



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa



Impermeabilização de Construções

Soluções Tecnológicas e Critérios de Selecção

Raul da Costa Cabanas Perdigão

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil

Júri

Presidente: Professor Carlos dos Santos Pereira

Orientador: Professor Alberto Martins Pereira da Silva

Vogal: Professor Pedro Manuel Gameiro Henriques

Setembro de 2007



Agradecimentos

Um trabalho desta natureza, apesar do seu inevitável carácter individual e por vezes solitário, seria mais complicado ainda sem o apoio de um conjunto de pessoas, que mais do que por mera cortesia, se torna gratificante poder mencionar e dirigir sinceros agradecimentos.

Uma primeira palavra para o Professor Alberto Pereira da Silva, grande impulsionar e principal responsável pelo desenvolvimento deste trabalho que desde o primeiro momento me estimulou para a sua realização e me apoiou na sua concretização.

Agradeço ainda aos meus pais, irmão, namorada e amigos por todo o apoio e incentivo que demonstraram ao longo destes meses de trabalho.



Resumo

Face à inexistência de métodos de análise e comparação dos vários tipos de sistemas de impermeabilização, o principal objectivo deste trabalho é apresentar um método simples e prático que possa ser utilizado para os casos mais comuns.

Numa primeira fase são estudadas as soluções mais utilizadas através das suas principais características e, como não podia deixar de ser, dos seus custos.

Numa segunda fase foram criados métodos de classificação para as várias características de modo a construírem-se umas tabelas que permitissem uma leitura rápida e fácil dos resultados finais e assim optar pela melhor solução.

Realizada esta 2ª fase chegou-se à conclusão que em condições normais as membranas de PVC são as que obtêm melhor classificação final, contudo e para casos mais específicos com outro tipo de condicionante isso já não se verifica, pelo que se deve sempre proceder à análise de todas as variantes antes de se escolher qual a solução a adoptar.

Palavras-Chave

Impermeabilização

Coberturas

Fachada

Estruturas Enterradas

Reservatório

Pavimentos Asfálticos

Abstract

Facing the inexistence of methods of analysis and comparison of some types of waterproofing systems, this work's main objective is to present a simple and practical method that can be used on most common cases.

In a first phase the main characteristics of the solutions, and its costs, are studied and gathered in different groups, just like their costs.

In a second phase of the investigation where created methods of classification to the main characteristics in order to construct tables that allowed a fast and easy reading of the final results and there for to get the best solution.

Carried through this 2^a phase it gets us to take out some conclusions. The main one is that the membranes of PVC are the ones that get the best final classification, however and for more specific cases with another type of conditions this may not be verified, for what it's recommended to analyze all the variants before choosing which solution to adopt.

Keywords

Waterproofing

Roofing

Façade

Embedded Structures

Reservoir

Asphalt Floor

Índice

Agradecimentos	III
Resumo	IV
Palavras-Chave	IV
Abstract	V
Keywords	V
Índice de Tabelas	IX
1. Introdução	1
2. Soluções de impermeabilização	4
2.1 Coberturas	4
2.1.1 Argamassas aditivadas	5
2.1.2 Membrana de betume	6
2.1.2.1 Membrana de betume à base de elastómeros.....	7
2.1.2.2 Membrana de betume à base de plastómeros.....	8
2.1.2.3 Membrana de betume oxidado	10
2.1.3 Membrana Líquida	11
2.1.3.1 Membrana líquida à base de borracha butílica	11
2.1.3.2 Membrana líquida à base de dispersão estireno-plástica.....	12
2.1.3.4 Membrana líquida de poliuretano.....	13
2.1.4 Membrana de PVC	15
2.2 Fachadas	16
2.2.1 Argamassas aditivadas	16
2.2.2. Membrana líquida à base de copolímeros	17
2.2.3 Tinta copolimérica	18
2.3 Estruturas enterradas	19
2.3.1 Argamassas aditivadas	20
2.3.2 Emulsão betuminosa.....	21
2.3.3 Membrana betume	21
2.3.3.1 Membrana de betume à base de elastómeros.....	22
2.3.3.2 Membrana betume à base de plastómeros.....	23
2.3.4 Membrana líquida.....	24
2.3.4.1 Membrana líquida à base de borracha butílica	24
2.3.4.2 Membrana líquida à base de resinas	25
2.3.5 Membrana PVC	26



2.4 Reservatórios	27
2.4.1 Argamassas aditivadas	28
2.4.2 Emulsão betuminosa.....	29
2.4.3 Membrana betume	30
2.4.3.1 Membrana de betume à base de elastómeros.....	30
2.4.3.2 Membrana betume à base de plastómeros.....	31
2.4.4 Membrana líquida à base de borracha butílica	32
2.4.5 Membrana de poliureias.....	33
2.4.6 Membrana PVC	34
2.5 Pavimentos asfálticos.....	35
2.5.1 Membrana betume à base de plastómeros.....	35
2.5.2 Membrana líquida.....	36
2.5.2.1 Membrana líquida à base de resinas	37
2.5.2.2 Membrana líquida de poliuretano.....	37
3. Critérios de selecção	39
3.1 Coberturas	40
3.1.1 Custos	40
3.1.2 Condições da base e atmosféricas	41
3.1.3 Facilidade de aplicação	41
3.1.4 Tempo de cura	42
3.1.5 Resistência mecânica	42
3.1.6 Durabilidade	43
3.2 Fachadas	44
3.2.1 Custos	44
3.2.2 Condições da base e atmosféricas	44
3.2.3 Facilidade de aplicação e reparação	45
3.2.4 Tempo de cura	46
3.2.5 Resistência mecânica	46
3.2.6 Durabilidade	47
3.3 Estruturas Enterradas.....	47
3.3.1 Custos	48
3.3.2 Condições da base e atmosféricas	48
3.3.3 Facilidade de aplicação e reparação	49
3.3.4 Tempo de cura	49
3.3.5 Resistência mecânica	50
3.3.6 Durabilidade	50
3.4 Reservatórios	51
3.4.1 Custos	51



3.4.2 Condições da base e atmosféricas	51
3.4.3 Facilidade de aplicação e reparação	52
3.4.4 Tempo de cura	52
3.4.5 Resistência mecânica	53
3.4.6 Durabilidade	53
3.5 Pavimentos asfálticos.....	54
3.5.1 Custos	54
3.5.2 Condições da base e atmosféricas	55
3.5.3 Facilidade de aplicação e reparação	55
3.5.4 Tempo de cura	56
3.5.5 Resistência mecânica	56
3.5.6 Durabilidade	57
4.Tabelas resumo e sua análise.....	58
4.1 Tabela resumo das Coberturas.....	59
4.2 Tabela resumo das Fachadas	61
4.3 Tabela resumo das Estruturas Enterradas.....	63
4.4 Tabela resumo dos Reservatórios	65
4.5 Tabela resumo dos Pavimentos Asfálticos	67
5. Conclusão	69
6. Bibliografia.....	72



Índice de Tabelas

Tabela 1 - Classificações obtidas para Coberturas	61
Tabela 2 - Classificações obtidas para Fachadas	63
Tabela 3 - Classificações obtidas para Estruturas Enterradas.....	65
Tabela 4 - Classificações obtidas para Reservatórios	67
Tabela 5 - Classificações obtidas para Pavimentos Asfálticos	69

1. Introdução

É inquestionável que em qualquer tipo de obra o bom desempenho de um sistema de impermeabilizações é fundamental. Inúmeros casos de patologias que obrigam a posteriores intervenções correctivas com custos e resultados que não podem nem devem ser ignorados, são bem conhecidos e acontecem com bastante frequência.

Assim a escolha de um sistema adequado de impermeabilização para qualquer elemento de uma construção (coberturas, pavimentos, paredes enterradas, reservatórios, etc.) deve merecer uma atenção especial. Não havendo um critério geral que determine se uma solução de impermeabilização é a mais adequada ou não, tendo em conta os vários parâmetros em jogo, entendeu-se ser importante procurar uma forma que, analisando as diferentes variáveis, pudesse apontar para a solução que, em cada caso, possa ser a que conduz ao melhor desempenho do sistema de impermeabilização. Surge assim a necessidade, e também a motivação inerente, a desenvolver uma dissertação intitulada “Impermeabilizações de Construções – soluções tecnológicas e critérios de selecção”.

A metodologia adoptada para a realização deste trabalho assenta em três fases diferentes:

- a) Recolha de informação técnica sobre as soluções de impermeabilização existentes no mercado nacional;
- b) Selecção dos sistemas mais comuns ou em grande fase de expansão;
- c) Análise de cada sistema de acordo com a sua possível aplicação;

Para se atingir o objectivo da presente dissertação consideram-se as diferentes variáveis a ter em conta, para uma correcta escolha de um sistema de impermeabilização, de acordo com o

elemento da construção que se pretende impermeabilizar, ou seja, quer se trate de impermeabilizar coberturas, fachadas, paredes enterradas, pavimentos asfálticos, diferentes tipos de reservatórios ou piscinas. Para cada caso específico ter-se-ão em conta alguns factores como o estado da superfície que vai servir de suporte ao sistema, as condições climatéricas na altura da aplicação, a metodologia de aplicação das várias soluções, o comportamento até à rotura por alongamento e os custos associados a cada solução. Relativamente ao estado em que se encontra a superfície de suporte da impermeabilização é muito importante que as condições impostas pelos fabricantes se verifiquem uma vez que o sucesso da solução adoptada está directamente relacionado com a qualidade da ligação entre a impermeabilização e o suporte. Por outro lado, as condições climatéricas existentes na altura da aplicação também são um factor muito importante uma vez que podem condicionar a qualidade final afectando a cura, a resistência, a durabilidade, etc. Uma cura inadequada pode levar à ocorrência de fenómenos de retracção.

Muitas vezes os próprios métodos de aplicação podem revelar-se mais complexos, se as condições climatéricas forem menos favoráveis, podendo uma solução ter custos adicionais importantes. A capacidade de resistir ao alongamento é um factor muito importante, são disso exemplo os elementos de construção em que ocorrem fenómenos de fendilhação da superfície de suporte que provoca um alongamento da membrana de impermeabilização. Se a capacidade de alongamento for inadequada a membrana também fendilha e deixa de ser estanque. Por último surge um dos factores mais importantes, senão o mais importante, que é o dos custos associados a cada solução. De facto, hoje em dia, observa-se que na maioria dos casos a única preocupação na escolha está relacionada com este factor, mas também se constata que a uma solução mais barata está muitas vezes associada uma necessidade de reparação ou até mesmo de substituição do sistema de impermeabilização, que a curto ou médio prazo acaba por se mostrar bastante mais dispendiosa.

Após uma pesquisa realizada junto de alguns dos principais fabricantes e representantes de soluções de impermeabilização existentes em Portugal, obtiveram-se várias fichas técnicas e documentos de homologação referentes a vários produtos. Adoptando uma posição completamente independente em relação a fabricantes ou representantes dos vários produtos, optou-se por apresentar as várias soluções analisadas seguindo a ordem alfabética, não sendo possível, deste modo, influenciar o resultado final. Obtiveram-se então informações sobre argamassas aditivadas, emulsões betuminosas, membranas de betume, membranas líquidas, membrana de poliureias, membrana de PVC e, por último, das tintas impermeabilizantes. Para cada uma destas soluções existem algumas variantes de acordo com o processo de fabrico adoptado por cada fábrica. Assim sendo ao nível das membranas de betume, podem-se encontrar membranas fabricadas à base de elastómeros, de betume modificado por polímeros, de betume oxidado e por último de plastómero. Existem também, dentro das membranas líquidas, algumas variantes relacionadas com o processo de fabrico, encontrando-se então membranas líquidas produzidas à base de borracha butílica, de copolímeros, de poliuretanos e dispersão estireno-plástica.

Para a determinação dos custos associados a cada uma das soluções estudadas considera-se o preço da aplicação de primário, quando este é recomendado, a média aritmética dos vários preços existentes, conforme o fabricante, para a solução em causa, e ainda o custo da mão-de-obra necessária para a sua aplicação. É este conjunto de valores que determina o custo final da solução. É claro que de acordo com as quantidades que forem adquiridas os preços dos produtos poderão sofrer algumas alterações, mas neste estudo consideram-se os preços de tabela de cada fornecedor para se estar numa situação de imparcialidade e igualdade para com todas as soluções. Foram desprezadas ainda as áreas de membrana que são colocadas em sobreposição, admitindo-se que são as mesmas para todas as soluções, pelo que se fossem consideradas essas áreas havia um ligeiro aumento do valor, mas proporcional para todas as soluções. O cálculo da mão-de-obra foi feito de acordo com o trabalho que está associado a cada aplicação, ou seja, por exemplo no caso das argamassas aditivadas é normal que esse trabalho possa ser realizado por um pedreiro e que a aplicação de tintas seja realizada por um pintor.

2. Soluções de impermeabilização

Apresentam-se neste capítulo as soluções mais comuns existentes no mercado nacional, sendo estas analisadas consoante a sua utilização ideal, ou seja, em que zonas do edificado são mais apropriadas as suas utilizações. Assim sendo vão ser tidas em conta as soluções de impermeabilização para coberturas, fachadas, estruturas enterradas, reservatórios, piscinas e pavimentos asfálticos.

2.1 Coberturas

Num edificado faz todo o sentido que uma das principais preocupações, quando se efectuam impermeabilizações, passe pela eficaz estanquidade da cobertura que, por definição, tem que ser estanque e é de todos os elementos do edifício o que, normalmente, se encontra mais exposto à chuva. Existe uma infinidade de soluções para diferentes tipos de coberturas que, de acordo com o tipo de utilização dado à cobertura, se tornam mais ou menos eficientes. Importa assim diferenciar os tipos de coberturas existentes que são:

- ⇒ Coberturas não acessíveis, ou seja, coberturas que não vão ser usadas para qualquer tipo de circulação à excepção de eventuais trabalhos de manutenção que lá tenham que ser feitos;
- ⇒ No oposto ao atrás mencionado surgem as coberturas acessíveis em que é permitida a livre circulação de pessoas ou veículos sobre a cobertura, o que implica uma protecção mecânica da camada de impermeabilização;
- ⇒ Por fim vão ainda ser consideradas coberturas ajardinadas onde são incluídas, como o próprio nome indica, coberturas onde se colocam jardins com todo o tipo de vegetação e

que pelas suas características especiais, desde a necessidade de rega que aumenta a quantidade de água existente até à erosão causada pelas próprias raízes da vegetação, vão necessitar de cuidados especiais na escolha do tipo de impermeabilização a aplicar.

Chama-se à atenção para o facto do caso das soluções para cobertura acessíveis poderem, regra geral, ser utilizadas em coberturas não acessíveis uma vez que as exigências das duas são bastante similares, ao contrário das soluções existentes para coberturas não acessíveis, que não devem ser utilizadas em coberturas acessíveis por não terem capacidade de resistência mecânica inerente ao uso.

Existe uma gama muito variada de produtos que podem ser utilizados em coberturas, como as argamassas aditivadas, membranas de betume fabricadas das mais variadas maneiras tais como elastómeros, plastómeros, betume modificado contendo resinas polipropilénicas e betume oxidado. Existem ainda as membranas líquidas que, tal como as anteriores, têm na sua base os mais variados produtos tais como borracha butílica, dispersão estireno-plástica ou copolímeros, por fim vão ainda ser analisadas membranas de poliuretano e membranas de PVC.

2.1.1 Argamassas aditivadas

As argamassas aditivadas utilizadas na impermeabilização de coberturas têm na sua composição cimentos, areias siciliosas e calcárias, sais activos e aditivos, sendo estes últimos os que conferem propriedades impermeabilizantes à argamassa.

O uso de argamassas aditivadas em coberturas tem como principais recomendações, ao nível do estado do suporte onde vai ser aplicado, a sua não deformabilidade e limpeza. A necessidade de ser indeformável tem a ver com a necessidade da base suportar a peso da argamassa. Entre a argamassa e o suporte a adesão deve ser total pelo que não se deve aplicar antes de se limpar toda a superfície, de modo a remover todos os materiais soltos, poeiras e gorduras que lá possam existir. Esta limpeza pode ser feita varrendo toda a superfície ou então através de uma lavagem prévia com água, com claros benefícios para a aplicação, uma vez que a aplicação da argamassa deve ser feita com o suporte húmido, desde que se garanta o escoamento das águas daí resultantes, para que o suporte não fique encharcado.

Quando se estiver a proceder à aplicação durante o Inverno as temperaturas baixas podem ter efeitos negativos nas características da argamassa como, por exemplo, temperaturas abaixo dos 0°C que originem uma camada de gelo na superfície de betão que leva a que a aderência entre a argamassa e o betão seja praticamente nula e que no futuro pode vir a provocar destacamento da argamassa. É de todo recomendável que nestes casos se suspendam os trabalhos até que todo o

gelo desapareça. Por outro lado quando a aplicação for efectuada em pleno Verão os cuidados a ter estão não só relacionados com as altas temperaturas como também à exposição ao sol e ao vento. Tem-se então que para temperaturas superiores a 35°C o processo de cura da argamassa é demasiado rápido e por isso deficiente alterando uma vez mais as características das argamassas. Estas alterações são também provocadas quando a cobertura estiver exposta a ventos quentes e secos e fazem com que a superfície de argamassa, directamente exposta ao vento, perca muito rapidamente a humidade em comparação com a parte mais interior da camada, provocando fenómenos de retracção que originam fendas, que podem permitir a livre passagem de água.

A aplicação da argamassa aditivada faz-se em duas camadas servindo a primeira de camada de regularização e a segunda de acabamento podendo, entre as duas camadas ser aplicado um reforço de fibra de vidro de modo a aumentar a resistência mecânica das argamassas que é baixa para forças de tracção originadas, por exemplo, por deformação do suporte. O tempo de cura das argamassas é de quatro dias e durante este processo convém que a argamassa seja molhada regularmente para que o processo de cura seja próximo do óptimo.

Para o cálculo dos custos associados a esta solução considerou-se que os trabalhos de aplicação podem ser realizados por uma equipa constituída por pedreiros e serventes com um custo de mão-de-obra por metro quadrado de 9,91€ associado ao inverso do rendimento com 0,8 horas de pedreiro juntamente com 0,4 horas de servente para produzir um metro quadrado. O preço médio das argamassas aditivadas é de 7,25€ o que somado ao custo da mão-de-obra dá um valor final de 17,16€/m².

Apesar de se poder incluir a fibra de vidro no seu interior de modo a aumentar a resistência mecânica a utilização de argamassas para impermeabilizar suportes, que possam vir a fissurar ou que já se encontrem com fissuras consideráveis, é de todo desaconselhável. As argamassas aditivadas podem ser aplicadas tanto em coberturas acessíveis como em coberturas não acessíveis. No que se refere a coberturas ajardinadas o seu uso é desaconselhado uma vez que não possuem propriedades resistentes à acção das raízes de plantas.

2.1.2 Membrana de betume

Existem, como já foi referido, dentro desta categoria algumas variantes em relação aos seus constituintes, de acordo com os fabricantes e mesmo para cada fabricante de acordo com o processo de fabrico. Vão assim ser analisadas mais aprofundadamente as membranas de betume à base de elastómeros, as membranas de betume à base de plastómeros e por fim membranas de betume oxidado. Em todos estes casos considerou-se que a aplicação é feita por impermeabilizadores para a determinação dos custos da mão-de-obra.

2.1.2.1 Membrana de betume à base de elastómeros

Começando a análise pelas membranas de betume elastómero importa em primeiro lugar referir a sua composição de modo a facilitar a distinção entre as restantes membranas. O facto de ser à base de elastómeros quer dizer que no seu processo de fabrico foi introduzido, no betume, um polímero SBS designado por Estireno-Butadieno Estireno.

A sua aplicação, para garantir a máxima eficiência em serviço, deve ser feita em superfícies completamente secas, firmes, regulares, limpas e livres de materiais soltos. A necessidade de a superfície se encontrar seca serve para garantir que após a aplicação da membrana esta não venha a formar bolhas resultantes da evaporação de restos de humidade existentes no suporte, uma vez que estas membranas não são permeáveis ao vapor. O facto de o suporte ter que ser firme tem como objectivo garantir que no caso de membrana depois de aplicada ficar com tensões residuais estas possam ser absorvidas pelo suporte, impedindo a conseqüente deformação da membrana. Em relação à regularidade da superfície esta é de extrema importância uma vez que ao garantir-se a regularidade da superfície, garante-se que não vão surgir poças de água sobre a tela, uma vez que o contacto permanente entre as membranas de betume e a água provoca a rápida degradação da membrana. Por este motivo é de todo recomendável e necessário que a superfície de suporte tenha uma inclinação mínima de 1% de modo a escoar a água para as caldeiras. Por outro lado quando se estiver a utilizar este tipo de membrana em coberturas de dimensão considerável, torna-se relativamente difícil garantir que todas as águas são completamente escoadas, o que pode comprometer a impermeabilização não no futuro imediato mas sim a médio prazo, obrigando a reparações. Existe ainda uma limitação em relação ao valor máximo de inclinação que não pode ser superior a 15%.

No que diz respeito às condições climáticas estas estão principalmente associadas à ocorrência de precipitação. De facto e para cumprir a condição atrás imposta, em relação ao suporte se encontrar seco nas horas que antecedem e durante a aplicação, não pode ocorrer precipitação. Outro factor importante quando se efectua a aplicação em zonas muito frias tem a ver com a inexistência de gelo na superfície para garantir uma boa aderência entre a membrana e o suporte.

Estas membranas são aplicadas em sistema bicapa, ou seja aplica-se uma primeira camada com sobreposições entre telas de no mínimo oito centímetros e de seguida uma segunda camada com as sobreposições destas a coincidir com o meio da tela da primeira camada. O funcionamento global da membrana faz-se em sistema flutuante com fixação mecânica na periferia, as sobreposições atrás mencionadas são coladas com fogo de maçarico e depois pressionadas com rolo próprio ou, como resultado do fogo do maçarico surge betume líquido, pode ser espalhado com colher de pedreiro, aumentando a resistência da ligação entre telas.

O custo médio associado a este produto é de 8,01€ por metro quadrado e o trabalho de aplicação é realizado por equipas constituídas por impermeabilizadores e espalhadores de betuminoso com um custo por metro quadrado de 2,44€ originando um preço final de 10,45€ por metro quadrado.

No que se refere à capacidade de alongamento até à ruptura atinge valores da ordem dos 40% sendo esta uma característica muito importante e que se deve ter em conta em casos que se prevejam que possa ocorrer fendilhação do suporte. Por fim importa referir que estas tanto podem ser usadas em coberturas acessíveis como em coberturas não acessíveis

2.1.2.2 Membrana de betume à base de plastómeros

Em relação às membranas de betume à base de plastómeros podem apresentar na sua constituição resinas polipropilénicas com base em polipropileno atáctico (APP) ou então com base em polímeros nobres.

Apesar de serem membranas com bases diferentes apresentam, todas elas, as mesmas exigências ao nível do estado do futuro suporte. Estas membranas não exigem nenhum cuidado extra em relação ao suporte em comparação com as membranas de betume à base de elastómero. O suporte tem que se encontrar completamente seco, limpo, e isento asperezas e ressaltos. A inclinação mínima é uma vez mais exigida, para evitar o contacto prolongado entre a água e o betume e deve ser da ordem de 1%. A justificação para a superfície ter que se encontrar seca é a mesma que nos casos anteriores. Todas as zonas de transição que existam entre os diversos paramentos devem ser arredondadas, com o objectivo de evitar que se formem ângulos que por sua vez vão reduzir o ajustamento da membrana à superfície.

No que diz respeito ao manuseamento e aplicação destas membranas, deve ser feito com temperaturas sempre superiores a 5°C de modo a não danificar a membrana uma vez que a baixas temperaturas estas apresentam uma maleabilidade inferior e podem daí resultar danos que impossibilitem a sua utilização. Existe também um requisito que se torna inevitável e que passa pela inexistência de chuva, que no caso de ocorrer iria molhar toda a superfície indo desde logo contra um dos requisitos atrás mencionados que é precisamente a superfície encontrar-se seca.

A aplicação das membranas de betume modificado é, tal como anteriormente, realizada em duas camadas e existem três tipos de sistemas em que se podem utilizar: sistema independente, em sistema semi-independente ou em sistema aderido. No primeiro caso a aplicação passa por desenrolar os rolos paralelamente entre si e colar as sobreposições que devem ter entre si pelo menos dez centímetros e a fixação na periferia ou em elementos emergentes, é também feita através de colagem. Esta colagem é realizada com o fogo de maçarico que ao incidir na membrana liquidifica o betume que depois de ser espalhado faz muito bem a ligação entre as

membranas e os suportes. Este tipo de aplicação permite que, consoante a posterior protecção que se faça à impermeabilização, se circule livremente ou não, na cobertura, incluindo viaturas. Associado ao tipo de protecção surge também uma limitação máxima para a inclinação das membranas de 5%. No caso de a aplicação ser feita em sistema semi-independente, utiliza-se também neste sistema duas camadas de membranas, tem que se espalhar por toda a superfície uma emulsão betuminosa que neste caso funciona como primário. A ligação da membrana da primeira camada ao suporte é feita em pontos ou faixas espalhadas ao longo das membranas com espaçamentos iguais por soldadura, através de chama de maçarico. O resto da aplicação é igual ao sistema independente, ou seja, a segunda camada é aplicada de modo as sobreposições coincidirem com o meio da membrana e ligação aos elementos emergentes da cobertura é igualmente feita por colagem. Tal como no caso anterior esta aplicação está limitada a uma inclinação máxima do suporte de 15%. Por último se a aplicação for feita em sistema aderido começa-se por se espalhar um primário em toda a superfície, de seguida a colagem da membrana ao suporte é feita por aquecimento de toda a superfície inferior da membrana, com fogo de maçarico, até à sua fluidificação e imediatamente pressionadas contra a superfície. Deste modo garante-se que a membrana fica completamente aderida à superfície e nesta altura aplica-se a segunda camada, esta também totalmente aderida à primeira camada pelo mesmo processo, aquecimento até à sua fluidificação e imediata colagem à camada já existente. Neste caso também é importante que as sobreposições da segunda camada não coincidam com as já existentes.

O preço final deste produto é de 8,82€ por metro quadrado, em que foi considerado que os trabalhos de aplicação foram realizados por uma equipa constituída por um impermeabilizador e um espalhador de betume com um custo de 2,44€ por metro quadrado. O custo médio da membrana é de 6,38€ por metro quadrado.

Em termos de resistência ao alongamento as membranas de betume modificado apresentam valores na ordem dos 40% podendo estes aumentar ou diminuir consoante a espessura da membrana. Este factor toma a devida importância no caso de se terem coberturas em que se preveja que possa ocorrer fendilhação do suporte. Estas membranas também podem ser utilizadas em coberturas acessíveis ou não acessíveis dependendo do tipo de protecção que se der e podem ainda ser usadas em coberturas ajardinadas, desde que na sua constituição sejam introduzidas substâncias anti-raízes. Por último quando expostas ao fogo são de classe M0, não-combustíveis, quando têm protecção pesada, por outro lado se não tiverem nenhuma protecção são da classe M4, facilmente inflamáveis.

2.1.2.3 Membrana de betume oxidado

Há ainda que considerar as membranas de betume oxidado. Diferem das anteriores por não serem introduzidos polímeros na sua constituição, ou seja, os betumes oxidados obtêm-se fazendo passar uma corrente de ar através de uma massa de betume a alta temperatura.

Estas têm, à imagem de todas as membranas de betume, o mesmo tipo de exigências em relação ao estado em que a superfície que vai servir de suporte deve estar. Assim sendo, a base de suporte da futura impermeabilização deve encontrar-se completamente seca, tem que ser firme, regular e encontrar-se completamente limpa e isenta de materiais soltos. O facto de ter que estar seca está relacionada com as mesmas razões atrás mencionadas, ou seja, para garantir que não ocorra a descolagem entre a membrana e a superfície de suporte, provocado pela libertação de humidade por parte da superfície. O facto de ter que ser firme está directamente relacionado com a resistência que a própria base tem que transmitir à membrana de modo a impedir possíveis deslocamentos causados, por exemplo, por tensões residuais que a própria membrana adquiriu resultantes da sua aplicação. A sua regularidade é imposta para permitir o correcto escoamento das águas para os sistemas de drenagem existentes, uma vez que, como já foi mencionado, nos casos anteriores, o betume perde propriedades por prolongado contacto com a água. Esta imposição, por parte do próprio material, faz com que a inclinação do suporte seja, no mínimo, de 1% podendo atingir valores máximos de 60%, desde que sejam tomadas medidas de precaução adicionais quando os valores de inclinação forem superiores a 15%. Em concreto tem que se garantir que a sobreposição das membranas e a fixação periférica, especialmente na cumieira da cobertura, é feita mecanicamente.

O manuseamento e aplicação deste tipo de membranas pode ser feito sobre qualquer temperatura desde que estas não sejam muito extremas, a ponto de alterar as suas características. Deve ter-se a preocupação, em casos de chuva, de suspender de imediato todas as operações uma vez que neste caso deixa de se conseguir cumprir a condição de se ter um suporte seco.

No que se refere ao método de aplicação este é feito em sistema aderido em que numa primeira fase se aplica um primário betuminoso, seguido de uma segunda fase que consiste no aquecimento da membrana com fogo de maçarico. No momento em que o betume da membrana começa a ficar fluido coloca-se a membrana contra o suporte e pressiona-se para que fique bem aderido, sem bolsas de ar entre a membrana e o suporte. As sobreposições também são coladas com o auxílio da chama e devem ter no mínimo uma largura de oito centímetros.

Associado a esta membrana surge um preço final de 6,24€ em que 3,80€ correspondem ao preço médio da membrana e os restantes 2,44€ dizem respeito à mão-de-obra considerando-se uma equipa formada por impermeabilizadores e espalhadores de betume.

Apresenta uma capacidade de alongamento até à ruptura de aproximadamente 50%, mas com a inclusão, durante o processo de fabrico, de uma armadura de polietileno, ganha uma grande capacidade de adaptação a elementos emergentes existentes na cobertura. Estas membranas são usadas em coberturas não acessíveis.

2.1.3 Membrana Líquida

No que se refere às membranas líquidas existentes no mercado, à imagem do que sucede com as membranas de betume, apresentam diversas variantes derivadas do seu processo de fabrico pelo que é normal que existam algumas diferenças entre si apesar de, no geral, as suas características se mantenham semelhantes. No caso das coberturas as membranas líquidas indicadas são as fabricadas à base de borracha butílica, à base de dispersão estireno-plástica, à base de copolímeros e por fim as membranas líquidas à base de poliuretano.

2.1.3.1 Membrana líquida à base de borracha butílica

Começa-se então por analisar as membranas líquidas à base de borracha butílica carregada que na sua constituição não contém alcatrão nem produtos betuminosos.

Este produto apresenta uma gama muito larga de suportes onde pode ser aplicado, começando em todos os materiais feitos à base de cimento como o betão, o fibrocimento e as argamassas, passando pelas madeiras e acabando nos metais. No oposto, ou seja nos materiais em que não podem ser aplicados ou entrar em contacto, encontram-se os betuminosos e os asfaltos. Assim sendo e para cada tipo de suporte existem algumas exigências a ser cumpridas. No que se refere às bases cimentícias, estas têm que se encontrar secas, firmes, regulares, limpas e isentas de materiais. De facto para se garantir que a membrana vai cumprir o seu objectivo tem que se garantir que a ligação entre a membrana e o suporte é eficaz, daí que seja de todo necessário garantir que o suporte não se encontra sujo, não tem materiais soltos, como por exemplo grãos de areia nem gorduras. A imposição que se faz em relação à inexistência de água no suporte é totalmente necessária uma vez que no caso de se verificar a sua existência a ligação entre a membrana e o suporte não se faz adequadamente e com a libertação, por parte do suporte, da humidade esta cria bolsas de ar entre a membrana e o suporte que ao fim de algum tempo se rompem. No que se refere à sua aplicação sobre madeiras a principal preocupação deve uma vez mais ser com a humidade existente nestas, para evitar que suceda o mesmo que no caso das bases cimentícias. Por último, em relação às bases de ferro, tem que se ter o cuidado de remover

todas as impurezas existentes na superfície, que são na maioria ferrugem ou então antigas pinturas. A remoção destes materiais, no ferro, pode ser feita com o auxílio de uma escova de aço.

Para se garantir que a aplicação é feita sobre superfícies secas, na altura da aplicação não pode estar a chover e no caso de esta começar a ocorrer durante a aplicação, deve suspender-se todos os trabalhos. Em dias que se registem temperaturas muito extremas, muito altas ou muito baixas, também não é aconselhável a sua aplicação, porque estas podem alterar as características mecânicas da membrana.

A aplicação é realizada por uma equipa composta por impermeabilizadores e serventes com um custo de 5,87€ por metro quadrado que associado ao custo médio da membrana que é de 2,65€ perfaz um valor total de 8,52€.

No que se refere à sua aplicação esta pode ser feita com trincha ou rolo de lã e deve ser feita em duas camadas cruzadas. Tem que ser respeitado um tempo de espera entre as duas camadas de, pelo menos, vinte e quatro horas para garantir que a primeira demão já se encontra seca e não é danificada pela segunda aplicação. Entre as duas camadas e quando esta estiver aplicada sobre juntas e fissuras deve ser aplicada uma fibra de vidro que vai conferir à membrana uma resistência mecânica adicional. O tempo de cura total das duas camadas é de um dia.

Esta membrana líquida à base de borracha butílica pode ser usada em coberturas acessíveis ou não acessíveis, contudo caso seja aplicada no primeiro caso deve ser protegida mecanicamente, por exemplo, com uma camada de areia rolada de rio.

2.1.3.2 Membrana líquida à base de dispersão estireno-plástica

Um outro tipo de membranas líquidas é o da membrana líquida à base de uma dispersão estireno-acrílica que após a sua aplicação se transforma numa camada elasto-plástica.

A superfície que for servir de suporte à membrana tem que estar completamente seca para garantir que a ligação membrana – suporte é eficaz. Neste tipo de membrana é extremamente importante que toda a superfície se encontre regular, tendo que se tratar todas as zonas do betão que apresentem leitanças de cimento ou camadas mal aderidas, com uma inclinação mínima de 1% para evitar a estagnação de água sobre a membrana, acelerando o processo de desgaste da membrana. Caso o betão seja muito poroso e absorvente tem que se aplicar um primário em toda a superfície para evitar que o betão absorva partes da membrana e assim diminua a sua espessura final e altere as suas propriedades. A inexistência de água ou humidades no suporte é, uma vez mais, exigida para garantir uma boa ligação, assim como a inexistência de sujidades ou materiais soltos.

As condições atmosféricas ideais para a sua aplicação são mais exigentes do que em relação aos casos anteriores porque, além de existir um limite mínimo para a temperatura de 10°C, existe ainda uma limitação para a humidade máxima do ar que não pode ser superior a 80%.

A aplicação pode ser feita tanto manualmente como mecanicamente. No caso de ser feita manualmente tanto se pode utilizar trincha como rolo de pêlo, sendo que neste caso tem que ser de pêlo curto para que a espessura final seja a ideal já que com rolos de pêlo comprido as espessuras finais tendem a ser inferiores. Se a aplicação for feita mecanicamente recorre-se a uma pistola de projecção airless. Independentemente de a aplicação ser feita mecânica ou manualmente, esta deve ser feita em, pelo menos, duas demão podendo ser em mais camadas para coberturas que se encontrem em mau estado, por exemplo muito fissuradas. Entre as duas demão pode ainda ser aplicada uma armadura, para lhe conferir maior resistência, esta deve ser estendida imediatamente após a aplicação da primeira demão. Nos casos em que a cobertura tenha impermeabilizações antigas esta membrana pode ser aplicada directamente sobre elas precedida da aplicação do primário. O tempo de cura é bastante rápido sendo que ao fim de duas horas a membrana já se encontra seca ao tacto e está totalmente curada ao fim de cinco horas. De realçar que estes valores podem sofrer ligeiras alterações consoante os valores de humidade e temperatura do ar.

Esta solução apresenta um valor médio de 3,30€ por metro quadrado, soma-se ainda os custos referentes à mão-de-obra, referentes a uma equipa formada por pintores e serventes, que são de 2,67€, totalizando 5,97€ por metro quadrado.

Em termos de valores de resistência mecânica apresenta uma prestação realmente notável com capacidade de alongamento até à rotura da ordem de 350% chegando mesmo a atingir valores da ordem dos 500%, sendo por isso mesmo bastante recomendável o seu uso para superfícies que apresentem fissuras ou se preveja que as venham a ter. Uma outra vantagem de utilização desta membrana tem a ver com a sua capacidade de resistência à intempérie e a boa difusão de vapor de água. Esta solução de impermeabilização tanto pode ser usada em coberturas acessíveis como em coberturas não acessíveis.

2.1.3.4 Membrana líquida de poliuretano

Dentro das membranas líquidas surgem, por último, as membranas de poliuretano, que são como o próprio nome, um produto mono componente à base de poliuretano.

Estas apresentam em geral as mesmas exigências para o estado da superfície de suporte que as anteriores. As condições ideais passam por se ter uma superfície seca para garantir, como se vêm referindo, que a ligação entre a membrana e o suporte é a melhor, evitando zonas onde a

ligação não se efectue e ainda futuros destacamentos da membrana do suporte por libertação de humidade contida no suporte. O suporte deve estar sólido e ter uma resistência à compressão mínima de 25 N/mm^2 bem como uma resistência à tracção superficial mínima de $1,5 \text{ N/mm}^2$. Para garantir que a ligação é bem efectuada deve ainda ser verificada a existência e, em caso afirmativo, a remoção, de contaminações de óleos e gorduras. Nos casos em que a aplicação seja realizada em betões novos é aconselhável a utilização de um primário que impeça a ascensão das humidades provenientes da cura do betão ou de qualquer outra origem.

No que se refere às condições atmosféricas estas são um pouco mais exigentes para este material do que aqueles descritos anteriormente, uma vez que limitam a temperatura a valores compreendidos entre 8°C e os 40°C e a humidade relativa a um valor máximo de 80%. Esta condição faz com que, por exemplo na zona interior norte de Portugal, a sua aplicação seja muito limitada durante o período de Inverno em que as temperaturas rondam muitas vezes os 0°C .

A aplicação desta solução, tal como nas restantes membranas líquidas, passa pelo uso de trincha ou rolo no caso de ser feita manualmente, ou então com o recurso a bomba de pistão ou airless no caso de ser feita mecanicamente. No momento que antecede a aplicação da membrana deve misturar-se bem, de preferência lentamente, para evitar que surjam bolhas de ar no interior do líquido porque acontecendo tem que se esperar até que estas desapareçam para que a membrana possa funcionar correctamente. A imposição atrás mencionada, em relação à humidade relativa do ar, surge pela alta reactividade entre a humidade do ar e o próprio material. Esta reactividade leva a que o produto tenha um “pot-life” muito reduzido e a sua aplicação tenha que ser feita rapidamente. O tempo de espera entre camadas é de cerca de seis horas variando de acordo com a temperatura do ar, por outro lado durante o processo de cura formam-se microbolhas, características do próprio material, que não afectam o desempenho da membrana mas que obriga a que sejam tomadas medidas adicionais para evitar que este fenómeno ocorra de forma a ser prejudicial, fazendo-se aplicações em várias camadas finas em vez de uma só aplicação.

O valor final desta solução de impermeabilização atinge o valor de 6,26€ em que 3,59€ dizem respeito à membrana e os restantes 2,67€ estão relacionados com a mão-de-obra para uma equipa formada por pintores e serventes.

A capacidade de alongamento até à rotura também é muito alta o que lhe confere uma grande capacidade de realizar pontes em zonas fissuradas, sendo essa capacidade da ordem dos 450%. Pode ser aplicado tanto em coberturas acessíveis como em coberturas não acessíveis e ainda em coberturas ajardinadas com as devidas protecções mecânicas.

2.1.4 Membrana de PVC

Para terminar este capítulo das coberturas surgem as membranas de PVC que apresentam na sua constituição resinas de PVC plastificado.

Para este tipo de solução as condições exigidas ao suporte não são muito diferentes em relação a todas as anteriores, assim sendo a superfície tem que estar firme, regular, limpa e isenta de materiais soltos. O facto de se exigir que a superfície seja firme está directamente relacionado com a necessidade que o suporte vai ter, de absorver possíveis tensões residuais resultantes da aplicação da membrana. A regularidade de toda a superfície é necessária para que não se formem poças de água, permitindo o correcto escoamento das águas. É necessário que no suporte não se encontrem materiais soltos que possam vir a danificar o sistema de impermeabilização. Por outro lado as membranas de PVC apresentam algumas limitações em relação aos materiais com que podem entrar em contacto, daí que seja necessário que toda a superfície esteja correctamente limpa. Os materiais que não podem existir no suporte são os betumes, alcatrão, óleos, alguns produtos com solventes e materiais plásticos como é o caso do poliestireno expandido, do poliuretano, das espumas fenólicas entre outros.

Em termos de condições atmosféricas ideais para aplicar a membrana estas não são das mais exigentes e à excepção de algumas zonas, onde durante o Inverno as temperaturas são próximas das temperaturas negativas, pode-se aplicar durante todo o ano já que a temperatura ideal está no intervalo que vai dos 5°C aos 60°C.

A membrana é aplicada em sistema flutuante de mono camada em que as sobreposições são soldadas a ar quente e a fixação na periferia é feita mecanicamente.

A aplicação da membrana de PVC apresenta um custo total de 10,87€ sendo que 8,65€ é o preço, por metro quadrado, da membrana e os restantes 2,22€ dizem respeito à sua aplicação. estes valores foram obtidos junto de empresas que comercializam e procedem à aplicação de membranas de PVC.

As membranas de PVC apresentam uma capacidade de resistência ao alongamento de cerca de 300%. Apresentam características que permitem que sejam usadas em todos os tipos de coberturas acessíveis, não acessíveis e ajardinadas, contudo algumas destas membranas não têm capacidade de resistência aos raios ultravioleta, não sendo por isso aconselhável que se deixem completamente expostas à radiação solar.

2.2 Fachadas

De seguida serão expostos os tipos de soluções existentes no mercado que se aplicam na impermeabilização de fachadas. Importa explicar o que se entende por fachadas para que não surjam confusões ou enganos. Consideram-se fachadas todos os elementos verticais que fazem uma separação física entre o interior e o exterior de uma construção, não se englobando nesta definição os paramentos de separação que se encontrem enterrados.

Não estando normalmente esta zona do edificado sujeita a acções intensas da água da chuva, não deixa de ser importante a sua consideração e consequente impermeabilização. De facto por serem elementos verticais o contacto com a água dá-se quase exclusivamente em dias de chuva não existindo grande risco de a água ficar demoradamente em contacto com a superfície, ou seja, a água é escoada naturalmente pela gravidade. Contudo a impermeabilização deve ser colocada, sob o risco de, no caso de esta não o ser, a água se infiltrar nessas que são, na maior parte das vezes, relativamente porosos.

Encontram-se no mercado diversos produtos que permitem uma correcta impermeabilização das fachadas, como argamassas aditivadas, membranas líquidas fabricadas à base de variados produtos e tintas impermeabilizantes.

2.2.1 Argamassas aditivadas

As argamassas têm na sua composição, tal como as utilizadas para coberturas, cimento, areias, sais activos, aditivos e resinas com base em polímeros acrílicos.

A aplicação de argamassas aditivadas em fachadas segue a mesma orientação que as argamassas aditivadas quando aplicadas em coberturas. Assim sendo a superfície deve encontrar-se húmida, firme, regular, limpa e isenta de materiais soltos. O facto de a superfície dever estar húmida está relacionado com a possibilidade de segregação da água, constituinte da argamassa, por parte da superfície, diminuindo as suas capacidades resistentes e impermeabilizantes. A firmeza da superfície é exigida para que esta possa absorver eventuais tensões residuais resultantes da aplicação da argamassa. A exigência de uma superfície regular é feita com o intuito de garantir uma espessura final de argamassa o mais regular e uniforme possível. Por fim a limpeza e ausência de materiais soltos é necessária para garantir que existe uma boa ligação entre a argamassa e o suporte.

A aplicação da argamassa aditivada deve ser feita tendo em conta alguns factores importantes tais como a temperatura do ar, a exposição da superfície ao sol e o vento. De facto a temperatura ideal

de aplicação da argamassa está situada entre os 5°C e os 30°C e esta não deve ser aplicada em empenas que se encontrem expostas a sol intenso ou sujeitas a ventos fortes, quentes e secos, que provocariam a rápida secagem da camada superficial da argamassa em comparação com a camada interior provocando a sua fissuração.

As ferramentas utilizadas para a aplicação são a trincha ou a talocha quando se optar por fazer uma aplicação manual, ou com pistola de projecção no caso de a aplicação ser feita mecanicamente. A aplicação é feita em duas camadas, de preferência cruzadas, e entre as duas pode-se introduzir uma armadura de fibra de vidro para aumentar a resistência desta ao alongamento e não fissurar. O tempo de espera entre as duas aplicações ronda as quatro horas mas, dependendo da temperatura e humidade do ar, pode aumentar ligeiramente.

As argamassas aditivadas aplicadas em fachadas têm um custo médio de 15,92€ por metro quadrado, sendo que 6,01€ são respeitantes ao preço das próprias argamassas e os restantes 9,91€ dizem respeito a uma equipa constituída por pedreiros e serventes.

No que concerne á capacidade de alongamento esta é praticamente nula quando aplicada só a argamassa aditivada, sofrendo esta uma grande melhoria quando é incluída a armadura entre as duas camadas.

2.2.2. Membrana líquida à base de copolímeros

A membrana líquida à base de copolímeros apresenta na sua composição uma resina com base em copolímeros acrílicos estirenados em dispersão aquosa, cargas, pigmentos e outros adjuvantes.

Sendo esta membrana muito parecida com a que foi descrita para uso em coberturas os requisitos necessários para a sua aplicação não vão ser muito diferentes. Assim sendo tem-se que a superfície se deve encontrar seca, firme, regular e isenta de materiais soltos. Estas exigências são feitas para que a ligação entre a membrana e o suporte seja a mais forte possível para que o seu desempenho possa também, por isso mesmo, ser o melhor. O facto de se encontrar seca está directamente relacionada com o facto de aumentar a ligação membrana – suporte, que em presença de água ou humidade no suporte não é tão forte. A necessidade de ser uma superfície firme é exigida de modo a que esta possa suportar a membrana em si e ainda possíveis tensões residuais, da membrana, resultantes da aplicação. Por outro lado a superfície deve ser regular para se obter, após a aplicação, uma espessura constante, tal como para garantir que a membrana, após aplicada, se encontra plana. Finalmente a presença de materiais soltos logicamente que vai afectar a ligação entre a membrana e o suporte por, como o próprio nome indica, se encontrarem soltos da superfície. Nos casos em que se aplicar a membrana em superfícies que apresentem qualquer tipo de vestígios de óleos ou gorduras, ou ainda bolores e

fungos devem ser tidos em conta cuidados especiais para que se removam eficazmente todos estes resíduos, que prejudicam muito a ligação membrana – suporte diminuindo a qualidade da impermeabilização.

Uma vez que a superfície esteja de acordo com as exigências atrás mencionadas pode proceder-se à sua aplicação, que deve ser feita na ausência de tempo chuvoso e quando ocorrerem temperaturas extremas, quer sejam temperaturas muito altas ou abaixo de zero. Durante o processo de cura a temperatura do ar não deve ser inferior a 10°C. É de realçar a necessidade de se verificarem estes parâmetros uma vez que vão interferir com o processo de cura da membrana, uma das fases mais importantes, quando se estão a realizar impermeabilizações.

No que à sua aplicação diz respeito esta pode ser feita mecânica ou manualmente, sendo que em qualquer dos casos, esta deva ser feita em pelo menos duas camadas. A aplicação mecânica é feita com o recurso a pistola tipo airless, enquanto que quando for feita manualmente tanto se pode usar escova, como trincha ou ainda rolo de pêlo. Em qualquer dos casos a aplicação da segunda demão só deve ser feita quando a primeira demão já se encontrar completamente seca e, no caso em que se preveja que a membrana vai ser muito solicitada mecanicamente, pode-se incluir entre as duas camadas uma armadura de fibra de vidro, de modo a aumentar a sua resistência. Se for esse o caso, a armadura deve ser aplicada quando a primeira camada ainda estiver fresca para que se garanta a inclusão da armadura nesta camada.

No que se refere aos custos associados a esta solução são de 11,45€, sendo que 8,78€ dizem respeito ao custo médio da membrana e os restantes 2,67€ são relativos aos custos de mão-de-obra de uma equipa constituída por pintores e serventes.

A membrana líquida à base de copolímeros tem uma boa elasticidade da ordem dos 85% tanto para temperaturas positivas como para temperaturas negativas.

2.2.3 Tinta copolimérica

Finalmente surgem as tintas de impermeabilização à base de copolímeros acrílicos.

Os trabalhos preparatórios para a sua aplicação não são muito diferentes das soluções antecedentes. Assim sendo a superfície pode encontrar-se húmida, firme, regular, limpa e isenta de materiais soltos. De facto a única diferença reside no aspecto particular de a tinta permitir que a superfície se encontre ligeiramente húmida uma vez que a humidade não vai prejudicar a ligação entre a tinta e o suporte. A superfície tem que estar firme para que possa suportar a tinta, ao passo que também deve encontrar-se limpa e isenta de materiais soltos para garantir uma ligação entre os dois.

A temperatura do ar ideal para a aplicação da tinta está situada entre os 5°C e os 30°C, ao mesmo tempo que não deve estar exposta a sol intenso ou a ventos fortes. Esta exigência está relacionada com o facto de se tentar que o processo de cura da tinta não ocorra muito depressa podendo esses casos provocar a sua fendilhação. Do mesmo modo que nos casos em que o próprio suporte se encontre muito quente, ou gelado, seja de todo recomendável que não se aplique a tinta sob o risco de ocorrer o mesmo efeito atrás mencionado.

No momento que antecede a aplicação da tinta deve ser aplicado um primário que por um lado garanta uma boa aderência da tinta ao suporte e por outro garante que não vai ocorrer descoloração por efeito de possíveis reacções alcalinas entre a tinta e o suporte.

O custo médio total inerente a esta solução é de 9,15€ em que 6,48€ são referentes ao custo da tinta enquanto que os custos associados à mão-de-obra, para uma equipa composta por pintores e serventes, são 2,67€.

Pode ser feita a aplicação da tinta com uma escova e rolo ou com o recurso a máquina de projecção sendo que em qualquer dos casos a aplicação deva ser feita em duas demão.

Devido aos seus constituintes este tipo de tintas apresenta uma elevada elasticidade.

2.3 Estruturas enterradas

Feita a análise às soluções de impermeabilização para coberturas e fachadas chega agora a vez das soluções existentes para estruturas enterradas. Englobam-se nas estruturas enterradas todo o paramento que está em contacto permanente com o solo fazendo a contenção deste, por exemplo, as paredes de caves e muros de contenção entre muitos outros. Importa referir que muitas vezes, inerente ao processo construtivo, surge a impossibilidade de se realizarem as impermeabilizações pelo exterior da estrutura sendo que esta é definitivamente a solução mais eficaz. Por outro lado, existem produtos que pelas suas propriedades e características não devem ser aplicados no interior de habitações por não resistirem a pressões que tanto podem ser positivas, de dentro para fora, ou negativas, de fora para dentro, originando o destacamento do sistema de impermeabilização do suporte.

Podem-se encontrar variadas soluções de impermeabilização para estes casos, são elas: as argamassas aditivadas, as emulsões betuminosas, as membranas de betume produzidos à base de diversos materiais como elastómeros ou plastómeros, as membranas líquidas, estas produzidas também à base de resinas ou de borracha butílica e por último as membranas de PVC.

2.3.1 Argamassas aditivadas

As argamassas apresentam na sua constituição cimentos, areias, resinas, sais activos e aditivos.

O uso de argamassas aditivadas em estruturas enterradas segue como principais recomendações, em relação ao estado do suporte onde vai ser aplicado, a necessidade de se encontrar firme e isento de materiais soltos. A superfície deve encontrar-se firme para que possa suportar a própria argamassa e o facto de se ter que encontrar limpa é para que entre a argamassa e o suporte não fiquem instalados resíduos que dificultem uma boa aderência entre os dois. Recomenda-se que a superfície esteja ligeiramente húmida para que esta não absorva a humidade da argamassa originando processos de retracção e conseqüente fendilhação.

No momento da aplicação não se devem registar temperaturas extremas, ou seja, durante o Inverno as temperaturas negativas podem originar uma camada de gelo na superfície do suporte impedindo que se estabeleça uma ligação efectiva entre a argamassa e o suporte, ou durante o Verão em que as temperaturas muito altas aceleram muito o processo de cura da camada de argamassa em contacto com o ar ou com o suporte causando uma cura desfasada da zona interior da camada de argamassa provocando a sua fissuração. Assim sendo a temperatura ideal, para a aplicação da argamassa, está situada entre os 0°C e os 35°C. Associado ao factor da temperatura surgem os ventos quentes e secos que ao incidirem na superfície também provocam a rápida secagem da camada superficial de argamassa com as mesmas conseqüências, a sua fendilhação.

A aplicação faz-se em duas camadas em que a primeira serve de regularização e a segunda é a de acabamento, com um tempo de espera entre camadas que deve ser o suficiente para que a camada inicial atinja uma consistência tal que lhe permita suportar a camada seguinte. O tempo de cura total é de quatro dias e durante este processo convém que a argamassa seja molhada regularmente, em intervalos de seis horas, para que o processo de cura seja próximo do óptimo.

A aplicação da argamassa aditivada é realizada por uma equipa constituída por pedreiros e serventes com um custo de 9,91€ por metro quadrado e a argamassa tem um custo médio de 6,52€ perfazendo um total de 15,92€.

Apesar de se poder incluir a fibra de vidro no seu interior de modo a aumentar a resistência mecânica a utilização de argamassas aditivadas para impermeabilizar suportes, que possam vir a fissurar ou que já se encontrem com fissuras consideráveis, é de todo desaconselhável, contudo, tendo em conta que as estruturas enterradas são na sua maioria de betão, este problema não se põe. A aplicação de argamassas aditivadas em estruturas enterradas faz-se especialmente em paredes de caves ou em superfícies à vista de muros de contenção.

2.3.2 Emulsão betuminosa

A emulsão betuminosa consiste numa dispersão de betume em água com a ajuda de agentes emulsionantes.

Para se proceder à aplicação de emulsões betuminosas em estruturas enterradas deve-se assegurar que a superfície de suporte se encontra seca, firme, regular, limpa e isenta de materiais soltos. De facto, é importante que a superfície se encontre seca para garantir boas condições de aderência entre a emulsão e o suporte, a sua firmeza e regularidade é aconselhada com o intuito de, por um lado, a superfície poder suportar a emulsão e, por outro, para se obter produto final o mais plano possível. A ausência de materiais no suporte, que não façam parte deste, serve para garantir uma ligação eficaz entre a emulsão e o suporte. No caso de a aplicação ser feita sob betão novo deve aguardar-se 28 dias para que o betão estabilize.

As condições atmosféricas ideais para a aplicação da emulsão betuminosa que são mencionadas nas fichas técnicas dizem respeito à temperatura ambiente, que deve estar entre os 10 °C e os 35 °C, e à exposição da estrutura ao sol e vento, que deve ser mínima de modo a evitar alterações significativas do processo de cura que possam provocar alterações das características da emulsão.

A aplicação tanto pode ser feita com trincha, rolo ou escova. Em qualquer dos casos são aplicadas duas camadas cruzadas com um intervalo de tempo de espera da primeira para a segunda de cerca de vinte e quatro horas.

Este tipo de solução apresenta um custo médio final de 2,83€ por metro quadrado sendo que 1,61€ é um valor médio para o custo da emulsão e os restantes 1,22€ referem-se à mão-de-obra de um espalhador de betuminoso.

Este tipo de solução não deve ser usado quando for necessária uma elevada elasticidade. A sua aplicação faz-se sobretudo em paramentos enterrados sempre pelo exterior.

2.3.3 Membrana betume

Como já foi mencionado existem algumas variantes dentro das membranas de betume relacionadas com o método de fabrico, tendo em conta essencialmente os materiais a partir dos quais se produz a membrana, são eles os elastómeros e os plastómeros.

2.3.3.1 Membrana de betume à base de elastómeros

Como já foi exposto as membranas de betume à base de elastómeros são membranas que têm na sua constituição um polímero SBS designado por Estireno-Butadieno Estireno.

Primariamente à aplicação da membrana deve tentar-se cumprir alguns requisitos necessários para o bom funcionamento do produto final. No que concerne ao estado do suporte, as membranas de betume à base de elastómeros, devem ser aplicadas quando este se encontrar seco, firme, plano, livre de materiais soltos, gorduras e pó. Efectivamente este tipo de membrana não consegue garantir boas condições de aderência ao suporte quando este apresenta teores de humidade, além de ser um produto impermeável ao vapor de água podendo isso causar uma degradação dos materiais do suporte, provocado pela longa exposição desses materiais à humidade. Por outro lado, é necessário que o suporte se encontre firme para que a sua resistência própria sirva para suportar a membrana após a sua aplicação. Por último, é de todo recomendável que se proceda à remoção de todos os vestígios de materiais descofrantes bem como todos os materiais que não façam parte do suporte, em primeiro lugar para evitar que a membrana perca as suas propriedades pelo contacto com óleos ou derivados e, em segundo lugar para que a área de contacto entre a membrana e a superfície seja máxima. A existência de cantos com arestas vivas pode também nestes casos revelar-se um problema, podendo causar danos na membrana como a sua perfuração.

A exigência destas membranas em termos das condições climatéricas que se devem fazer sentir na altura da sua aplicação são exclusivamente referentes à temperatura do ar que na altura da aplicação deve ser superior a 5°C. Este limite é imposto para que a membrana não seja aplicada sem estar nas suas melhores condições de maleabilidade e com uma capacidade resistente inferior à normal.

Antes de se proceder à aplicação da membrana propriamente dita, pinta-se toda a superfície com um primário de secagem rápido para garantir uma colagem efectiva da membrana ao suporte. Finda esta fase, procede-se à aplicação da membrana removendo-se a película de plástico que existe na face inferior e pressiona-se de imediato contra a superfície, a pressão deve ser feita homogeneamente por toda a superfície para evitar que certas zonas fiquem “desligadas” do suporte, recorre-se a um rolo de borracha para efectuar esta operação. As sobreposições são feitas de modo em todo semelhante à sua aplicação, aplica-se o primário entre as duas membranas e após a sua secagem pressiona-se a membrana superior uma vez mais com o rolo de borracha, com a preocupação de respeitar a largura mínima de sete centímetros as sobreposições atrás mencionadas são ainda coladas com fogo de maçarico e novamente pressionadas com rolo próprio. As membranas de betume à base de elastómeros não podem ser aplicadas com fogo de maçarico por ser altamente inflamável.

A nível económico esta solução tem um custo médio final de 10,45€ em que 8,01€ dizem respeito ao preço médio das membranas e os restantes 2,44€ são referentes aos custos de mão-de-obra de uma equipa formada por impermeabilizadores e espalhadores de betuminoso.

A capacidade de alongamento até à rotura, deste tipo de membrana, é da ordem dos 300% o que lhe permite resistir a solicitações provenientes de possíveis fissurações do suporte. A sua aplicação faz-se em paramentos em que seja possível colocar as membranas pelo exterior uma vez que se fossem colocadas no interior, as pressões negativas causadas pela humidade que atravessa o paramento iriam provocar o seu destacamento da superfície.

2.3.3.2 Membrana betume à base de plastómeros

Existe dentro desta gama de membranas duas variantes, as que na sua constituição apresentam resinas polipropilénicas com base em polipropileno atáctico (APP) e as que são constituídas por polímeros nobres. Contudo as duas apresentam características muito semelhantes, pelo que, não é feita nenhuma distinção entre elas.

O estado da superfície que vai servir de suporte deve ir de encontro às seguintes recomendações, para que a ligação que se estabelece entre a membrana e o suporte seja a melhor. O suporte deve encontrar-se seco, firme, regular, limpo e isento de materiais soltos. A ausência de humidade no suporte é necessária para que a ligação entre a membrana e o suporte seja a melhor possível. O facto de o suporte ter que ser firme está relacionado com a resistência que este precisa de ter para poder suportar a membrana. A sua regularidade é importante para que o resultado final seja uma membrana única, perfeitamente regular e nivelada, sem deformações, que com o passar do tempo se podem agravar comprometendo a eficiência da impermeabilização. A remoção dos materiais soltos que possam existir sob a superfície deve ser feita para que a área de contacto entre a superfície e a membrana seja a maior possível aumentando as forças de ligação.

Não é feita qualquer menção às condições climatéricas ideais para a sua correcta aplicação, pelo que, se depreende que esta possa ser sempre realizada, excepto nos casos em que se verifiquem temperaturas extremas que possam alterar as propriedades da membrana. Por outro lado, e associado ao facto de se dever aplicar a membrana sob uma superfície seca é necessário que não ocorra precipitação nos momentos antecedentes e durante o processo de aplicação.

Numa fase anterior à sua aplicação deve ser colocado em todo o suporte, um primário betuminoso para que as forças de ligação entre a superfície e a membrana sejam fortalecidas. Posteriormente procede-se ao aquecimento da membrana, com o auxílio do maçarico, à medida que se vai procedendo à sua colagem, as sobreposições devem ter uma largura mínima de dez centímetros e são também elas coladas com o recurso ao maçarico.

Os custo médio final desta solução é de 8,82€ em que 6,38€ são referentes ao preço médio da membrana por metro quadrado e os restantes 2,44€ dizem respeito aos custos de mão-de-obra de uma equipa constituída por impermeabilizadores e espalhadores de betume.

A capacidade de alongamento até à rotura é de 50% e a sua utilização à imagem da membrana anterior é recomendada para situações em que esta seja aplicada pelo exterior.

2.3.4 Membrana líquida

Surgem agora as membranas líquidas, sendo estas à primeira vista muito parecidas com emulsões betuminosas, apresentam muitas a mesma cor e consistência mas após uma análise mais minuciosa pode-se constatar que existem de facto algumas diferenças. No caso particular de estruturas enterradas existem dois tipos de membranas líquidas que podem ser usadas, são elas as membranas líquidas à base de borracha butílica e as membranas líquidas à base de resinas. Este tipo de solução é aplicado pelo exterior das estruturas.

2.3.4.1 Membrana líquida à base de borracha butílica

As membranas líquidas são compostos produzidos à base de borracha butílica carregada que na sua constituição não contém alcatrão nem produtos betuminosos.

Uma das grandes vantagens desta membrana é o vasto tipo de materiais onde pode ser aplicado, desde os materiais produzidos à base de cimento, como é o caso do betão, passando pelos fibrocimentos e argamassas, suportes de madeira e por fim os metais. No campo oposto, ou seja, os materiais com que esta membrana não pode entrar em contacto, encontram-se os produtos betuminosos e o alcatrão. Sendo assim, para cada tipo de suporte existem algumas exigências a ser cumpridas, desde logo no que se refere às bases cimentícias, estas têm que se encontrar secas, firmes, regulares, limpas e isentas de materiais. De facto para se garantir que a membrana vai cumprir o seu objectivo tem que se garantir que a ligação entre a membrana e o suporte é eficaz, daí que seja de todo necessário garantir que o suporte não se encontra sujo, com materiais soltos na sua superfície. A imposição que se faz quanto à total ausência de água no suporte é totalmente necessária, uma vez que, no caso de se verificar a existência desta, a ligação entre a membrana e o suporte não se faz a cem por cento, por outro lado, quando ocorre-se a libertação, por parte do suporte de humidade, esta podia criar bolsas de ar entre a membrana e o suporte, ou ainda obrigar o suporte a estar em constante contacto com a humidade causando a sua degradação. No que se refere à sua aplicação sobre madeiras a principal preocupação deve estar

uma vez mais relacionada com a humidade existente nestas, para evitar que suceda o mesmo que no caso das bases cimentícias. Por último, em relação às bases de ferro, tem que se ter o cuidado de remover todas as impurezas existentes na superfície, que são na maioria ferrugem ou então antigas pinturas. A remoção destes materiais, no ferro, pode ser feita com o auxílio de uma escova de aço.

Para se garantir que a aplicação é feita sobre superfícies secas, nas horas anteriores à aplicação não pode estar a chover e no caso de esta começar a ocorrer durante a aplicação, devem suspender-se todos os trabalhos. Em dias com temperaturas muito extremas (muito altas ou muito baixas) também não é aconselhável a sua aplicação, porque estas podem alterar as características mecânicas da membrana.

No que se refere à sua aplicação esta pode ser feita com trincha ou rolo de lã e deve ser feita em duas camadas cruzadas. Tem que ser respeitado um tempo de espera entre as duas camadas de pelo menos vinte e quatro horas para garantir que a primeira demão já se encontra seca e não é danificada pela segunda aplicação. Entre as duas camadas, logo após a aplicação da primeira demão, pode ser colocada uma fibra de vidro que vai conferir à membrana uma resistência mecânica adicional. O tempo de cura total das duas camadas é de um dia.

Economicamente é uma solução que apresenta um custo médio final de 5,32€ sendo que 2,65€ se referem ao custo da membrana por metro quadrado e os restantes 2,67€ são referentes aos custos da mão-de-obra.

A resistência ao alongamento até à rotura é praticamente nula.

2.3.4.2 Membrana líquida à base de resinas

A membrana líquida à base de resinas é um produto de duas componentes à base de resinas epoxídicas e endurecedores em dispersão aquosa, combinados com monómeros derivados do carvão fóssil.

Este produto deve ser aplicado sobre superfícies que se encontrem em perfeitas condições assegurando desse modo uma ligação eficaz entre o suporte e a membrana. Mais concretamente a superfície deve encontrar-se seca, firme, regular, limpa e isenta de materiais soltos. A imposição destas condicionantes faz com que o resultado final, caso estas sejam cumpridas, seja o melhor, o mesmo é dizer que a superfície tem condições para suportar a membrana. Se estiver seca permite que a ligação entre os dois seja a melhor, ao encontrar-se firme faz com que possa absorver todas as tensões que a membrana lhe transmita, a ser regular implica que a membrana à partida também o vai ser: estar limpa e isenta de materiais vai também ajudar a melhorar a ligação ao suporte.

Na altura da aplicação a temperatura ambiente deve estar entre os 8°C e os 40°C de modo a garantir que a membrana líquida não sofra alterações das suas propriedades. A humidade relativa do ar e do suporte não deve ser superior a 60%.

A aplicação da membrana líquida à base de resinas pode ser realizada manualmente com rolo de pêlo ou trincha ou então mecanicamente com pistola de projecção. Apresenta um “pot-life” de 90 a 120 minutos e deve ser aplicada em duas demão com um intervalo de tempo entre elas de pelo menos seis horas. O endurecimento total verifica-se ao fim de 7 dias podendo este valor aumentar ligeiramente dependendo das condições atmosféricas.

Os custos médios finais da membrana são de 8,55€, onde 5,88€ correspondem ao preço médio da membrana por metro quadrado e 2,67€ são custos associados à sua aplicação, considerou-se que a aplicação é realizada por uma equipa constituída por pintores e serventes.

Não apresenta uma elevada capacidade de alongamento.

2.3.5 Membrana PVC

As membranas de PVC são produtos fabricados a partir de resinas de PVC plastificado.

Antes de se proceder à aplicação da membrana de PVC deve ser feito um controlo do estado em que a superfície que vai servir de suporte se encontra. Assim sendo, deve assegurar-se que esta se encontra ligeiramente húmida ou mesmo seca, firme, regular, limpa e isenta de materiais soltos. No caso de o suporte se encontrar com teores de humidade muito elevados estes vão ter influência directa na capacidade de ligação da membrana ao suporte. O suporte deve estar suficientemente firme para que possa absorver as tensões residuais existentes na membrana causadas pela sua aplicação, a regularidade do suporte é necessária para que a própria membrana depois de aplicada se encontre completamente plana, sob o risco de nos locais onde essa regularidade não se verificar poderem vir a ser locais de rotura. A limpeza vem anexada à ausência de materiais soltos e é necessária para que a área de contacto entre a membrana e o suporte seja a maior possível, por outro lado a possível existência de materiais entre a tela e o suporte podem causar o rasgamento da membrana. Além de todos estes factores mencionados a utilização da membrana de PVC está limitada à existência, na superfície, de produtos betuminosos, alcatrão, óleos, produtos com solventes e materiais plásticos, devem por isso ser tomadas medidas de prevenção, por exemplo na execução de paredes de contenção o uso de descofrantes fica condicionado.

A aplicação destas membranas faz-se preferencialmente com a temperatura do ar entre os 5°C e os 35°C sob o risco de no caso de se efectuar a aplicação fora deste intervalo o resultado final não cumpra o objectivo para que foi pensado.

O modo de funcionamento da membrana tanto pode ser em sistema flutuante com fixação mecânica na periferia ou em sistema flutuante lastrado em que se vai aquecendo a membrana até à liquidação da zona superficial da membrana pressionando-a, de seguida, contra o suporte. Em ambos os casos as sobreposições são soldadas com ar quente e rolo de pressão e devem ter uma largura mínima de sete centímetros.

A aplicação da membrana de PVC apresenta um custo total de 10,87€ sendo que 8,65€ é o preço, por metro quadrado, da membrana e os restantes 2,22€ dizem respeito à sua aplicação. Estes valores foram obtidos junto de empresas que comercializam e procedem à aplicação de membranas de PVC.

A resistência ao alongamento desta membrana está situada em valores que rondam os 300%.

2.4 Reservatórios

Uma vez analisados os principais constituintes de uma habitação chega agora a vez de se analisarem as soluções, existentes no mercado, para se proceder à impermeabilização de reservatórios de água. Importa definir o que se considera um reservatório. Assim sendo considera-se como reservatório de água todas as estruturas, construídas pelo homem, com o objectivo de reservar líquidos no seu interior. Desde logo se constata que para este tipo de construção vão ser necessários cuidados especiais uma vez que se encontram em permanente contacto com água. Por outro lado existe a necessidade de reservar diversos tipos líquidos, que vão desde a água potável para consumo, assim como água não potável que pode ser usada por exemplo para rega, águas residuais em estações de tratamento de água e ainda produtos agressivos sendo exemplo destes os ácidos ou produtos derivados do petróleo.

Têm-se assim vários produtos impermeabilizantes de reservatórios que no geral dependem do tipo de produto existente no reservatório. Enumeram-se uma vez mais por ordem alfabeticamente surgindo em primeiro lugar as argamassas aditivadas, seguidas de emulsões betuminosas, membranas de betume à base de elastómeros ou plastómeros, membranas líquidas à base de borracha butílica, membranas de poliureia e por último membranas de PVC.

Importa realçar que nos casos particulares dos reservatórios a possível fendilhação do suporte e/ou da impermeabilização pode comprometer o correcto funcionamento do reservatório sendo por isso mesmo um factor de extrema importância.

2.4.1 Argamassas aditivadas

As argamassas utilizadas para impermeabilizar reservatórios são em tudo semelhantes às já referidas anteriormente pelo que apresentam uma composição muito parecida como o cimento, as areias e com a possibilidade de ser introduzido uma dispersão aquosa de estireno acrilato.

A superfície que vai servir de suporte à impermeabilização, que nestes casos em concreto corresponde a toda a zona interior do reservatório, deve encontrar-se sem qualquer tipo de leitadas originadas pela betonagem e ainda sem vestígios de descofrantes. O betão deve estar completamente estabilizado e nos momentos que antecederem a aplicação da argamassa deve ser humedecido para que se possa garantir uma boa ligação entre a argamassa e a superfície de suporte. Nos casos em que este processo for ignorado corre-se o risco de o betão absorver humidade existente na argamassa originando a ocorrência de fendas na mesma, que como é evidente põem em causa a qualidade do resultado final.

A temperatura ideal para a sua aplicação está entre os 5°C e os 30°C o que é de todo compreensível uma vez que para temperaturas superiores se vão ter processos de cura acelerados e, no caso oposto, de temperaturas baixas o processo de cura vai ser mais demorado. Qualquer um destes casos vai ter implicações no desempenho da argamassa em serviço podendo ser a causa para o surgimento de fendilhação nas argamassas.

Quando se proceder à aplicação da argamassa aditivada pode usar-se trincha ou talocha dentada, caso a aplicação seja realizada manualmente, ou então recorre-se a equipamento de projecção, no caso de a aplicação ser feita mecanicamente. Em ambos os casos a aplicação é feita em duas camadas cruzadas, em que a segunda camada só é aplicada após a primeira ter ganho resistência e firmeza, prevendo-se que isso ocorra em condições ideais passadas quatro horas. O reservatório encontra-se pronto para entrar em serviço passados catorze dias da aplicação da segunda camada.

Por se tratar de uma argamassa apresenta valores de resistência ao alongamento praticamente nulos, não sendo aconselhável a sua aplicação sob suportes que à partida possam vir a fissurar. Contudo este risco pode ser minorado caso se introduza uma armadura entre as duas camadas. Apresenta ainda uma boa capacidade de resistência tanto a pressões positivas como negativas o que nos casos de os reservatórios serem subterrâneos pode vir a revelar-se muito importante.

Os custos associados à aplicação desta argamassa aditivada perfazem um total de 18,37€ em que 8,45€ são referentes ao custo médio da argamassa por metro quadrado e os restantes 9,91€ estão associados à mão-de-obra para uma equipa constituída por pedreiros e serventes.

As argamassas aditivadas que foram objecto de estudo podem ser aplicadas tanto em reservatórios de água potável como em reservatórios de água não potável.

2.4.2 Emulsão betuminosa

Tal como as emulsões betuminosas anteriormente mencionadas também esta consiste numa dispersão de betume em água com a ajuda de agentes emulsionantes.

Nos casos de aplicação de emulsões betuminosas em reservatórios, estas devem apresentar-se isentas de materiais soltos, poeiras, resíduos de gorduras ou anti-aderentes. Esta recomendação é feita para prevenir que a ligação entre a emulsão e o suporte seja o mais possível, por outro lado serve também para prevenir possíveis danos, na emulsão, provocados pela existência de gorduras ou anti-aderentes usados por exemplo como descofrantes. Os teores de humidade presente no suporte não precisam de ser nulos, ou seja, a superfície pode encontrar-se ligeiramente húmida aquando da aplicação, tendo-se nesses casos a garantia de que o resultado final não vai ser prejudicado aconselhando-se até, nos casos em que as zonas se encontram expostas à radiação solar ou com temperaturas muito elevadas, que se molhe ligeiramente o suporte.

Não é feita, nas fichas técnicas destes produtos, qualquer menção às condições atmosféricas ideais para a sua aplicação contudo pode-se depreender, pelo que já foi mencionado anteriormente, que em caso de temperaturas extremas se devem ter cuidados especiais ou até mesmo não se proceder à sua aplicação. As temperaturas muito altas ou baixas podem ainda alterar as propriedades da emulsão tornando-a mais difícil de aplicar, por exemplo em situações muito altas que podem tornar a emulsão muito “mole” ou então nos casos de temperaturas baixas que façam com que a emulsão fique mais “rija”.

Relativamente à sua aplicação esta tanto pode ser realizada com trincha ou com rolo tendo o cuidado em ambos os casos de se aplicar em pelo menos três demão, sendo que a primeira deve ser com a emulsão diluída em água para garantir uma boa aderência das camadas seguintes ao suporte. A espessura mínima final deve ser no máximo de um milímetro sendo por isso muito importante que se faça um controlo após cada aplicação da espessura do produto. O tempo de secagem total é relativamente rápido e é de cerca de vinte e quatro horas variando este valor consoante a temperatura do ar e a humidade relativa do ar.

No que se refere aos custos desta solução eles têm um valor de 2,83€ em que 1,61€ são referentes ao custo médio da emulsão por metro quadrado e os restantes 1,22€ estão associados à mão-de-obra de uma equipa formada por espalhadores de betuminosos.

Não devem ser utilizados em suportes que possam vir a fissurar uma vez que apresentam uma baixa capacidade de alongamento. As emulsões betuminosas não devem ser utilizadas em reservatórios de água potável devido aos seus constituintes nem em reservatórios de produtos agressivos, sobram então os reservatórios de água não potável para a sua aplicação.

2.4.3 Membrana betume

Podem ser encontrados no mercado duas variantes das membranas de betume usadas em impermeabilização de reservatórios, são elas as membranas de betume à base de elastómeros e as membranas de betume à base de plastómeros.

2.4.3.1 Membrana de betume à base de elastómeros

O que distingue esta membrana das restantes é o facto de ter na sua composição um polímero SBS designado por Estireno-Butadieno Estireno.

No que concerne ao estado do suporte, as membranas de betume à base de elastómeros, devem ser aplicadas quando este se encontrar seco, firme, plano, livre de materiais soltos, gorduras, pó. Efectivamente este tipo de membrana não consegue garantir boas condições de aderência ao suporte quando este tiver teores de humidade relativamente altos além de que é um produto impermeável ao vapor de água podendo isso causar uma degradação dos materiais do suporte. Por outro lado é necessário que o suporte se encontre firme para que a sua resistência própria sirva para suportar a membrana após a sua aplicação. Por último é de todo recomendável que se proceda à remoção de todos os vestígios de materiais descofrantes bem como de todos os materiais que não façam parte do suporte, em primeiro lugar para evitar que a membrana perca as suas propriedades pelo contacto com óleos ou derivados e, em segundo lugar, para que a área de contacto entre a membrana e a superfície seja máxima. A existência de cantos com arestas vivas pode também nestes casos revelar-se um problema, podendo causar danos na membrana como a sua perfuração.

A exigência destas membranas em termos das condições climatéricas que devem existir aquando da sua aplicação, são no contexto nacional praticamente insignificantes. Impõe-se que na altura da aplicação temperatura do ar seja superior a 5°C, ora em Portugal este tipo de temperaturas ocorre em geral durante um período de tempo relativamente curto e só em certas regiões mais interiores.

Antes de se proceder à aplicação da membrana propriamente dita, pinta-se toda a superfície com um primário de secagem rápido para garantir uma colagem efectiva da membrana ao suporte. Finda esta fase procede-se à aplicação da membrana removendo-se a película plástico que existe na face inferior e pressiona-se de imediato contra a superfície, a pressão pode ser feita com o auxílio de um rolo de borracha e tem que ser feita homogeneamente por toda a superfície para evitar que fiquem zonas com bolsas de ar. As sobreposições são feitas de modo em todo semelhante à sua aplicação, aplica-se o primário entre as duas membranas e após a sua secagem

pressiona-se a membrana superior uma vez mais com o rolo de borracha, com a preocupação de respeitar a largura mínima de sete centímetros. As membranas de betume à base de elastómeros não podem ser aplicadas com fogo de maçarico por ser altamente inflamável.

Esta membrana têm um custo médio por metro quadrado de 11,47€ em que 9,03€ são relativos ao custo médio da membrana, os restantes 2,44€ estão associados à mão-de-obra de uma equipa de trabalhadores formada por impermeabilizadores e espalhadores de betuminoso.

A capacidade de alongamento até à rotura, deste tipo de membrana, é da ordem dos 300% o que lhe permite resistir a solicitações provenientes de possíveis fissurações do suporte. A sua aplicação faz-se exclusivamente em reservatórios de água não potável pela sua incapacidade de contacto com águas agressivas e potáveis.

2.4.3.2 Membrana betume à base de plastómeros

Em relação às membranas de betume à base de plastómeros podem encontrar-se na sua constituição resinas polipropilénicas com base em polipropileno atáctico (APP) ou noutros casos com base em polímeros nobres.

O estado em que a superfície que vai servir de suporte a esta solução de impermeabilização é o mesmo que o anterior, isto é, a superfície deve encontrar-se seca, firme, regular, limpa e isenta de materiais soltos. As implicações no produto final, caso não se verifiquem estas condições, podem ser muito nefastas. Assim sendo a superfície deve encontrar-se completamente seca de modo a que a ligação entre a membrana e o suporte seja a melhor e, por outro lado, por se tratar de uma membrana impermeável ao vapor de água vai obrigar muitas vezes a que a humidade existente no suporte lá permaneça com a consequente deterioração dos materiais constituintes do suporte. É necessário que a superfície se encontre firme para que possa suportar todas as tensões resultantes da aplicação da membrana. A sua regularidade é importante para que o resultado final seja uma membrana única perfeitamente regular e nivelada sem deformações que, com o passar do tempo, se podem agravar comprometendo a eficiência da impermeabilização. Uma vez mais a ausência de materiais soltos está relacionada com a eficiência da ligação membrana – suporte, que é tanto maior quanto menos materiais existirem entre a membrana e o suporte.

O manuseamento da membrana não exige qualquer tipo de cuidados especiais em relação às condições climáticas existentes, pelo que pode ser aplicada em qualquer situação, desde que estas não alterem as características do material, por exemplo a sua maleabilidade.

Numa fase inicial da aplicação da membrana deve espalhar por toda a superfície um primário betuminoso que aumente a forças de ligação entre a membrana e o suporte. De seguida a aplicação é feita com fogo de maçarico em toda a membrana e respectiva colagem ao suporte,

além disso as sobreposições devem ter uma largura mínima de dez centímetros, sendo também estas coladas com o auxílio do maçarico.

Economicamente o custo desta solução é de 9,90€ por metro quadrado em que 7,46€ estão associados ao preço médio da membrana e os restantes 2,44€ são referentes à equipa de trabalhadores composta por impermeabilizadores e espalhadores de betume.

A principal diferença para a membrana anterior reside precisamente na sua capacidade de alongamento até à rotura que se situa nos 50%. A sua aplicação faz-se unicamente em reservatórios de água não potável.

2.4.4 Membrana líquida à base de borracha butílica

As membranas líquidas à base de borracha butílica carregada na sua constituição não contêm alcatrão nem produtos betuminosos, sendo apenas constituídos como o próprio nome indica por uma dispersão de borracha butílica.

Este produto apresenta uma gama muito larga de suportes onde pode ser aplicado, começando em todos os materiais feitos à base de cimento como o betão, o fibrocimento e as argamassas, passando pelas madeiras e acabando nos metais. A membrana líquida à base de borracha butílica não contém, na sua constituição, alcatrão nem produtos betuminosos e, de certo modo, associado a este factor surge a impossibilidade de aplicar esta membrana em contacto com betuminosos. Assim sendo, e para cada tipo de suporte existem algumas exigências a ser cumpridas, desde logo no que se refere às bases cimentícias, estas têm que se encontrar secas, firmes, regulares, limpas e isentas de materiais. De facto para se otimizar o objectivo da membrana tem que se garantir que a ligação entre a membrana e o suporte é eficaz, daí que seja de todo necessário garantir que o suporte não se encontra sujo, não tem materiais soltos na sua superfície, como por exemplo grãos de areia. A imposição que se faz em relação à inexistência de água no suporte é totalmente necessária, uma vez que, no caso de se verificar a existência desta, a ligação entre a membrana e o suporte não se faz a cem por cento e por outro lado, quando ocorre-se a libertação, por parte do suporte, da humidade esta podia criar bolsas de ar entre a membrana e o suporte, ou noutro caso obrigar os materiais a estar em constante contacto com a humidade causando a sua degradação. No que se refere à sua aplicação sobre madeiras a principal preocupação deve estar uma vez mais relacionada com a humidade existente nestas, para evitar que suceda o mesmo que no caso das bases cimentícias. Por último, em relação às bases de ferro, tem que se ter o cuidado de remover todas as impurezas existentes na superfície, que são na maioria ferrugem ou então antigas pinturas. A remoção destes materiais, no ferro, pode ser feita com o auxílio de uma escova de aço.

Para se garantir que a aplicação é feita sobre superfícies secas, na altura da aplicação não pode estar a chover e no caso de esta começar a ocorrer durante a aplicação, devem suspender-se todos os trabalhos. Em dias com temperaturas muito extremas, muito altas ou muito baixas, também não é aconselhável a sua aplicação, porque estas podem alterar as características mecânicas da membrana.

No que se refere à sua aplicação esta pode ser feita com trincha ou rolo de lã e deve ser feita em duas camadas cruzadas. Tem que ser respeitado um tempo de espera entre as duas camadas de pelo menos vinte e quatro horas para garantir que a primeira demão já se encontra seca e não é danificada pela segunda aplicação. Entre as duas camadas e quando esta estiver aplicada sobre juntas e fissuras deve ser aplicada uma fibra de vidro que vai auferir à membrana uma resistência mecânica adicional. O tempo de cura total das duas camadas é de um dia.

Os custos associados a esta solução são de 2,65€ por metro quadrado para o preço médio da membrana, enquanto que os custos de mão-de-obra referentes a uma equipa composta por pintores e serventes são de 2,67€ perfazendo um total de 5,32€.

A resistência ao alongamento até à rotura é praticamente nula. Pode proceder-se à sua aplicação em reservatórios de água não potável, não sendo esta solução viável para as restantes soluções.

2.4.5 Membrana de poliureias

A membrana de poliureias é uma membrana que apresenta dois componentes, um que é, como o próprio nome indica, poliureias e um outro que é o poliuretano. Esta membrana está isenta de solventes.

Para se proceder à aplicação da membrana de poliureia devem ser verificadas algumas condições relativamente ao estado em que a superfície, que vai servir de suporte, se deve encontrar. Assim sendo, esta tem que se encontrar no estado sólido com uma capacidade de resistir a esforços de tracção da ordem dos 25 N/mm². É recomendável que esta se encontre o mais regular possível para que se possa ter um controlo efectivo da espessura final da membrana. A ausência de humidade no suporte é outra exigência feita para garantir uma boa ligação entre a membrana e o suporte e prevenir a degradação dos materiais, constituintes da superfície, por contacto constante com água. Por outro lado, quanto mais áspera for a superfície maior vai ser a aderência entre os dois, pelo que se recomenda que o suporte seja ligeiramente áspero. Também pode ser realizada a sua aplicação sobre suportes de aço estando associado a esta aplicação a total remoção de óleos e gorduras sob o risco de estes limitarem a ligação membrana – suporte.

Ao se efectuar a aplicação deste tipo de membrana deve-se assegurar que a temperatura atmosférica não é inferior a 8°C e superior a 40°C sob o risco de as propriedades da membrana

serem alterados. Associado à temperatura surge ainda a humidade relativa do ar que não pode ser superior a 85%.

O método de aplicação deste tipo de membranas é algo complexo e deve ser realizado por pessoal altamente especializado. A aplicação é feita com o uso de equipamentos de projecção multi-componentes. A mistura é feita no próprio aparelho de projecção a temperaturas altas entre os 30°C e os 50°C e convém verificar regularmente o doseamento de cada um dos componentes. Após a projecção dos componentes estes começam a formar um gel, a esta fase chama-se processo de gelificação e inicia-se passado um minuto da sua aplicação, apresentado resistência à chuva passados quarenta e cinco minutos, sendo transitável ao fim de duas horas e pode entrar em contacto com produtos químicos ao fim de vinte e quatro horas. Estes valores temporais estão associados a condições de cura ideais registando algumas pequenas variações nos restantes casos.

O custo total da membrana de poliureias é de 25,48€ em que 22,81€ diz respeito ao preço médio por metro quadrado da membrana e os restantes 2,67€ surgem associados aos custos de mão-de-obra referentes a uma equipa de trabalhadores composta por pintores e serventes.

Tem uma resistência de alongamento até à rotura de 70%. A sua aplicação é muito ampla e vai desde reservatórios de águas residuais como digestores de ETAR, fossas, até reservatórios de combustíveis e alguns ácidos desde que diluídos.

2.4.6 Membrana PVC

As membranas de PVC apresentam na sua constituição resinas de PVC plastificado.

No momento da aplicação da membrana de PVC deve ser assegurado que a superfície, que vai servir de suporte se encontra seca ou ligeiramente húmida, firme, regular, limpa e isenta de materiais soltos. Como se pode constatar para esta membrana não é necessário que o suporte se encontre completamente seco, podendo existir alguma humidade no suporte, com a garantia de que esta não vai afectar a ligação da membrana ao suporte. É necessário que a superfície já se encontre firme para que possa suportar a própria membrana, a sua regularidade também é aconselhada, de modo, a obter-se uma tela perfeitamente plana evitando que nas zonas onde essa regularidade pudesse não ser cumprida se originem possíveis pontos de rotura. O facto de ser aconselhada a sua limpeza e a remoção dos materiais soltos está directamente relacionado com o aumento da força de ligação entre a membrana e o suporte. Por outro lado a sua utilização é limitada à existência, com conseqüente contacto, de alguns produtos como os betumes, o alcatrão, os óleos, os produtos com solventes e ainda alguns materiais plásticos, uma vez que, todos eles reagem em contacto com o PVC provocando a sua destruição.

A aplicação destas membranas faz-se preferencialmente com a temperatura do ar entre os 5°C e os 35°C sob o risco de no caso de se efectuar a aplicação fora deste intervalo o resultado final não cumpra o objectivo principal que é a impermeabilização total do reservatório.

O modo de funcionamento da membrana tanto pode ser em sistema flutuante com fixação mecânica na periferia ou em sistema flutuante lastrado. Em ambos os casos as sobreposições são soldadas com ar quente e rolo de pressão.

A aplicação da membrana de PVC apresenta um custo total de 10,87€ sendo que 8,65€ é o preço, por metro quadrado, da membrana e os restantes 2,22€ dizem respeito à sua aplicação. estes valores foram obtidos junto de empresas que comercializam e procedem à aplicação de membranas de PVC.

No que à capacidade de alongamento até à rotura diz respeito esta membrana apresenta uma capacidade da ordem dos 300%. A sua utilização está confinada a reservatórios de água não potável.

2.5 Pavimentos asfálticos

Passa-se agora à análise das soluções de impermeabilizações existentes para aplicação em pavimentos asfálticos. É importante nesta fase mencionar que se considera como pavimentos asfálticos todas as construções que têm como finalidade a livre circulação de veículos à sua superfície e em que o acabamento é realizado em asfalto. Englobam-se assim todos os pisos que sirvam de estacionamento, quer se encontrem no interior de um edifício quer no topo do mesmo. Existem para estes casos soluções próprias como é o caso da membrana de betume plastómero, da membrana líquida à base de resinas e ainda a membrana líquida de poliuretano.

2.5.1 Membrana betume à base de plastómeros

As membranas de betume à base de plastómeros podem apresentar na sua constituição resinas polipropilénicas com base em polipropileno atáctico (APP) ou então com base em polímeros nobres.

O estado em que a superfície que vai servir de suporte se deve encontrar é em todo semelhante a muitas das soluções já descritas. Assim sendo a superfície deve encontrar-se seca, firme, regular, limpa e isenta de materiais soltos. As implicações no produto final, caso não se verifiquem estas condições, podem ser muito negativas. A ausência de humidade no suporte é necessária para que

a ligação entre a membrana e o suporte seja a melhor possível. O facto de o suporte ter que ser firme está relacionado com a resistência que este precisa de ter para poder suportar a membrana. A sua regularidade é importante para que o resultado final seja uma membrana única perfeitamente regular e nivelada sem deformações que com o passar do tempo se podem agravar comprometendo a eficiência da impermeabilização. A remoção dos materiais soltos que possam existir sob a superfície deve ser feita para que a área de contacto entre a superfície e a membrana seja a maior possível aumentando as forças de ligação.

Na ficha técnica deste produto não é feita qualquer menção em relação às condições climatéricas que se devem verificar para a sua correcta aplicação pelo que se depreende que esta possa ser realizada excepto nos casos em que se verifiquem temperaturas extremas que possam alterar as propriedades da membrana. Por outro lado e associado ao facto de se dever aplicar a membrana sob uma superfície seca é necessário que não ocorra precipitação nos momentos antecedentes e durante a aplicação.

Numa fase anterior à sua aplicação deve ser colocado em todo o suporte, um primário betuminoso para que as forças de ligação entre a superfície e a membrana sejam fortalecidas. Posteriormente procede-se ao aquecimento da membrana, com o auxílio do maçarico, à medida que se vai procedendo à sua colagem, as sobreposições devem ter uma largura mínima de dez centímetros e são também elas coladas com o recurso ao maçarico.

Os custos médios totais, associados a esta solução, são de 9,90€ em que 7,46€ dizem respeito ao custo médio da membrana por metro quadrado e os restantes 2,44€ são referentes aos custos da mão-de-obra, para uma equipa de trabalhadores constituída por impermeabilizadores e espalhadores de betume.

A capacidade de alongamento até à rotura é de 50%.

2.5.2 Membrana líquida

Como já foi referido anteriormente existem dois tipos de membranas líquidas no mercado que são possíveis de aplicar quando se está a proceder à impermeabilização de pavimentos asfálticos e são eles: membrana líquida á base de resinas, membrana líquida de poliuretano. Podem-se perceber as diferenças entre elas e as restantes soluções após uma análise dos seus constituintes e dos seus atributos. De seguida descreve-se cada uma das soluções.

2.5.2.1 Membrana líquida à base de resinas

A membrana líquida à base de resinas é um produto de duas componentes à base de resinas epoxídicas e endurecedores em dispersão aquosa, combinados com monómeros derivados do carvão fóssil.

Este produto deve ser aplicado sobre superfícies que se encontrem em perfeitas condições assegurando desse modo uma ligação eficaz entre o suporte e a membrana. Mais concretamente a superfície deve encontrar-se seca, firme, regular, limpa e isenta de materiais soltos. A imposição destas condicionantes faz com que o resultado final, caso estas sejam cumpridas, seja o melhor, o mesmo é dizer que a superfície tem condições para suportar a membrana. Se estiver seca permite que a ligação entre os dois seja a melhor, ao encontrar-se firme faz com que possa absorver todas as tensões que a membrana lhe transmita, a ser regular implica que a membrana à partida também o vai ser: estar limpa e isenta de materiais vai também ajudar a melhorar a ligação ao suporte.

Na altura da aplicação a temperatura ambiente deve estar entre os 8°C e os 40°C de modo a garantir que a membrana líquida não sofra alterações das suas propriedades. A humidade relativa do ar e do suporte não deve ser superior a 60%.

A aplicação da membrana líquida à base de resinas pode ser realizada manualmente com rolo de pêlo ou trincha ou então mecanicamente com pistola de projecção. Apresenta um “pot-life” de 90 a 120 minutos e deve ser aplicada em duas demão com um intervalo de tempo entre elas de pelo menos seis horas. O endurecimento total verifica-se ao fim de 7 dias podendo este valor aumentar ligeiramente dependendo das condições atmosféricas.

Os custos médios finais da membrana são de 8,55€, onde 5,88€ correspondem ao preço médio da membrana por metro quadrado e 2,67€ são custos associados à sua aplicação, considerou-se que a aplicação é realizada por uma equipa constituída por pintores e serventes.

A capacidade de alongamento até à rotura desta membrana líquida é praticamente nula devendo por isso ser aplicada sob suportes que não possam fissurar.

2.5.2.2 Membrana líquida de poliuretano

A membrana líquida à base de poliuretano é feita a partir de uma combinação de poliuretano.

As condições ideais passam por se ter uma superfície sólida com uma resistência à compressão mínima de 25 N/mm² bem como uma resistência à tracção superficial mínima de 1,5 N/mm². A

superfície deve ainda encontrar-se completamente seca para garantir, uma vez mais, que a ligação entre a membrana e o suporte é a melhor, evitando zonas onde a ligação não se efectue e ainda futuros destacamentos da membrana do suporte por libertação de humidade por parte do suporte. Para garantir que a ligação é bem-feita, deve ainda ser verificada a existência, e em caso afirmativo a sua remoção, de contaminações de óleos e gorduras. Nos casos em que a aplicação seja realizada em betões novos é aconselhável a utilização de um primário que impeça a ascensão das humidades provenientes da cura do betão ou de qualquer outra origem.

No que se refere às condições atmosféricas estas limitam os valores da temperatura a um intervalo que vai dos 8°C aos 40°C e a humidade relativa a um valor máximo de 85%. Esta condição faz com que, por exemplo na zona interior norte de Portugal, a sua aplicação seja muito limitada durante o período de Inverno em que as temperaturas são muitas vezes negativas.

Numa primeira fase da aplicação espalha-se por toda a superfície um primário à base de resinas que tem que ser esfregado para evitar a formação de poros, seguida de ligeiro espalhamento de areia de quartzo. A aplicação deste tipo de membranas é relativamente complexa e passa pelo uso de uma máquina de projecção a dois componentes. O produto é fornecido em dois componentes e a sua mistura é feita no próprio equipamento á medida que vai sendo projectada, a uma temperatura entre os 30°C e os 50°C e seu o doseamento tem que ser rigorosamente controlado em intervalos de tempo pré-determinados. São aplicadas duas camadas com um promotor de aderência entre elas e o tempo de espera máximo entre camadas é de duas horas pelo que é aconselhável aplicar-se a segunda camada o mais rapidamente possível. A formação de gel inicia-se passados 25 segundos e ao fim de cinco minutos já apresenta resistência à chuva. No final deve ter-se uma espessura mínima de dois milímetros, resistente à compressão ao fim de trinta minutos podendo-se transitar sobre esta ao fim de doze horas. A aplicação de asfalto quente sobre esta membrana deve ser feita ao fim de 24 horas ou no máximo ao fim de 14 dias com o cuidado de aplicar uma camada intermédia para proteger a membrana das altas temperaturas do asfalto.

O custo médio final por metro quadrado da membrana de poliuretano é de 29,27€ em que 26,59€ são referentes ao preço médio da membrana e os restantes 2,67€ são referentes aos custos de mão-de-obra para uma equipa formada por pintores e serventes.

Em termos de capacidade de alongamento apresenta um valor máximo na ordem dos 380%.

3. Critérios de selecção

Uma vez referenciadas as soluções que se consideram mais importantes e com mais uso em Portugal, passa-se à fase seguinte enumerando os vários critérios a ter em conta quando se estiver a proceder à escolha do produto a aplicar. É normal que, de acordo com o elemento que se quer impermeabilizar, se tenham diferentes pesos para os diferentes critérios em conta, uma vez que os factores determinantes para o sucesso da aplicação são também eles diferentes.

Como foi referido logo no início deste trabalho é muito difícil definir à partida qual a melhor solução a usar. Para tentar dar indicações, pensou-se em definir uma tabela que possa facilmente ser analisada e conduzir à selecção ordenada.

Foram assim escolhidos seis critérios para cada elemento aos quais serão dados diferentes pesos, uma vez que é normal que uns se revelem mais importantes que outros. Esta diferenciação será feita em dois níveis em que no primeiro se consideram os elementos mais importantes, aos quais são atribuídas cotações de 1 a 5, em que 5 é excelente e 1 é mau e num segundo nível em que as cotações estão compreendidas entre 1 e 3, sendo que 3 é excelente e 1 é mau. No caso do utilizador se deparar com um caso em que pretenda atribuir pesos diferentes aos previamente definidos pode substituí-los e daí retirar uma nova informação.

As cotações serão apresentadas sob a forma de tabela em que nas colunas constarão os critérios de selecção e nas linhas os produtos previamente descritos. Opta-se por este tipo de representação para que se possa obter toda a informação de modo expedito e simples.

Os critérios que se consideram importantes e que vão ser tidos em conta são:

- 1) Custos;
- 2) Condições da base e atmosféricas;
- 3) Facilidade de aplicação e de reparação;

- 4) Tempo de cura;
- 5) Resistência mecânica;
- 6) Durabilidade.

3.1 Coberturas

Importa em primeiro lugar demarcar os critérios mais importantes dos restantes, sendo que os custos são sem dúvida um dos critérios mais importantes, a resistência mecânica é também uma condicionante relevante para o bom funcionamento do sistema, e que neste caso particular está relacionado com a capacidade de alongamento até à rotura, e por último a durabilidade, que representa o tempo de vida útil do sistema de impermeabilização. Como referido anteriormente a estes critérios serão atribuídas cotações que vão de 1 a 5 e aos restantes serão atribuídos pesos entre 1 e 3.

Os custos por metro quadrado de cada solução estão compreendidos entre os 5,17€ e os 17,16€, sendo atribuído uma cotação de 5 às soluções que apresentarem valores iguais ou próximos, de 5,17€.

As limitações em relação ao tipo de cobertura em que podem ser aplicadas as soluções de impermeabilização, vai ser indicada na tabela resumo, apresentada mais a frente, de acordo com um código de cores que será explicado nessa altura.

3.1.1 Custos

Como já foi referido anteriormente as cotações atribuídas a este critério vão variar entre 1 e 5 valores. Como o intervalo de custos das soluções estudadas é de 5,17€ a 17,16€ divide-se este, em cinco sub-intervalos de modo a facilitar a atribuição das cotações. Assim sendo surgem os seguintes intervalos, em euros:

- 1 -]15,4 ; 18];
- 2 -]12,8 ; 15,4];
- 3 -]10,2 ; 12,8];
- 4 -]7,6 ; 10,2];

5 - [5 ; 7,6].

Deste modo facilmente se constata que de acordo com os valores apresentados na capítulo 2 quais as cotações a atribuir a cada solução de impermeabilização. Por exemplo, as membranas de betume à base de elastómeros e plastómeros têm uma cotação de 4 pontos e a membrana de betume oxidado tem uma cotação de 5.

3.1.2 Condições da base e atmosféricas

Para a atribuição de cotações referentes às condições da base e atmosféricas, o método adoptado é um método qualitativo em que se atribui cotações de acordo com as exigências em relação ao estado da superfície que vai servir de suporte do sistema de impermeabilização e também às exigências atmosféricas. Considerou assim os seguintes aspectos para cada valor:

- 1 - Soluções que são exigentes em relação ao estado do suporte e em que são necessários trabalhos de preparação mais complexos, com imposição de intervalos de temperatura óptimos para a sua aplicação bem como valores de humidade relativa máximos;
- 2 - Soluções em que as exigências em relação ao estado do suporte não são muito significativas, sendo necessários apenas trabalhos de limpeza e regularização. As condicionantes atmosféricas para este caso não são muito grandes, existindo apenas limitações quanto à temperatura mínima, ou ainda, exposição ao sol, vento e chuva;
- 3 - Por fim englobam-se neste parâmetro todas as soluções de impermeabilização que não sejam muito exigentes em relação ao estado da base, quando apenas for exigido que se encontre firme e sem materiais soltos à sua superfície. As exigências feitas em relação às condições atmosféricas referem apenas a inexistência de chuva durante todo o processo de aplicação e cura do sistema de impermeabilização.

3.1.3 Facilidade de aplicação

O método de avaliação deste critério é uma vez mais qualitativo pelo que se vão distribuir as soluções pelos três grupos de cotação, de acordo não só com a facilidade de aplicação mas tendo também em conta a necessidade de mão-de-obra especializada. Surgem assim os seguintes grupos:

- 1 - São inseridos neste grupo todas as soluções em que a sua aplicação seja algo complexa, por exemplo, com o recurso a maquinaria específica ou nos casos em que seja difícil realizar remates e efectuar adaptações a pontos singulares. Aliado à necessidade de usar maquinaria especializada surge a mão-de-obra também ela especializada que por vezes não é muito fácil de encontrar;
- 2 - Neste grupo são inseridas todas as soluções que necessitam de mão-de-obra especializada, por exemplo, impermeabilizadores, mas em que o processo de aplicação não é muito complexo. Estas soluções também apresentam alguma dificuldade em se aplicar em coberturas com singularidades (muitas construções emergentes, recortes, etc);
- 3 - Por fim são englobadas nesta categoria as soluções que não necessitem de mão-de-obra especializada para a sua aplicação, aliada à facilidade de adaptação de zonas singulares.

3.1.4 Tempo de cura

Para o tempo de cura e tendo em conta que serão atribuídos cotações de 1 a 3 pontos, definem-se os seguintes critérios:

- 1 - Esta cotação é atribuída a todas as soluções que apresentarem tempos de cura superiores a um dia;
- 2 - As soluções que tiverem o tempo de cura aproximadamente igual a um dia serão incluídas neste grupo;
- 3 - Por fim as soluções que apresentarem um tempo de cura rápido, correspondente a apenas algumas horas, inferior a meio dia, serão englobadas neste grupo.

3.1.5 Resistência mecânica

A resistência mecânica é um factor de extrema importância e que tem que ser muito bem ponderado quando se está a proceder à escolha da solução de impermeabilização. Uma má escolha pode levar a que o sistema de impermeabilização fendilhe pondo em causa o seu correcto funcionamento. Para a avaliação deste critério é tido em conta a capacidade de alongamento até à rotura da solução de impermeabilização. Como os valores de alongamento estão compreendidos entre, aproximadamente, 0% e 500% opta-se pelo seguinte método de avaliação:

- 1 - São englobados neste grupo todas as soluções que não apresentarem resistência ao alongamento, mesmo que lhes possa ser introduzido uma armadura no seu interior;
- 2 - Todas as soluções que apresentarem capacidades de alongamento, até à rotura, que não sejam superiores a 125%;
- 3 - Quando a capacidade de alongamento até à rotura estiver compreendida entre os 126% e os 250%, será esta a cotação a atribuir à solução;
- 4 - Neste grupo encontram-se as soluções que apresentam uma capacidade de alongamento até à rotura muito boa, mas que apesar de tudo não são as melhores, ou seja, todas as que tiverem uma capacidade compreendida entre os 251% e os 375%;
- 5 - Finalmente recebem esta cotação as soluções que apresentam os melhores valores de alongamento até à rotura, ou seja, todas as soluções que registarem uma capacidade de alongamento entre os 376% e os 500%.

3.1.6 Durabilidade

O tempo de vida útil de cada solução é outro factor de extrema importância e que deve ser tido em conta no processo de escolha. De facto uma solução que tem um tempo de vida útil de apenas alguns anos não pode ser tida em conta da mesma maneira, que uma, que apresente um tempo de vida útil grande, por exemplo, as membranas de PVC em que o tempo de vida útil é de aproximadamente 30 anos. O método de classificação é um método quantitativo e assim sendo as soluções vão ser distribuídas por classificação de acordo com o seguinte tempo de vida útil:

- 1 - [0 ; 6];
- 2 -]6 ; 12];
- 3 -]12 ; 18];
- 4 -]18 ; 24];
- 5 -]24 ; 30].

3.2 Fachadas

No caso das fachadas, os critérios a ter em conta para a escolha da solução de impermeabilização vão ser os mesmos que no caso das coberturas, uma vez que as exigências funcionais são muito semelhantes.

No caso dos custos temos valores que variam entre os 9,15€ e os 15,92€ por metro quadrado, a este critério será uma vez mais atribuído um peso superior variando por isso a cotação entre 1 e 5. A par dos custos surge também, para este caso, a resistência mecânica e a durabilidade com o mesmo peso que os custos tendo por isso mesmo uma cotação entre 1 e 5 pontos.

Por outro lado aos critérios relacionados com as condições de base e atmosféricas, a facilidade de aplicação e reparação e ainda o tempo de cura são atribuídos uns pesos inferiores, uma vez que apesar de serem importantes não são tão preponderantes como os critérios apresentados anteriormente. Assim a cotação está compreendida entre 1 e 3 pontos.

3.2.1 Custos

Os custos são em todos os casos um factor determinante e aquele que é mais tido em conta. O método de avaliação dos custos é um método quantitativo, definindo-se 5 intervalos entre 9€ e 16€ de modo a depois poder classificar as soluções de impermeabilização. Resulta assim a seguinte distribuição de resultados:

1 -]14,6 ; 16];

2 -]13,2 ; 14,6];

3 -]11,8 ; 13,2];

4 -]10,4 ; 11,8];

5 - [9 ; 10,4].

3.2.2 Condições da base e atmosféricas

As condições da base e atmosféricas devem ser tidas em conta, apesar de terem um peso inferior, uma vez que podem implicar, por exemplo, atrasos no processo de aplicação entre outros. Os

trabalhos preparatórios da base são em alguns casos muito morosos e dispendiosos, aliado ao facto de serem necessárias condições atmosféricas especiais pode chegar a inviabilizar a utilização de determinada solução. Assim sendo estes factores vão ser tidos em conta qualitativamente do seguinte modo:

- 1 - É atribuída esta cotação às soluções que apresentarem exigências muito específicas em relação ao estado do suporte e em que são necessários trabalhos de preparação mais complexos, aliados à imposição de intervalos de temperatura óptimos para a sua aplicação bem como valores de humidade relativa máximos;
- 2 - Recebem a cotação intermédia as soluções em que as exigências em relação ao estado do suporte não são muito significativas, sendo necessários apenas trabalhos de limpeza e regularização. As condicionantes atmosféricas para este caso não são muito grandes, poderá existir limitações quanto à temperatura mínima, ou ainda, exposição ao sol, vento e chuva;
- 3 - Por último é atribuída a cotação máxima a todas as soluções de impermeabilização que não sejam muito exigentes em relação ao estado da base, quando apenas for exigido que se encontre firme e sem materiais soltos à sua superfície. As exigências feitas em relação às condições atmosféricas referem apenas a inexistência de chuva durante todo o processo de aplicação e cura do sistema de impermeabilização.

3.2.3 Facilidade de aplicação e reparação

No que à facilidade de aplicação e reparação diz respeito, como já foi referido, vai ser tido em conta o processo de aplicação como também a mão-de-obra necessária para a realizar. É muito importante quando se procede à escolha sistema de impermeabilização a aplicar se tenha a certeza que se tem os recursos humanos necessários para a sua aplicação, bem como se deve ter presente a complexidade de execução do sistema e eventual reparação. Como a classificação está compreendida entre 1 e 3 pontos a distribuição é a seguinte:

- 1 - É atribuído 1 ponto a todas as soluções em que o seu processo de aplicação seja algo complexo, bem como a necessidade de recorrer a mão-de-obra altamente especializada que por vezes não é muito fácil de encontrar;
- 2 - Fazem parte deste grupo todas as soluções que necessitem de mão-de-obra especializada mas em que o processo de aplicação não seja muito complexo.
- 3 - Por fim são englobadas nesta categoria as soluções que não necessitem de mão-de-obra especializada para a sua aplicação, aliada à facilidade de aplicação e reparação.

3.2.4 Tempo de cura

O tempo de cura é uma vez mais determinante, quanto mais rápido for o processo de cura mais depressa se pode avançar na obra. Para o tempo de cura e tendo em conta que serão atribuídos cotações de 1 a 3 pontos, definem-se os seguintes critérios:

- 1 - Esta cotação é atribuída a todas as soluções que apresentarem tempos de cura superiores a um dia;
- 2 - As soluções que tiverem o tempo de cura aproximadamente igual a um dia serão incluídas neste grupo;
- 3 - Por fim as soluções que apresentarem um tempo de cura rápido, correspondente a apenas algumas horas, inferior a meio dia, serão englobadas neste grupo.

3.2.5 Resistência mecânica

A resistência mecânica é um factor que tem que ser tido em conta para evitar que se utilizem soluções que quando solicitadas mecanicamente não consigam resistir e acabem fissuradas, provocando o insucesso de todo o sistema. A capacidade de alongamento até à rotura da solução de impermeabilização vai ser o principal factor em conta neste capítulo. Como os valores de alongamento estão compreendidos entre aproximadamente 0% e 100% opta-se pelo seguinte método de avaliação:

- 1 - É atribuído o peso 1 a todas as soluções que não apresentarem qualquer capacidade de resistência, ou seja, quando solicitadas por esforços exteriores muito pequenos fissurem;
- 2 - Todas as soluções que apresentarem capacidades de alongamento, até à rotura, que não sejam superiores a 25%;
- 3 - Quando a capacidade de alongamento até à rotura estiver compreendida entre os 26% e os 50%, será esta a cotação a atribuir à solução;
- 4 - Neste grupo encontram-se as soluções que apresentam uma capacidade de alongamento até à rotura boa, ou seja, uma capacidade compreendida entre os 51% e os 75%;
- 5 - Finalmente recebem esta cotação as soluções que apresentam os melhores valores de alongamento até à rotura, ou seja, todas as soluções que registarem uma capacidade de alongamento superior a 75%.

3.2.6 Durabilidade

Por fim surge a durabilidade, corresponde a vida útil da solução de impermeabilização e assume um papel fundamental na escolha do sistema. De facto uma solução que apresente uma durabilidade de apenas 4 ou 5 anos não pode ser tida em ponto de igualdade com uma que apresente um tempo de vida útil de 10 ou 15 anos. Assim sendo vão ser atribuídas cotações de acordo com a seguinte ordenação:

- 1 - [0 ; 5];
- 2 -]5 ; 10];
- 3 -]10 ; 15];
- 4 -]15 ; 20];
- 5 -]20 ; 25].

3.3 Estruturas Enterradas

Em relação às estruturas enterradas os critérios mais importantes e que devem ser considerados, durante o processo de selecção da solução de impermeabilização, são os mesmos que os considerados anteriormente, contudo os pesos atribuídos a alguns dos critérios são diferentes. Esta alteração nos pesos é feita porque as solicitações e exigências não são as mesmas.

As alterações são feitas em dois critérios e são eles a facilidade de aplicação e a resistência mecânica. De facto a facilidade de aplicação relacionada também com a possibilidade da aplicação ser realizada pelo exterior ou pelo interior é muito importante no caso particular das estruturas enterradas e são muitas das vezes a principal condicionante no processo de escolha da solução a utilizar. Por outro lado as solicitações mecânicas não assumem um papel tão preponderante uma vez que as estruturas enterradas são elementos que não estão sujeitos a esforços muito grandes.

3.3.1 Custos

Este critério assume necessariamente e uma vez mais um papel fundamental, assim sendo é-lhe atribuída uma cotação entre 1 e 5 pontos, que se distribuem do seguinte modo:

- 1 -]12,8 ; 16];
- 2 -]9,6 ; 12,8];
- 3 -]6,4 ; 9,6];
- 4 -]3,2 ; 6,4];
- 5 -]0 ; 3,2].

3.3.2 Condições da base e atmosféricas

Os trabalhos preparatórios e as condições atmosféricas que se fazem sentir durante e após a aplicação são, também para este caso, importantes pelo que são tidos em conta uma vez mais. A classificação atribuída varia entre 1 e 3 pontos por se considerar que apesar de importante não tem um papel tão preponderante como outros com peso maior como é o caso, por exemplo, dos custos. Relativamente aos trabalhos de preparação de base o principal cuidado é, nos casos em que as soluções assim exijam, remover os óleos descofrantes do paramento enquanto que as exigências ao nível das condições atmosféricas são as mesmas que nos restantes casos. Atribui-se assim cotações do seguinte modo:

- 1 - As soluções que exijam que a base se encontre completamente isenta de qualquer produto, como óleos descofrantes e em que as exigências em relação à temperatura e teor de humidade no ar sejam muito elevadas, com intervalos de temperatura ideal, para a aplicação, muito pequenos e com uma limitação em relação ao teor máximo de humidade, recebem uma cotação de 1 ponto;
- 2 - A cotação de 2 pontos é atribuída quando os trabalhos de preparação do suporte não sejam muito exigentes mas em que existe uma limitação em relação à temperatura ideal para a sua aplicação;
- 3 - Por último é atribuída a cotação de 3 pontos a todas as soluções de impermeabilização que não apresentem exigências em relação ao estado do suporte, além da sua limpeza e firmeza, bem como quando não existirem limitações ao nível da temperatura ideal.

3.3.3 Facilidade de aplicação e reparação

A aplicação do sistema de impermeabilização está fortemente condicionada com o método construtivo do paramento, por exemplo, no caso das paredes enterradas se esta for do tipo de Muro de Munique, em que o terreno serve de cofragem do lado exterior no terreno, é muito difícil, senão impossível, a execução de uma impermeabilização pelo exterior. Por esse motivo e tendo em conta que este factor assume um papel determinante atribui-se qualitativamente uma cotação entre 1 e 5 pontos em que 1 corresponde aos casos em que a aplicação é muito difícil ou mesmo impossível e 5 para os casos em que esta se seja fácil e não necessite de mão-de-obra especializada.

Resumindo vem a seguinte distribuição de pesos:

- 1 - Nos casos em que a aplicação se revele muito difícil e muito morosa deve ser atribuída esta cotação;
- 2 - Nas situações em que apesar de ser muito difícil e morosa seja possível efectuar a sua aplicação;
- 3 - Esta cotação é atribuída sempre que o processo de aplicação seja muito complexo em que se tenha que recorrer a maquinaria especial e a mão-de-obra muito especializada;
- 4 - Quando a aplicação for relativamente simples mas em que mesmo assim é necessário recorrer-se a mão-de-obra especializada;
- 5 - Por fim quando a aplicação do sistema for simples e não for necessário recorrer a mão-de-obra especializada.

3.3.4 Tempo de cura

Para este critério volta a ser adoptado o mesmo sistema que nos casos anteriores, ou seja, apesar de ser um critério importante é-lhe atribuído um peso inferior comparativamente a outros critérios. Assim sendo a cotação a atribuir varia entre 1 e 3 pontos, de acordo com os seguintes parâmetros:

- 1 - Atribuí-se esta cotação a todas as soluções que apresentem tempos de cura superiores a um dia;
- 2 - No caso da solução apresentar um tempo de cura aproximadamente igual a um dia receberá esta cotação;

3 - Por último surgem os casos em que o tempo de cura é inferior a meio dia.

3.3.5 Resistência mecânica

A resistência mecânica é o outro critério a que vai ser atribuído um peso diferente ao que vinha sendo hábito, mais concretamente vai ser atribuída uma cotação entre 1 e 3 pontos. A alteração do peso atribuído a este critério deve-se ao facto de se considerar que nestes casos os sistemas de impermeabilização não se encontram sujeitos a esforços muito grandes sendo por isso mais improvável que venham a fissurar. Definiram-se então as seguintes distribuições de cotações:

- 1 - Todos os sistemas de impermeabilização que não apresentem capacidade de alongamento até à rotura;
- 2 - As soluções que apresentem alguma capacidade de alongamento até à rotura, que não ultrapassem os 150%;
- 3 - Neste caso incluem-se os sistemas de impermeabilização que apresentam grande capacidade de alongamento até à rotura, superior a 150%.

3.3.6 Durabilidade

A durabilidade assume neste, caso em particular, um papel ainda mais preponderante uma vez que na maior parte dos casos não é possível proceder a trabalhos de reparação ou substituição. Uma vez que o tempo de vida útil máximo para estes casos é de 30 anos, criam-se cinco intervalos de tempo, de modo a poder classificar quantitativamente, do seguinte modo:

- 1 - [0 ; 6];
- 2 -]6 ; 12];
- 3 -]12 ; 18];
- 4 -]18 ; 24];
- 5 -]24 ; 30].

3.4 Reservatórios

Os reservatórios são estruturas diferentes das anteriores, uma vez que o contacto entre os paramentos e a água é constante e por períodos de tempo muito longos. Tomam extrema importância critérios como o custo da solução, o tempo de vida útil do sistema e a resistência mecânica, pelo que lhes é atribuído um peso superior em relação aos restantes critérios. Os próprios reservatórios são utilizados para armazenar os mais variados tipos de água, desde água potável a água não potável bem como águas residuais e quimicamente agressivas, sendo que este factor vai ser tido em conta na tabela através da utilização de cores para diferenciar as soluções de impermeabilização.

3.4.1 Custos

Os custos assumem inevitavelmente um papel preponderante na escolha da solução de impermeabilização pelo que a sua cotação está compreendida entre 1 e 5 pontos. Os valores obtidos estão compreendidos entre os 2,83€ e os 25,48€ pelo que são criados os seguintes intervalos, de modo a ser possível classificar a solução quantitativamente;

1 -]20,8 ; 26];

2 -]15,6 ; 20,8];

3 -]10,4 ; 15,6];

4 -]5,2; 10,4];

5 -]0 ; 5,2].

3.4.2 Condições da base e atmosféricas

As condições necessárias verificarem-se ao nível do estado da base, apesar de não pertencer ao grupo dos critérios mais importantes, embora exija condições para uma correcta aplicação do sistema. Por outro lado as temperaturas, teores de humidade no ar, exposição ao sol, entre outros, também têm um papel relevante no resultado final uma vez que destes dependem. O correcto processo de cura, conferindo à impermeabilização todas as suas características. Divide-se a classificação a atribuir a cada elemento do seguinte modo:

- 1 - Nos casos em que as soluções de impermeabilização exijam trabalhos de preparação do suporte além dos convencionais, como a limpeza e remoção de detritos, e a imposição de um intervalo de temperaturas e humidades relativas óptimas para a aplicação e processo de cura;
- 2 - Fazem parte deste grupo todos os casos em que não sejam necessários trabalhos de preparação do suporte mas em que continua a existir uma limitação em relação à temperatura óptima para se proceder à sua aplicação;
- 3 - Recebem a cotação máxima todas as soluções em que não é feita qualquer limitação para a sua aplicação quer ao nível da base, quer ao nível das temperaturas e humidades.

3.4.3 Facilidade de aplicação e reparação

A facilidade com que se aplica o sistema de impermeabilização é muito importante uma vez que pode ser necessário recorrer a maquinaria especializada em que o seu manuseamento é muito complexo. Atribui-se uma classificação de 1 a 3 valores do seguinte modo:

- 1 - Quando a solução exigir para a sua aplicação maquinaria muito específica e mão-de-obra altamente especializada;
- 2 - Nos casos em que a solução tenha que ser aplicada por mão-de-obra especializada e o próprio processo não seja muito fácil;
- 3 - As soluções que não necessitem de mão-de-obra especializada e em que o próprio processo de aplicação seja simples.

3.4.4 Tempo de cura

Tem-se em conta com o tempo de cura uma vez que este pode condicionar a escolha de uma solução se tiver um processo de cura muito demorado e que seja incompatível com os prazos estipulados para a realização da empreitada. Assim sendo a cotação a atribuir varia entre 1 e 3 pontos, de acordo com os seguintes parâmetros:

- 1 - Sempre que as soluções tiverem um tempo de cura superior a um dia;
- 2 - Nos casos em que o tempo de cura for aproximadamente igual a um dia;

- 3 - A cotação máxima é atribuída sempre que o tempo de cura for bastante pequeno, de apenas algumas horas, inferior a meio dia.

3.4.5 Resistência mecânica

A resistência mecânica assume uma vez mais um papel preponderante e tem por isso um peso maior na altura da escolha da solução de impermeabilização. Nos casos em que a resistência não é suficiente para suportar os esforços introduzidos no sistema pode-se dar a sua ruptura originando, em certos casos, situações de poluição do meio ambiente muito graves. Esta resistência mecânica vai ser avaliada de acordo com a capacidade de alongamento até à rotura da solução, por um método quantitativo que consiste em definir cinco intervalos de resistência de acordo com os valores anteriormente obtidos. Assim sendo tem-se uma capacidade de alongamento até à rotura mínima praticamente nula e máxima de 300%. Obtêm-se assim os seguintes valores:

- 1 - Todos os sistemas de impermeabilização que apresentarem uma resistência nula são incluídos neste grupo
- 2 - As soluções que apresentarem uma capacidade de alongamento até 75% são incluídas neste grupo;
- 3 - Quando a capacidade de alongamento até à rotura do sistema estiver compreendido entre 76% e 150%;
- 4 - Nos casos em que os valores de capacidade de alongamento até à rotura estiver entre 151% e 225%;
- 5 - Fazem parte deste grupo todas as soluções com uma capacidade de alongamento até à rotura compreendida entre 226% e 300%.

3.4.6 Durabilidade

Em relação a este critério os reservatórios são um tipo de estrutura especial porque estão durante todo o seu tempo de vida útil em contacto com líquidos. Por esse motivo a durabilidade da solução adoptada é muito importante pois no caso de se ter que recorrer à substituição do sistema o reservatório não vai poder funcionar. Torna-se por isso necessário dar a devida importância a este critério, classificando-se as soluções, quantitativamente de acordo com os seguintes grupos:

- 1 - [0 ; 6];
- 2 -]6 ; 12];
- 3 -]12 ; 18];
- 4 -]18 ; 24];
- 5 -]24 ; 30].

3.5 Pavimentos asfálticos

Os principais critérios a ter em conta quando se está a proceder à escolha da solução de impermeabilização, no caso dos pavimentos asfálticos, são os custos, a durabilidade e a resistência mecânica. De facto estes aspectos assumem necessariamente um papel relevante não só para o correcto funcionamento do sistema mas também para se obter a solução mais barata, sendo-lhes por isso associada uma cotação que varia entre 1 e 5 pontos.

Os restantes critérios que são o estado da base e as condições atmosféricas, a facilidade de aplicação e finalmente o tempo de cura. Para estes casos a classificação está compreendida entre 1 e 3 pontos, considera-se por isso que apesar de não serem tão determinantes como os anteriores não devem deixar de ser equacionados e ponderados.

3.5.1 Custos

Como já foi referido este critério tem uma elevada importância e por isso recebe uma cotação entre 1 e 5 pontos. Os custos associados às soluções de impermeabilização de pavimentos asfálticos variam entre 8,55€ e 29,27€. A classificação vai ser atribuída de modo quantitativo dividindo o intervalo que existe entre as duas soluções, com o preço mais alto e mais baixo, em 5 subintervalos. Desse modo a distribuição de cotações é realizada da seguinte maneira:

- 1 -]25,6 ; 30];
- 2 -]21,2 ; 25,6];
- 3 -]16,8 ; 21,2];
- 4 -]12,4 ; 16,8];

5 -]8 ; 12,4].

3.5.2 Condições da base e atmosféricas

Em relação ao estado da base e às condições atmosféricas que se devem verificar durante a aplicação e o processo de cura, é atribuído um peso menor quando comparado com outros critérios, como por exemplo, os custos. Assim sendo é atribuída uma cotação entre 1 e 3 pontos que são atribuídos de acordo com os trabalhos necessários para a preparação do suporte e as exigências em relação as condições climatéricas. São então classificadas as soluções de acordo com o seguinte:

- 1 - É atribuída a pior cotação nos casos em que os trabalhos necessários para a preparação da base são muito extensos e complexos, aliado a imposição de intervalos de temperatura óptima para a sua aplicação e ainda teores de humidade relativa do ar máximos;
- 2 - Nos casos em que os trabalhos de preparação do suporte não são muito complexos aliado à inexistência de uma imposição em relação à humidade relativa do ar podendo, contudo, haver algumas limitações em relação à temperatura óptima para a aplicação da solução;
- 3 - Esta classificação corresponde aos casos em que os trabalhos de preparação do suporte são mínimos, não indo além da remoção de materiais soltos e algumas impurezas, bem como quando não é feita nenhuma menção quer à temperatura óptima de aplicação quer à humidade relativa do ar.

3.5.3 Facilidade de aplicação e reparação

É importante ter-se em conta a facilidade com que se aplica o sistema de impermeabilização uma vez que em certos casos pode-se tornar muito complexo inviabilizando a sua aplicação. Assim sendo as soluções são classificadas consoante necessitem de mão-de-obra especializada para a sua aplicação bem como a necessidade de se recorrer a maquinaria também ela especializada. A classificação varia entre 1 e 3 pontos e de acordo com as seguintes condicionantes:

- 1 - No caso de a solução necessitar de mão-de-obra especializada para ser aplicada bem como o recurso a máquinas de difícil manuseamento;

- 2 - Quando a solução necessitar de mão-de-obra especializada mas que é relativamente fácil de obter e em que não seja necessário máquinas especiais;
- 3 - Se a solução não necessitar de mão-de-obra especializada e sempre que a aplicação em si seja de fácil execução.

3.5.4 Tempo de cura

O tempo necessário para que o sistema comece a funcionar em pleno, correspondente ao tempo de cura, é muito importante em especial nestes casos porque enquanto este processo não tiver finalizado não se pode espalhar o pavimento betuminoso por cima, podendo inclusive implicar atrasos na conclusão da empreitada. As cotações variam entre 1 e 3 pontos e são atribuídas quantitativamente de acordo com os seguintes tempos de cura:

- 1 - Sempre que o processo de cura for superior a um dia é-lhe atribuída a cotação mais baixa uma vez que isso pode ter implicações graves no cumprimento dos prazos estipulados;
- 2 - Esta cotação é atribuída sempre que o tempo de cura seja aproximadamente igual a um dia;
- 3 - Por último a cotação mais alta é atribuída às soluções que apresentarem um tempo de cura de apenas algumas horas e por isso inferior a meio dia.

3.5.5 Resistência mecânica

Uma vez que estas soluções são aplicadas sob o pavimento betuminoso é normal que sejam muito solicitadas mecanicamente, visto que vão absorver muitos dos esforços, senão mesmo todos, transmitidos pelas viaturas ao pavimento. Assim sendo é muito importante que estas apresentem uma capacidade de resistência elevada para evitar que possam romper e assim comprometer todo o sistema de impermeabilização. A resistência vai ser classificada quantitativamente de acordo com a capacidade de alongamento até à rotura do sistema e uma vez que estas apresentam capacidades que atingem no máximo os 380%, atribui-se a classificação do seguinte modo:

- 1 - Atribui-se esta classificação a todas as soluções que apresentarem uma capacidade praticamente nula de alongamento até à rotura;

- 2 - As soluções que apresentem uma capacidade de alongamento até à rotura que é no máximo de 100% recebem esta cotação;
- 3 - Nos casos em que as soluções apresentam valores que chegam até aos 200% incluem-se neste grupo;
- 4 - Quando a solução registar uma capacidade de alongamento até à rotura de 300%;
- 5 - A cotação máxima é atribuída às soluções que apresentarem resistências acima dos 300%.

3.5.6 Durabilidade

A durabilidade é o último critério a ser tido em conta e tem um peso preponderante na escolha da solução a adoptar uma vez que nos casos em que as soluções apresentarem um tempo de vida útil baixo e em que é necessário proceder mais cedo à sua substituição, têm que ser penalizadas em relação às soluções que apresentam um tempo de vida útil muito superior. Sendo assim é-lhe atribuída uma cotação que varia entre 1 e 5 valores e que é atribuída quantitativamente de acordo com a seguinte distribuição:

- 1 -]0 ; 5];
- 2 -]5 ; 10];
- 3 -]10 ; 15];
- 4 -]15 ; 20];
- 5 -]20 ; 25].

4. Tabelas resumo e sua análise

Uma vez definidos quais os critérios a ter em conta no processo de escolha de uma solução de impermeabilização, construíram-se tabelas que possibilitassem, de modo simples e rápido, a determinação da melhor solução para cada caso de estudo. Optou-se por apresentar os resultados em forma de tabela para que estas se tornem um elemento de consulta que se pode levar para qualquer lado e assim estar sempre disponível. Este procedimento é válido para as soluções conhecidas mas também é aplicável, com os ajustamentos necessários a soluções novas que vão aparecendo.

Criaram-se seis colunas onde se introduziram os critérios pela mesma ordem com que foram apresentados no capítulo anterior, ou seja, aleatoriamente. As linhas ficaram reservadas para as soluções tecnológicas existentes para cada caso. De seguida procedeu-se à atribuição das cotações a cada solução de acordo com as condicionantes anteriormente expostas. Por último foi introduzida uma coluna que corresponde ao “total” e que representa precisamente o somatório das classificações atribuídas a cada solução. A solução que obtiver a cotação final mais alta é, obviamente, a que se deve adoptar.

Por vezes as condicionantes impostas pela própria empreitada, podem alterar o processo de escolha ou ainda os próprios critérios a ter em conta, por exemplo, quando se tem um prazo muito curto para entregar a obra, é normal que se pretenda uma solução que tenha um tempo de cura muito baixo de modo a que, após a sua aplicação, se possa transitar por cima do sistema o mais rapidamente possível. Neste caso como o tempo de cura passa a ser a única condicionante para a escolha da solução a consulta é feita directamente na coluna “Tempo de cura” e aí identificam-se as soluções que tem uma cotação mais alta. É normal que surja mais do que uma possível solução e então procede-se à definição de um segundo critério que sirva para “desempatar”. Seguem-se estes passos até que se obtenha uma solução final. As tabelas são sempre apresentadas no final do respectivo capítulo.

4.1 Tabela resumo das Coberturas

Feita uma primeira análise constata-se em primeiro lugar que para se fazer a diferenciação entre as soluções usadas em coberturas acessíveis, coberturas não acessíveis ou coberturas ajardinadas se recorreu a diferentes cores. Realça-se que as soluções existentes para as coberturas acessíveis ou ajardinadas podem igualmente ser usadas em coberturas não acessíveis.

Analisando os totais obtidos para cada solução constata-se que a que obteve a maior cotação foi a membrana de PVC e esta pode ser usada em qualquer cobertura revelando-se por isso a melhor escolha, teoricamente. Existem contudo outras soluções com uma cotação final muito próxima da membrana de PVC pelo que, devem ser tidas em conta e comparadas entre si em situações mais concretas, como é o caso das membranas líquidas à base de copolímeros e poliuretano. Por outro lado as argamassas representam a pior solução existente pelo que, não é aconselhável a sua utilização em qualquer caso.

Nas coberturas acessíveis as soluções com cotação mais alta são a membrana de PVC, a membrana líquida de copolímeros e a membrana líquida de poliuretano, sendo que a escolha recairá sobre uma destas alternativas uma vez que, a diferença entre as pontuações finais é mínima e de acordo com a empreitada em si, poderão existir outras condicionantes.

Em relação às coberturas não acessíveis a escolha será feita entre as mesmas soluções, pois são as que apresentam uma vez mais as pontuações mais altas.

Por último têm-se as coberturas ajardinadas e para estes casos as soluções com cotação final mais alta são a membrana de PVC e a membrana líquida de poliuretano. Da observação da tabela, para estes dois casos, pode-se constatar que a membrana de PVC apresenta uma classificação mais constante em cada um dos critérios levando a que no final seja a que melhor classificação obtém. Por outro lado a membrana líquida de poliuretano, para os vários critérios, apresenta cotações muito boas e muito más, por exemplo, tem cotação máxima para “custos” mas em relação à “facilidade de aplicação e reparação” apresenta uma cotação muito baixa.

Quando surgirem situações em que estes critérios deixam de ser todos eles determinantes, passa-se apenas a ter um em conta. A consulta deve ser feita do seguinte modo: em primeiro lugar identifica-se qual o critério determinante, por exemplo, se só interessar a “resistência mecânica” na impermeabilização de uma cobertura não acessível, observa-se a respectiva coluna e daí obtém-se a membrana líquida de copolímeros e a membrana líquida de poliuretano com cotação máxima; de seguida usa-se um segundo critério que sirva de desempate e que se considere importante, por exemplo, a “durabilidade”, e nesse caso constata-se que a membrana de poliuretano é a que tem melhor cotação sendo por isso esta a que se escolhe.

Critérios de Seleção	Custos	Condição da Base e Atmosféricas	Facilidade de Aplicação e Reparação	Tempo de Cura	Resistência Mecânica	Durabilidade	TOTAL	
Soluções	Argamassa Aditivada	2	3	1	1	3	11	
	Membrana de Betume	Elastômeros	3	2	2	2	3	16
		Plastômeros	2	2	2	2	3	15
		Oxidado	3	2	2	2	3	17
	Membrana Líquida	Borracha Butílica	3	2	2	1	1	13
		Dispersão Aquosa	1	3	3	4	2	18
		Copolímeros	2	3	3	5	2	20
		Poliuretano	1	1	3	5	4	19
	PVC	3	3	2	4	5	21	

	Cobertura acessível ou não acessível
	Cobertura não acessível
	Cobertura ajardinada ou qualquer outro caso

Tabela 1 - Classificações obtidas para Coberturas

4.2 Tabela resumo das Fachadas

As soluções de impermeabilização existentes para aplicar em fachadas são apenas três o que em comparação com as coberturas representa uma diminuição significativa. Apesar disso duas apresentam uma classificação bastante boa enquanto que a restante tem uma classificação baixa em comparação com as restantes. Chama-se a atenção para o facto de a solução com a classificação menor ser uma vez mais a argamassa aditivada.

A solução com a melhor classificação é a tinta à base de copolímeros sendo por isso o sistema de impermeabilização recomendado para a impermeabilização de fachadas. Contudo e à imagem do que sucedeu nas coberturas, existe uma outra solução que apresenta uma classificação total muito próxima da melhor e que corresponde à membrana líquida à base de copolímeros. Aconselha-se então uma análise mais detalhada de acordo com cada caso em particular.

Nos casos em que por condicionalismos particulares, inerentes à própria empreitada, se tenha apenas um critério em conta o método de consulta é em tudo igual ao descrito anteriormente. Exemplificando, pode-se ter um caso em que a “durabilidade” é o único critério a ter em conta, por exemplo por se tratar de uma fachada de difícil acesso, em que se quer garantir que a impermeabilização tem o maior tempo de vida útil possível. Para estes casos e contra as classificações totais obtidas a escolha deve cair sobre a argamassa aditivada.

Critérios de Seleção	Custos	Condição da Base e Atmosféricas	Facilidade de Aplicação e Reparação	Tempo de Cura	Resistência Mecânica	Durabilidade	TOTAL
Soluções							
Argamassa Aditivada	1	2	3	1	1	4	12
Membrana Líquida à base de Copolímeros	5	3	3	2	3	3	19
Tinta Copolimérica	5	2	3	3	4	3	20

Tabela 2 - Classificações obtidas para Fachadas

4.3 Tabela resumo das Estruturas Enterradas

No processo de escolha da solução a adoptar para a impermeabilização de estruturas enterradas tem que se ter em conta os condicionalismos associados ao processo construtivo. Dependendo deste processo está a possibilidade de se aplicar o sistema de impermeabilização pelo interior ou pelo exterior. Na tabela esta diferenciação é feita com o recurso a cores que identificam para cada solução o seu método de aplicação.

Importa nesta fase referir que se consideram aplicadas pelo interior as soluções cuja aplicação se faz na face interior da estrutura. No caso das soluções aplicadas pelo exterior consideram-se além das que são aplicadas na face exterior, todas as que sejam aplicadas no interior do edifício mas que não fiquem à vista, por exemplo, nos casos em que seja construída uma segunda parede e a impermeabilização é aplicada entre os dois paramentos. Dos sistemas de impermeabilização estudados o único que se pode aplicar pelo interior é a argamassa aditivada enquanto que as restantes seis são aplicadas pelo exterior.

Uma primeira análise dos totais obtidos para cada solução constata-se que as cotações não atingem valores tão altos como nos casos anteriores, sendo a membrana de PVC e a emulsão betuminosa, com um total de 17 pontos, num máximo de 24, as que têm melhor cotação. Contudo 17 em 24 pontos é claramente pouco o que pode indicar, por um lado, que as soluções estudadas podem não ser as mais indicadas ou, por outro lado, indicar que a definição das cotações a atribuir pode não ter sido a melhor.

Nos casos em que o processo construtivo apenas permita que o sistema de impermeabilização seja aplicado pelo interior, esta deve ser feita com o recurso à argamassa aditivada. De facto os sistemas de impermeabilização que são aplicados pelo exterior são os que melhor cotação obtêm, sendo por isso aconselhada a sua escolha. A membrana de PVC e a emulsão betuminosa revelam ser as soluções com melhor cotação final, 17 pontos, surgindo de seguida a membrana líquida à base de borracha butílica com 16 pontos. Por este motivo a escolha da solução a aplicar passará, em condições normais, necessariamente por uma destas três soluções. Nos casos em que houver dúvidas entre a membrana de PVC e a emulsão betuminosa pode usar-se, para desempate, por exemplo, e dependendo de cada caso, o custo da solução que é bem mais barato para o segundo caso.

Critérios de Seleção	Custos	Condição da Base e Atmosféricas	Facilidade de Aplicação e Reparação	Tempo de Cura	Resistência Mecânica	Durabilidade	TOTAL
Soluções							
Argamassa Aditivada	1	2	5	1	1	3	13
Emulsão Betuminosa	5	2	4	2	1	3	17
Membrana de Betume	Elastómeros	3	2	2	2	3	14
	Plastómeros	2	3	2	2	3	14
Membrana Líquida	Borracha Butílica	3	4	2	1	2	16
	Resinas	3	1	4	1	2	12
PVC	2	2	3	2	3	5	17

Aplicado pelo exterior
Aplicado pelo interior

Tabela 3 - Classificações obtidas para Estruturas Enterradas

4.4 Tabela resumo dos Reservatórios

No caso dos reservatórios existem variadas soluções de impermeabilização, estando a sua escolha condicionada pela sua utilização em reservatórios de água potável ou não ou ainda em reservatórios de produtos quimicamente agressivos. A diferenciação das soluções para cada um destes casos é feita, uma vez mais, com o recurso a cores de modo a serem facilmente identificáveis.

De uma rápida observação da tabela constata-se que para a impermeabilização de reservatórios com água potável a única solução estudada é a argamassa aditivada, bem como para o caso dos produtos quimicamente agressivos se estudou uma única solução que é a membrana de poliureias.

Chama-se a atenção para o facto de estas duas soluções também poderem utilizadas nos casos dos reservatórios de água não potável, mas como a sua classificação total é baixa em comparação com as restantes é muito improvável que a escolha recaia sobre estas soluções.

Analisando o caso em que se pretende impermeabilizar reservatórios de água não potável facilmente se constata que a solução que obtêm a melhor classificação, bastante destacada das restantes, é a membrana de PVC com um total de 20 pontos. As soluções que se seguem são a emulsão betuminosa e a membrana de betume à base de plastómeros, com um total de 16 valores. Através desta diferença facilmente se conclui que a membrana de PVC deve ser a escolha preferencial para estes casos.

Se se optar por ter apenas um critério em conta, por exemplo, os “custos” a membrana de PVC deixa de ser a solução ideal uma vez que apresenta custos superiores, logo uma menor classificação, em relação a outras soluções como a emulsão betuminosa entre outros.

Critérios de Seleção	Custos	Condições da Base e Atmosféricas	Facilidade de aplicação e reparação	Tempo de Cura	Resistência Mecânica	Durabilidade	TOTAL
Soluções							
Argamassa Aditivada	2	2	3	1	1	3	12
Emulsão Betuminosa	5	2	3	2	1	3	16
Membrana de Betume	Elastômeros	3	2	2	2	3	15
	Plastômeros	4	3	2	2	3	16
Membrana Líquida Borracha Butílica	4	3	2	2	1	2	14
Membrana de Poliureia	1	1	1	3	2	4	12
PVC	3	2	3	2	5	5	20

Água potável
Água não potável
Produtos quimicamente agressivos

Tabela 4 - Classificações obtidas para Reservatórios

4.5 Tabela resumo dos Pavimentos Asfálticos

Por último tem-se a tabela referente aos pavimentos asfálticos. Como se pode observar das soluções estudadas apenas três podem ser usadas nestes casos. Pela leitura das classificações totais obtidas para cada solução de impermeabilização constata-se que a membrana de betume à base de plastómeros é a que obtêm a pontuação mais alta (18 pontos), seguida, com uma diferença mínima, pela membrana líquida de poliuretano. Com uma classificação bastante inferior surge a membrana líquida à base de resinas. Conclui-se então que a solução a adoptar será a membrana de betume à base de plastómeros sem deixar contudo, de ter em conta a membrana líquida de poliuretano.

Uma vez mais pode-se optar por consultar a tabela tendo em conta apenas um ou parte dos critérios. Por exemplo, se só se tiver em conta o critério “custos”, as soluções com maior classificação são a membrana de betume à base de plastómeros e a membrana líquida à base de resinas. Tem-se então que se recorrer a um segundo critério de desempate que se considere igualmente importante, por exemplo, a “facilidade de aplicação”, que neste caso atribui a maior classificação à membrana líquida à base de resinas.

Com este exemplo pretende-se também demonstrar que apesar de no geral a membrana líquida à base de resinas ser o pior caso, é importante que seja tido em conta para quando ocorrerem situações semelhantes à do exemplo.

Critérios de Seleção	Custos	Condições da Base e Atmosféricas	Facilidade de aplicação e reparação	Tempo de Cura	Resistência Mecânica	Durabilidade	TOTAL
Soluções							
Membrana de Betume Plastómeros	5	3	2	2	2	4	18
Membrana Líquida	5	1	3	1	1	2	13
	1	2	1	3	5	5	17

Tabela 5 - Classificações obtidas para Pavimentos Asfálticos

5. Conclusão

Através da pesquisa efectuada e da sua análise é possível extraírem-se algumas conclusões que se crêem bastante úteis e que por isso devem ser tidas em conta sempre que se pretender seleccionar um sistema de impermeabilização.

Tem que se ter em conta que as soluções de impermeabilização estudadas são apenas algumas das soluções possíveis embora sejam as mais comuns e, por isso, as mais utilizadas e divulgadas em Portugal. O estudo realizado analisou uma variada gama de soluções de modo a que o resultado obtido tivesse significado e fosse credível. Foram assim escolhidos produtos que já existem no mercado há algum tempo como, por exemplo, as membranas de betume, e outros mais recentes como é o caso das telas de PVC. Atinge-se assim o primeiro objectivo que era o de fazer um levantamento tão completo quanto possível das soluções mais utilizadas existentes no mercado português.

Após seleccionadas as soluções de impermeabilização foi feita uma triagem considerando as zonas do edificado em que cada solução é mais adequada, rapidamente se concluindo que as coberturas são as zonas para as quais existem mais hipóteses de escolha, enquanto que no oposto temos as fachadas e os pavimentos asfálticos em que as hipóteses de escolha se resumem a 3 soluções.

As características estudadas para cada solução foram aquelas que são referidas nas fichas técnicas das várias soluções permitindo que se tirassem algumas conclusões numa análise comparativa. Em primeiro lugar podemos referir que todas as soluções necessitam que a base de suporte se encontre limpa e firme, o que faz todo o sentido uma vez que se pretende que entre o suporte e o sistema de impermeabilização não fique nada que possa vir a danificá-lo. Por outro lado, a firmeza é necessária para que a própria base possa suportar todo o sistema de impermeabilização. Existem depois soluções que exigem outros trabalhos suplementares de preparação do suporte. Em relação às condições atmosféricas o ponto de concordância entre todas as soluções estudadas tem a ver com necessidade da base estar relativamente seca antes e durante o processo de aplicação, para que as propriedades do sistema final não sejam alteradas, por exemplo, por falta de aderência ao suporte. O método de aplicação das soluções varia de caso para caso não existindo um método universal ou seja, um método que se possa utilizar em todos os casos. O tempo de cura também é

muito variado havendo soluções em que o tempo de cura é inferior a uma hora enquanto noutros casos chega a ser de quatro dias. A resistência mecânica associada a cada solução também é muito variável tendo-se verificado que existem sistemas de impermeabilização com uma capacidade de alongamento até à rotura quase nula e outras com valores de cerca de 500%.

A durabilidade dos sistemas de impermeabilização é um parâmetro que muitas vezes é pouco valorizado mas que deve influenciar a escolha final de uma solução, sendo que para este parâmetro se registam valores que chegam a atingir os 30 anos. Chama-se a atenção para o facto de nas fichas técnicas não existir qualquer tipo de informação quanto ao tempo de vida útil das impermeabilizações, tendo-se obtido directamente junto dos fabricantes alguns dados. Parece, por isso, ser claro que a durabilidade não merece a mesma preocupação que outros parâmetros para quem selecciona um sistema de impermeabilização. Deixou-se, deliberadamente, para último a referência ao parâmetro custo pela inevitável importância que têm, mas também para realçar que muitas vezes as escolhas recaem sobre as soluções com mais baixo custo de aquisição, com resultados que, por vezes, não são satisfatórios e, por isso, de evitar. Esta é, por ventura, a mais importante conclusão que se pode retirar deste estudo, ou seja, as soluções “mais baratas” a curto prazo acabam por, a médio prazo, revelarem-se mais caras devido a sua inadequada utilização resultante de muitos factores que vão desde a sua incorrecta aplicação até à sua indevida utilização. Com este trabalho pretende-se chamar a atenção para esta questão apresentando-se quais os critérios a ter em conta numa análise de escolha de um sistema de impermeabilização. Pensa-se que esse objectivo foi alcançado tendo-se, além disso, criado um método de análise que deve ser utilizado até tendo-se em conta que estão constantemente a surgir novas soluções no mercado. Nestes casos basta que sejam seguidos todos os passos que constam do capítulo 3 deste trabalho e rapidamente se obtém uma análise e respectiva classificação para as diferentes soluções em análise.

Por último, analisando as tabelas finais obtidas para cada caso, rapidamente se conclui que as membranas de PVC, quando podem ser utilizadas, são a melhor solução. De uma análise mais minuciosa e cuidadosa constata-se, de acordo com o que foi mencionado anteriormente, que a membrana de PVC nunca é a solução com um custo de aquisição mais baixo, mas ao serem analisados todos os parâmetros em causa estes vão conduzir a que esta solução seja a mais adequada. Contudo, e como já foi referido anteriormente, quando foram apresentadas as tabelas, as membranas de PVC não são necessariamente sempre as melhores classificadas dependendo do peso se queira atribuir a cada parâmetro conforme as condicionantes de cada caso, por exemplo quando o tempo de cura for o único parâmetro que interessa (por se terem prazos a cumprir), se passa a ter um único parâmetro em conta. Nestes casos pode acontecer que a solução ideal não seja a membrana de PVC. Em suma, chama-se a atenção que apesar de no geral ser a melhor solução não implica que deva ser sempre utilizada. Quando soluções diferentes das analisada neste estudo forem consideradas (novas soluções que forem aparecendo no mercado) podem sempre ser



avaliadas recorrendo ao mesmo método adaptando os pesos a atribuir a cada parâmetro conforme as exigências de cada situação.

6. Bibliografia

Brito, Jorge de; Guerreiro, Silvério “Impermeabilização de Pisos Enterrados”, IST, Lisboa, 2003.

Derbigum, Fichas Técnicas consultadas em Fevereiro de 2007, www.derbigum.pt.

Dias, Luís Alves “Organização e Gestão de Obras”, IST, Lisboa, 2006.

Grandão Lopes, J. M. “Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas em Terraço”, LNEC, Lisboa, 1994.

“Homologação de Novos Materiais e Processos de Construção: Polyplas 30 + Polyester 40 Garden [e] Polyplas 30 + Polyxis R50 Garden: Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas”, LNEC, Lisboa, 1997.

“Homologação de Novos Materiais e Processos de Construção: Polyplas 30 + Polyxis R40 [e] Polyplas 30 + Polyester 40T: Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas”, LNEC, Lisboa, 1997.

“Homologação de Novos Materiais e Processos de Construção: Polyester R50V: Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas”, LNEC, Lisboa, 2004.

“Homologação de Novos Materiais e Processos de Construção: Polyester 40 [e] Polyester R40: Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas”, LNEC, Lisboa, 1997.

“Homologação de Novos Materiais e Processos de Construção: Polyester 40 + Polyester 40T: Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas”, LNEC, Lisboa, 1997.

Justo, João L. “Obras Subterrâneas: Impermeabilização e Drenagem Associada”, Lisboa, IST, 2004, Dissertação de Mestrado, IST, 2004.

“Matesica: Materiais Sintéticos para Construção, S.A.”, Matesica, 2007.

“O Guia Weber 2007”, Weber Cimenfix, 2007.



Sika, Fichas Técnicas consultadas em Fevereiro de 2007, www.sika.pt/construcao.htm.

Texsa, Fichas Técnicas consultadas em Março de 2007, www.texsa.com/pt/.

Wikipedia, Enciclopédia online visitada em Agosto de 2007, www.wikipedia.org/.