a 244, FEUP, Porto.
- [15] Union Européenne Pour L' Agrément Technique Dans La Constrution (UEAtc). *Directives générales UEAtc pour l' agrément des revêtements d' étanchéité de toitures*. UEAtc, Paris, 1982.
- [16] Lopes, Jorge Grandão. *Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas em Terraço*. LNEC, Lisboa, 2002.
- [16] Coutinho, Maria Joana Álvares Ribeiro de Sousa. *Melhoria da Durabilidade dos Betões por Tratamento da Cofragem*. Dissertação para o Doutoramento em Engenharia Civil, FEUP, 1998.
- [18] <http://www.infopedia.pt/pesquisa?qsFiltro=14>. Fevereiro de 2008.
- [19] Gaspar, Pedro Manuel dos Santos Lima. *Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Construções, IST, 2002.
- [20] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *Buildings and constructed assets – Service Life Planning — Part 1: General principles*. ISO 15686-1:2001. First edition, B.S.I., United Kingdom, September 2000.

[21] American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life Building Components and Materials – ASTM E 632. Maio 1982.

[22] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA).

Assumption of Working Life of Construction Products in Guideline for European Technical Approval, European Technical Approvals and Harmonized Standards – Guidance Document 002. EOTA, Bruxelas, December 1999.

[23] Córias, Vítor. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.

[24] Directiva Europeia 89/106/CE, publicada no JOC L 40/12 de 11/02/89 e modificada pela directiva 93/68/CE, publicada no JOC L 220 de 30/08/93. Transposta para a legislação portuguesa pelos DL 113/93 de 10 de Abril, Portaria nº 565/93, de 2 de Junho e DL 139/95 de 14 de Junho.

[25] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA). Assessment of working life of products – Guidance Document 003. EOTA, Bruxelas, December 1999.

[26] Mascaranhas, Jorge. *Sistemas de Construções, IV – Coberturas Planas, Juntas; Materiais Básicos (2ª parte); Materiais Ferrosos e Alumínio*. Livros Horizonte, Lisboa, 2005.

[27] NBE QB-90, *Cubiertas con materiales bituminosos*, REAL DECRETO 1572/1990, de 30 de noviembre de 1990.

[28] Gonçalves, Manuela; Grandão Lopes, Jorge; Brito, Jorge de; Lopes, Maria da Graça. *Características das Membranas de Impermeabilização de Coberturas em Terraço*. Universidade do Minho, 2005.

[29] NP EN 12311-1, Membranas de impermeabilização, Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas, Determinação de propriedades em tracção, Termo de Homologação Nº 191/2001, Instituto Português da Qualidade, Lisboa, 2001.