

ESTUDO DE SOLUÇÕES DE REVESTIMENTO DE FACHADA COM INCORPORAÇÃO DE CORTIÇA

MAURO FILIPE FRAGOSO FERREIRA

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

Orientador: Professora Maria Helena Corvacho

JUNHO DE 2012

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.*

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

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

Para a minha família

No meio de qualquer dificuldade encontra-se a oportunidade

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Ao longo da execução desta dissertação deparei-me com inúmeros obstáculos e não podia deixar de agradecer a quem esteve a meu lado para que esta fosse bem conseguida.

Agradecer em primeiro a minha família por todo o apoio dado ao longo do meu percurso académico, bem como ao longo da minha vida.

A minha orientadora, Professora Helena Corvacho, pela ajuda e conhecimentos transmitidos e disponibilidade em todos os momentos.

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado nos bons e nos maus momentos.

RESUMO

Sendo a principal função dos rebocos a regularização das alvenarias, a proteção das paredes, o acabamento dos paramentos e a impermeabilidade, em especial, no caso do revestimento exterior, é fundamental a sua caracterização.

A cortiça incorporada em revestimentos exteriores é o objeto de estudo neste trabalho, pois apresenta várias características importantes em termos térmicos, acústicos e físicos como a densidade reduzida, elevada elasticidade e compressibilidade, demonstrando ser um material com um bom desempenho. Além disso, é uma matéria utilizada há muito tempo na construção, principalmente nos países mediterrâneos, onde esta tem a sua origem.

Na atualidade, foram desenvolvidos novos materiais derivados, otimizando as suas características e, consequentemente, aumentando a aplicação de matérias naturais e sustentáveis em revestimentos e isolamentos por todo o mundo, levando a um maior interesse na utilização da cortiça.

A utilização da cortiça como material incorporante nos revestimentos ainda está pouco explorada e documentada, existindo poucas soluções. Mesmo assim, através do estudo de revestimentos com a incorporação de materiais semelhantes é possível referir quais as características que um revestimento destes deve ter para um bom desempenho.

Para tal, este estudo procedeu-se a uma pesquisa exaustiva com o objetivo de encontrar soluções de revestimentos existentes, para assim, avaliar e caracterizar as soluções de revestimentos de fachada com incorporação de cortiça ou outros materiais leves, identificando também possibilidades de desenvolvimento no futuro.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho, Reboco, Cortiça, Fachadas, Soluções.

ABSTRACT

Since the main function of the plasters is the regularization of the masonry, protection of the walls, waterproofing and finishing of walls, especially in the case of the outer coat, its characterization is essential.

The cork incorporated in exterior coatings is the material under study of this work, because it has several important characteristics in terms of thermal, acoustic and physical like the low density, resiliency and compressibility, proving to be a material with a good performance in the outer coating. Moreover, it is a material used in construction for a long time, especially on Mediterranean countries, where it has its origin.

Currently, new derivative materials have been developed, optimizing its features and thus increasing the application of natural and sustainable in coatings and insulations all over the world, leading to an increased interest in the use of cork.

The use of cork as an incorporated material in the coatings still isn't well explored and documented, existing few solutions. However, through the study of coatings with the incorporation of similar materials it's possible to say which characteristics a coating must have for a good performance.

To this end, this study proceeded with an exhaustive search in order to find solutions of the existing coatings, so as to assess and characterize the solutions of façade with incorporation of cork or other light materials, and also identifying opportunities for future developments.

KEYWORDS: Performance, Plaster, Cork, Façade, Solutions.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2. CARACTERIZAÇÃO DA CORTIÇA	5
2.1. INTRODUÇÃO	5
2.2. A CORTIÇA	5
2.2.1. O QUE É A CORTIÇA E QUAIS AS SUAS MATÉRIAS-PRIMAS	5
2.2.2. ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DA CORTIÇA	6
2.2.2.1. Estrutura macroscópica.....	6
2.2.2.2. Estrutura microscópica.....	6
2.2.2.3. Composição Química.....	7
2.2.3. GRANULADOS DE CORTIÇA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL	8
2.3. O SECTOR DA CORTIÇA	8
3. REVESTIMENTOS DE FACHADA	11
3.1. ARGAMASSAS	11
3.1.1. HISTÓRIA	12
3.1.2. CONSTITUIÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	12
3.2. ANOMALIAS EM REVESTIMENTOS DE FACHADA	14
3.2. AS EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS REVESTIMENTOS	18
4. CARACTERIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE REVESTIMENTO DE FACHADA EM ESTUDO	23
4.1. APRESENTAÇÃO	23

4.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E RESPETIVAS NORMAS A AVALIAR NAS SOLUÇÕES DE REVESTIMENTO	25
4.2.1. INTRODUÇÃO	25
4.2.2. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE	27
4.2.3. ADERÊNCIA AO SUPORTE	29
4.2.4. CONSISTÊNCIA NO ESTADO FRESCO	32
4.2.5. CONDUTIBILIDADE TÉRMICA	35
4.2.6. DURABILIDADE	36
4.2.7. PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA	39
4.2.8. MASSA VOLUMICA NO ESTADO FRESCO	40
4.2.9. MASSA VOLUMICA NO ESTADO ENDURECIDO	42
4.2.10. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR FLEXÃO E COMPRESSÃO	44
4.2.11. MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO	46
4.2.12. REAÇÃO AO FOGO	48
4.2.13. RESISTÊNCIA AO FOGO	51
 5. PROPOSTA DE PLANOS DE ENSAIOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO	 53
5.1. ARGAMASSAS DE REBOCO	53
5.2. PARÂMETROS A ACRESCENTAR AO PLANO DE ENSAIO	57
5.2.1. RESISTÊNCIA AO CHOQUE	57
5.2.2. SUSCETIBILIDADE À FENDILHAÇÃO POR RETRAÇÃO RESTRINGIDA	59
5.2.3. ABSORÇÃO DE ÁGUA A BAIXA PRESSÃO	61
5.2.4. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO	63
5.2.5. SECAGEM APÓS IMERSÃO	64
5.2.6. COMPORTAMENTO FACE À CRISTALIZAÇÃO DE SAIS	65
5.2.7. RESISTÊNCIA AO DESENVOLVIMENTO DE FUNGOS	67
 6. CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	 69
6.1. CONCLUSÃO	69
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 – Detalhe da estrutura macroscópica da cortiça.....	6
Fig.2.2 – Detalhe da estrutura microscópica da cortiça.....	7
Fig.2.3 – Extração da cortiça.....	9
Fig.2.4 – Montado	10
Fig.3.1 – Exemplo de fissuras	15
Fig.3.2 – Destacamento do revestimento	15
Fig.3.3 – Sujidade na fachada.....	16
Fig.3.4 – Exemplo de eflorescência	17
Fig.3.5 – Exemplo de transparências.....	17
Fig.3.6 – Exemplo de manchas de origem biológica	18
Fig.4.1 – Granulado de Cortiça e Esfera de Poliestireno.....	24
Fig.4.2 – Exemplo de aplicação dos produtos	25
Fig.4.3 – Frequência de avaliação dos parâmetros pelos produtores	26
Fig.4.4 – Secagem na estufa	28
Fig.4.5 – Pesagem dos provetes.....	29
Fig.4.6 – Máquina caroteadora e acessório de arrancamento	31
Fig.4.7 – Forma dos entalhes.....	31
Fig.4.8 – Mesa de Espalhamento.....	33
Fig.4.9 – Compactação.	34
Fig.4.10 – Medição do diâmetro de espalhamento	35
Fig.4.11 – Equipamento fluximétrico	36
Fig.4.12 – Taças-teste.....	39
Fig.4.13 – Selagem das taça-teste.	40
Fig.4.14 – Modo de proceder para o enchimento do recipiente cilíndrico	41
Fig.4.15 – Modo de proceder para retirar o excesso de argamassa	42
Fig.4.16 – Medição com a craveira	43
Fig.4.17 – Modo de apoio do provete para a tensão de rotura a flexão	45
Fig.4.18 – Modo de apoio do provete para a tensão de rotura a compressão	46
Fig.4.19 – Modo de colocar o provete para realização do ensaio	47
Fig.4.20 – Equipamento utilizado para o ensaio de incombustibilidade	49
Fig.4.21 – Equipamento utilizado para ensaio do calorímetro.....	49

Fig.4.22 – Equipamento utilizado no ensaio	50
Fig.4.23 – Equipamento utilizado no ensaio da pequena chama	51
Fig.4.24 – Desempenho de cada critério.....	51
Fig.5.1 – Exemplo de uma Declaração do fabricante	54
Fig.5.2 – Aparelho “Martinet Baronnie”	58
Fig.5.3 – Montagem do ensaio	59
Fig.5.4 – Provetes prontos para o início do ensaio	60
Fig.5.5 – Enchimento dos cachimbos.....	62
Fig.5.6 – Marcação dos provetes	66
Fig.5.7 – Frasco de Kolle.....	68

ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Quadro 4.1 – Parâmetros avaliados nos produtos.....	26
Quadro 5.1 – Requisitos para argamassas de reboco endurecidas.....	55
Quadro 5.2 – Requisitos para argamassas de reboco endurecidas e respectivas normas de ensaio ...	55
Quadro 5.3 – Classificação quanto à suscetibilidade à fendilhação de argamassas de revestimento .	61
Quadro 5.4 – Classificação do crescimento de fungos, segundo a ASTM D 5590-00.....	68

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

A - Área da secção de provete [m^2]

A - Área de contacto da pastilha com a argamassa [mm^2]

A - Área da face plana do disco [m^2]

A - Área da zona comprimida [mm^2]

C - coeficiente de absorção de água por capilaridade [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$]

M_2 - massa obtida aos 90 min [g]

M_1 - massa obtida aos 10 min [g]

f_u - tensão de aderência [N/mm^2]

F_u - carga de rotura [N]

D_1 e D_2 - diâmetros de espalhamento [mm]

D_{med} - diâmetro medio do espalhamento [mm]

Λ - Permeabilidade ao vapor de água [$\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$]

Δp - diferença de pressão entre a água no interior e o ambiente exterior [Pa]

$\Delta G/\Delta t$ - fluxo de vapor de água [kg/s]

R_A - coeficiente de resistência ao vapor de água da caixa-de-ar ($\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}/\text{kg}$) por cada 10 mm de caixa-de-ar.

ρ - Massa volúmica da argamassa no estado fresco [g/dm^3] [kg/dm^3]

M - valor obtido pela subtração da massa do recipiente ao conjunto recipiente mais argamassa, e denomina-se como a massa total de argamassa contida no interior do recipiente [g]

V - Volume de argamassa contido no interior do recipiente cilíndrico cheio que é 1 dm^3 .

V - Volume [mm^3]

l - largura [mm]

a - altura [mm]

c - comprimento [mm]

σ_f - tensão de rotura à flexão valor que deve ser arredondado às centésimas.

F_f - carga aplicada de rotura a flexão [N]

b e h - dimensões das arestas do provete [mm^2]

σ_c - tensão de rotura à compressão valor que deve ser arredondado às centésimas.

F_c - carga aplicada de rotura a compressão [N]

E_d - módulo de elasticidade dinâmico [MPa]

L - comprimento longitudinal do provete [m]

F - frequência de ressonância longitudinal [Hz]

R_t - resistência à tração [N]

F_{max} - força máxima mediada ao longo do ensaio de retração restringida [N]

G - energia de rotura no ensaio de tração [N.mm]

A_{fachada} - absorção de água [kg/m^2]

$C_{\text{absorção}}$ - coeficiente de absorção de água da camada superficial, que é a inclinação do gráfico com absorção de água nas ordenadas e a raiz quadrada do tempo no eixo das abcissas ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$)

T_{chuva} - tempo de duração do ensaio [h]

x - quantidade de água absorvida [ml]

d - diâmetro da superfície em que é feita a penetração de água [mm]

t - duração da leitura [h].

W_{48h} - teor em água por imersão após 48 h [%]

M_{48h} - massa do provete húmido após a imersão durante 48h [g]

M_{seca} - massa do provete seco antes de imersão [g]

$V_{48h\text{água}}$ - volume de água absorvido [cm^3]

W_i - teor em água em qualquer instante i [%]

m_i - massa do provete registada ao fim do tempo i [g]

m_{seca} - massa do provete seco em estufa [g]

$V_{ti}^{\text{água}}$ - volume de água no instante i [cm^3]

m_{ti} - massa do provete húmido no instante i [g]

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A função dos revestimentos de fachada na construção é muito importante pois quando este é executado corretamente e possui características adequadas haverá mais certeza de que não aparecerá qualquer problema, como o surgimento de patologias.

Para se obter boa qualidade e durabilidade nos revestimentos de edifícios, esta deve ser ponderada a jusante da fase do projeto, através de uma escolha que permita minimizar a manutenção e as despesas na construção. [1]

A escolha dos materiais a utilizar nos revestimentos deve ter em conta as suas características mecânicas e físicas de modo a verificar se a sua aplicação em determinados locais é a mais adequada. Nos revestimentos exteriores deve-se considerar a agressividade que o meio em que vai estar inserido acarreta e a capacidade de o material utilizado combater os vários agentes atmosféricos como o calor, o frio, o vento, a chuva, o gelo. [1]

Os revestimentos mais usuais em Portugal podem ser englobados em quatro tipos distintos dependendo da sua função:

- Os revestimentos de estanquidade, onde se englobam as placas de pedra natural ou de outros materiais que são fixados mecanicamente com lâmina de ar, as fachadas ventiladas e os revestimentos de ligantes sintéticos armados;
- Revestimentos de isolamento térmico, onde entra o ETICS, que se referem a placas fixadas mecanicamente com isolante na caixa-de-ar e painéis isolantes;
- Revestimentos de impermeabilização, onde se encontram as soluções encontradas neste estudo, que englobam os rebocos tradicionais, pré-doseados e revestimentos de ligantes sintéticos;
- Por último temos os revestimentos de acabamento e decorativos, com azulejos e ladrilhos colados ou através de pinturas. [1]

Na sua produção há que ter uma boa organização e deve verificar-se eficácia ao longo de todo o processo, devendo ter-se um bom domínio da tecnologia e não deve ser esquecida a origem dos materiais e equipamentos utilizados. [2]

Relativamente ao processo de fiscalização, para que a conformidade do produto seja verificada, deve começar-se logo no início da origem, fabrico dos materiais e equipamentos verificando se estão em conformidade com as diretivas exigidas. Numa segunda fase, os produtos são transportados para a obra, na qual deve ser confirmado se o estado deste está em conformidade com o pretendido. O

trabalho do fiscalizador é muitas vezes facilitado pela marcação de sistema de qualidade dos produtos, pois se este não possuir esta marcação será necessário fazer-se vários ensaios de forma a verificar se os produtos podem ser aplicados ou não nas condições existentes. [2]

A fase mais importante vem na sequência das anteriores e trata-se de todo o processo de aplicação na obra, que deve respeitar diversos requisitos, os quais devem ser testados. Há que ter em conta também a manutenção em serviço. [2]

De maneira a se verificar uma boa fiscalização, esta deve ser realizada aos materiais, à mão-de-obra, aos equipamentos e tecnologias que são usadas nas diferentes etapas de construção. Este fator não apresenta muita importância na fase de fabrico dos produtos, pois habitualmente estes são fabricados cumprindo as diretivas. No transporte dos produtos para a obra e na carga e descarga, apenas se deve ter especial cuidado quando o material a transportar é quebrável. [2]

O surgimento de patologias nas fachadas pode ter inúmeras causas e origens e por isso torna-se muito difícil apontar apenas uma, podendo a combinação de causas e origens ser responsável pelo seu aparecimento. As origens são frequentemente associadas a problemas resultantes do projeto arquitetónico e à inexistência de um projeto adequado para os revestimentos de fachada de edifícios.

Entre os vários problemas nas fachadas, o que mais se verifica são as fissuras, que além de alterar o seu aspeto, uma vez que irão promover infiltrações de água e outros agentes e a fixação de microrganismos, leva também a destacamentos dos revestimentos e ao envelhecimento prematuro da fachada.

Os principais agentes patológicos são de origem natural ou da utilização do edifício, os quais são capazes de mudar o comportamento dos revestimentos de fachada, resultado o qual se deve normalmente à variação dimensional higroscópica no revestimento e da base, à variação dimensional térmica no revestimento e da base, e à incidência de chuvas, ventos e insolação nas superfícies. O aparecimento destes problemas está também relacionado com o facto de a escolha dos revestimentos estar apenas baseada em aspetos estéticos e económicos e não em critérios técnicos confiáveis. [17]

Devem ser considerados também os custos, valores culturais dos utentes, disponibilidade e capacidade de mão-de-obra local, características do meio ambiente, utilização de recursos da região e produtividade.

Para evitar e reduzir muitas vezes estes problemas patológicos seria necessário elaborar um projeto de execução para revestimentos de fachada, onde seriam especificados quais os materiais adequados, ensaios necessários, novas tecnologias, métodos de execução e detalhes de todo o processo construtivo.

Nesta dissertação procurar-se-á ver quais devem ser as características dos revestimentos com incorporação da cortiça. A cortiça foi escolhida como o material a incorporar aos rebocos devido às suas características e propriedades.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho consiste em estudar várias soluções de revestimento de fachada com incorporação de materiais leves, nomeadamente a cortiça, através do levantamento de soluções existentes no mercado europeu e caracterizando as mesmas, identificando as suas possíveis falhas em termos de caracterização, do desempenho, e exigências a satisfazer e a possibilidade de desenvolvimentos futuros. Pretende-se propor um plano de ensaios para caracterização do desempenho deste tipo de soluções de revestimentos.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação é constituída por seis capítulos. O Capítulo 1 corresponde à parte introdutória, onde foi feito o enquadramento do tema e explicado o porquê da sua escolha. No seguimento disto foi definido o objetivo da dissertação e por último indicada da estrutura e a organização deste trabalho.

No Capítulo 2, é feita uma descrição da cortiça através de pesquisas bibliográficas para uma melhor compreensão do material. Em primeiro lugar é efetuada a definição de cortiça bem com a descrição da sua estrutura e como têm origem os granulados de cortiça e suas características. Numa segunda fase foi feita uma pequena introdução, com a descrição dos métodos utilizados na indústria deste material desde a sua extração da árvore.

No Capítulo 3, é feita uma descrição do surgimento e da constituição das argamassas, quais as anomalias mais frequentes em revestimentos de fachada e quais as suas exigências funcionais.

No capítulo 4, é apresentada a descrição das soluções encontradas onde se descrevem as suas virtudes, e os compostos utilizados nas soluções. Numa segunda fase deste capítulo, é apresentada uma análise do que é que as soluções consideram nas suas especificações, alguns ensaios necessários para a sua avaliação, bem como, as referências normativas necessárias para sua determinação.

No Capítulo 5, faz-se um plano de ensaios para caracterização do desempenho deste tipo de soluções de revestimentos.

Por último, o capítulo 6 corresponde às conclusões acerca dos revestimentos e a sua importância, finalizando este capítulo com propostas de desenvolvimentos possíveis para este tipo de soluções.

2

CARACTERIZAÇÃO DA CORTIÇA

2.1. INTRODUÇÃO

Os maiores países produtores de cortiça pertencem à união europeia, com principal destaque para Portugal com mais de metade da produção de toda a Europa, contribuindo para a economia e empregabilidade na união europeia. [3]

A existência de sobreiros, uma árvore adaptada a regiões secas do sul da Europa, promove um meio adequado para muitas espécies animais e vegetais, evitando a desertificação. No entanto, há preocupações no que diz respeito ao retorno do investimento nos sobreirais, uma vez que, para que estes sejam produtivos são necessários até 30 anos. [3]

A matéria extraída do sobreiro, a cortiça, apresenta uma grande vantagem que hoje em dia é muito valorizada: pode ser reutilizada e reciclada, pois as suas propriedades mais relevantes são mantidas intactas ao longo do tempo. Esta reutilização está relacionada com as placas de aglomerado expandido, mas no caso de tal não ser possível, como por exemplo, na ocorrência de quebras de placas, este pode ser triturado para a criação de granulados. [3]

2.2. A CORTIÇA

2.2.1. O QUE É A CORTIÇA E QUAIS AS SUAS MATÉRIAS-PRIMAS

A cortiça é por definição o parênquima suberoso originado pelo meristema súbero-felodérmico do sobreiro (*Quercus suber* L), constituindo o revestimento do tronco e ramos do mesmo. O sobreiro é uma árvore de crescimento lento e de grande longevidade, o seu período mais produtivo vai até aos 150-200 anos, mas podem atingir a idade de 250-350 anos. [3] [4] [5] [6]

A cortiça é constituída por camadas de células de especto alveolar, em que as suas membranas celulares têm um certo grau de impermeabilização e estão preenchidas por um gás, semelhante ao ar, que ocupa cerca de 90% do volume. Possui uma massa volúmica média de cerca de 200 kg/m^3 , tem baixa condutividade térmica e é ainda um material com uma notável estabilidade química e biológica tendo uma boa resistência ao fogo. [3]

Trata-se de um material leve, elástico e muito impermeável a líquidos e gases, além de funcionar como isolante térmico e elétrico e bom absorvente acústico e vibrático. Este é um material inofensivo e quase possui uma conservação indeterminada, apresenta também a capacidade de ser comprimida sem grande expansão lateral, sendo um bom dissipador de energia de deformação. [7] [51]

2.2.2. ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DA CORTIÇA

2.2.2.1. Estrutura macroscópica [3]

A cortiça apresenta anéis de crescimento ao longo da sua espessura, os quais podem ser distinguidos por serem constituídos por células formadas com diferentes dimensões e com diferentes espessuras das suas paredes celulares, formadas na Primavera/Verão ou Outono/Inverno.

Normalmente a qualidade da cortiça pode ser verificada através de alguns aspetos exteriores como a cor clara da cortiça virgem e a lisura, a macieza e pequena espessura da costa, na cortiça de reprodução. A sua qualidade pode também ser determinado pela homogeneidade da sua “massa”, e pela porosidade, sendo este um fator importante, pois os tipos de poros, a sua dimensão, a quantidade e distribuição têm uma grande preponderância na mesma.

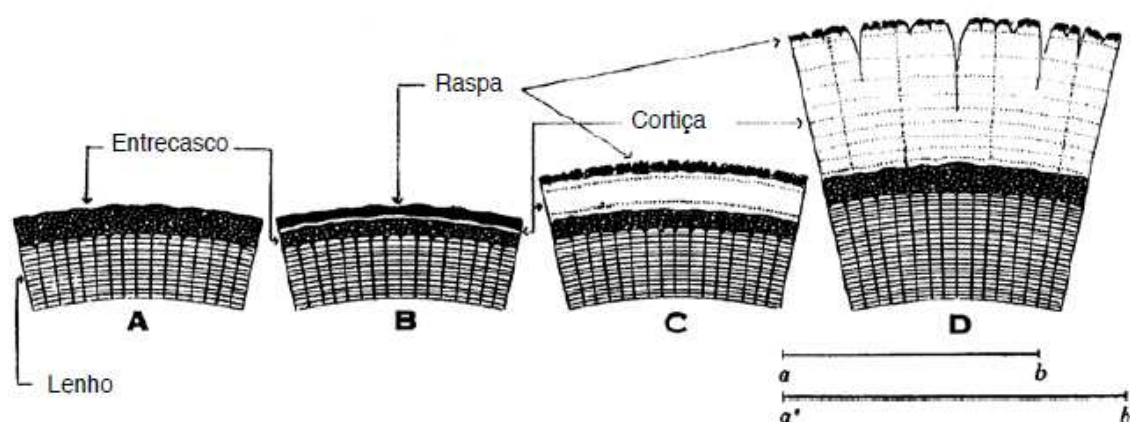


Fig.2.1 – Detalhe da estrutura macroscópica da cortiça. [3]

A extração da cortiça nos sobreiros, faz com que a parte exterior do entrecasco fique exposta, esta é empurrada pelas sucessivas camadas de novas células formadas no interior, dando origem à “raspa”. Esta é o principal constituinte da parte externa da cortiça, a “costa”, que seca, contrai e endurece, e que vai fendilhando em consequência do crescimento. A parte interna do tecido suberoso é designada por “barriga” ou “ventre”, esta tem uma menor elasticidade em relação às outras camadas, apresenta porosidades e está inteiramente relacionada com a qualidade da cortiça.

2.2.2.2. Estrutura microscópica [3]

A cortiça é um tecido constituído por células dispostas de um modo compacto, sem espaços livres e de uma forma regular. O conteúdo destas células desaparece durante o crescimento destas e as membranas celulares sofrem um posterior processo de suberificação, são estas membranas que conferem as características à cortiça e não a estrutura do tecido.

As propriedades da cortiça de isolamento e resiliência resultam do fato de o volume das paredes das células serem cerca de 10-15% do volume total, existindo então, um espaço vazio entre 85-90%. Isto é, as propriedades isolantes da cortiça devem-se ao facto de as células estarem cheias de ar pois estas são mais pequenas do que as dos materiais celulares normais. No entanto, a estrutura das células

possui matéria sólida, a quantidade desta matéria vai influenciar a transferência de calor por condução, sendo esta transferência menor na cortiça expandida termicamente.

As componentes físico-mecânicas da cortiça têm diferentes propriedades, dependendo da maior ou menor dimensão das células. Além disso, o fato de as membranas celulares apresentarem uma espessura mais fina nas células produzidas na Primavera/Verão e maior nas células do Outono/Inverno as suas propriedades também vão ser diferentes.

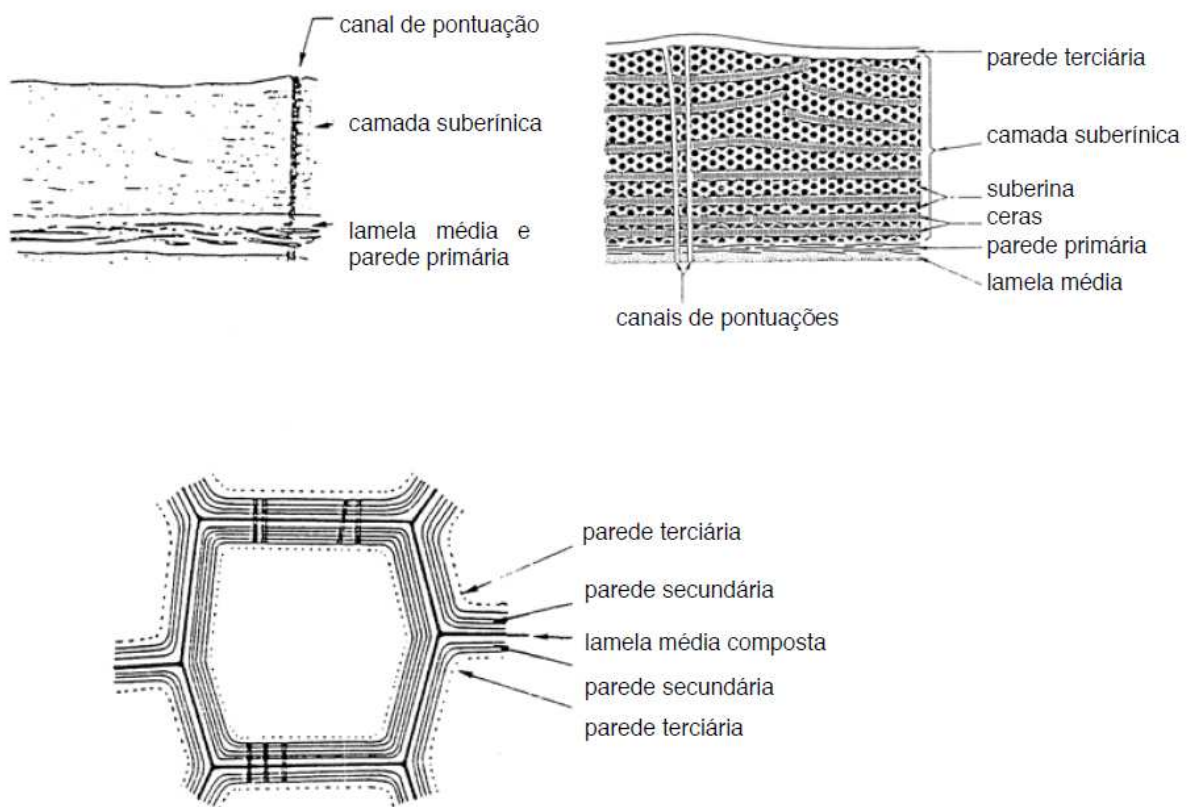


Fig.2.2 – Detalhe da estrutura microscópica da cortiça. [3]

2.2.2.2. Composição Química [3] [5]

Relativamente à sua composição química, a cortiça, junta alguns tipos de compostos que normalmente estão divididos em cinco grupos: em primeiro lugar a suberina, responsável por lhe conferir compressibilidade e elasticidade, ocupando 45% da sua composição química; em segundo a lenhina que é a estrutura das paredes celulares, com 27% na composição; em seguida os polissacáridos com 12% da composição, também ligados à sua estrutura; com 6% temos os ceroides, que repelem a água contribuindo para a impermeabilidade, e os taninos, que dão cor e proteção ao material; por último surgem as cinzas com cerca de 4 %.

Assim, pode afirmar-se que a cortiça é constituída por componentes estruturais de forma polimérica complexa e extensa e componentes não estruturais os quais se dividem em extrativos e não extrativos. Os extrativos dividem-se nos ceroides e nos compostos fenólicos, que desempenham funções protetoras contra ataques de organismos biológicos.

2.2.3. GRANULADOS DE CORTIÇA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Dos inúmeros produtos de cortiça existentes para uso na construção civil, este trabalho apenas vai focar os granulados.

Estes são obtidos através da trituração de subprodutos resultantes da transformação da cortiça, como por exemplo os refugos, as aparas, os resíduos de brocagem, os restos de cortiça virgem e de tipos de cortiça de qualidade inferior. [3]

O processo de transformação começa num destroçamento dos restos de cortiça, reduzindo-os para posteriormente separar as impurezas contidas. Em seguida, faz-se uma trituração que produz os grânulos, faz-se a afinação da granulometria e depois a separação da cortiça de qualidade inferior. Neste processo ainda pode ser retirado o pó de cortiça através da aspiração dos grânulos com menor dimensão. Finalmente, realiza-se a secagem através de secadores rotativos, forçando o ar quente no material com o objetivo de dar ao granulado um determinado grau de humidade. [3]

No final, obtêm-se fragmentos de cortiça com granulometria entre 0,25-22,4 mm, sendo o pó de cortiça a matéria com granulometria inferior a 0,25 mm. Estes grânulos têm uma massa volúmica entre 70-80 kg/m³ e um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,048 W/m °C. Estes dados são fornecidos na Norma Portuguesa NP-114. [3]

2.3. O SECTOR DA CORTIÇA

Normalmente, a extração da cortiça é feita no Verão, entre períodos de 9 anos de diferença. Esta é retirada do tronco e dos ramos do sobreiro na forma de peças semitubulares. A sua extração só é possível de acontecer quando os sobreiros atingem cerca de 0,7m de perímetro a 1,3m do solo. Este processo envolve cuidados como a não extração total do revestimento suberoso, uma vez que pode por em causa a sobrevivência da árvore. A retirada da cortiça é feita manualmente com machados ou através de processos mecânicos, usados atualmente. [3]

Aquando do primeiro descortiçamento, esta chama-se de virgem, apresentando uma superfície exterior muito irregular, à medida que são feitas mais extrações, esta superfície torna-se mais uniforme e assim passa a chamar-se cortiça de reprodução. A cortiça virgem e a primeira cortiça de reprodução são, normalmente, utilizadas para trituração, obtenção de granulados e, talvez mais tarde, para o fabrico de aglomerados. [3] [4]

De salientar que a extração de cortiça está regulamentada por legislação específica, no caso, o Decreto-lei 11/97, de Janeiro do Diário da República Portuguesa. [5]



Fig.2.3 – Extração da cortiça. [3]

O sector industrial da cortiça iniciou-se há várias décadas com o objetivo de preparar e produzir rolhas. Estas indústrias ficavam quase sempre afastadas do local de produção, sendo as condições de produção pouco adequadas, no entanto, no fim da década de 90 este sector sofreu um grande impulso. A existência de melhores técnicas de transformação da cortiça e o desenvolvimento de conhecimentos sobre as vantagens ambientais, sobre a biodiversidade e sustentabilidade ecológica decorrentes desta exploração estão na base desse grande impulso no sector. [8]

Consequentemente, o sector teve a necessidade de acompanhar o desenvolvimento da produção com a construção de novas fábricas mais próximas da zona dos montados e mais capacitadas, quer em dimensão como em tecnologia, para assim serem mais económicas. Com este grande desenvolvimento fabril surgiram novos postos de trabalho além de novos produtos. Este desenvolvimento no sector da cortiça vem-se a observar até aos dias de hoje. [8]



Fig.2.4 – Montado. [6]

O uso da cortiça numa grande variedade de produtos faz com que esta seja importante no sector económico a nível mundial, de referir, que Portugal é dos países que mais domina esta indústria, pois os montados nacionais representam uma grande parte da floresta nacional, o que torna o nosso país o maior produtor e exportador a nível mundial. Além disso, Portugal possui muitos conhecimentos e equipamentos que capacitam o país ao nível da preparação, transformação, aglomeração ou granulação da cortiça. Apesar de o maior destino da cortiça em Portugal ser a indústria vinícola, em segundo lugar surge o sector da construção e em menor parte as matérias-primas e outros. [4]

3

REVESTIMENTOS DE FACHADA

3.1. ARGAMASSAS

Este capítulo fala sobre argamassas, devido ao facto, das soluções encontradas serem argamassas, e então para uma melhor compreensão, faz-se em seguida uma referência ao seu surgimento, bem como a sua constituição e aos diferentes tipos de argamassas.

As argamassas podem ter diversas aplicações, sendo então necessário diferenciá-las.

Estas podem servir de acabamento, proteção e decoração, sendo então atribuído o nome de argamassas de revestimento ou simplesmente reboco. As quais podem ser distinguidas por argamassas tradicionais, corrente e não tradicionais ou monomassa. [5]

As argamassas são designadas de tradicionais e correntes quando são preparadas e doseadas em obra. [9]

As argamassas tradicionais são constituídas por pelo menos um ligante mineral, areia e água, podendo ainda ter algumas adições e adjuvantes. [9]

O desempenho da argamassa está dependente da forma como os diferentes constituintes se comportam em conjunto. [9]

As vantagens apresentadas por este tipo de argamassas é o aspeto económico e a possibilidade de receber uma pintura, no entanto, necessita de mão-de-obra qualificada e mais tempo na execução, para além, de ocupar um maior espaço no estaleiro. [9]

As correntes são constituídas por um ou mais ligantes minerais como o cimento, cal hidráulica e cal aérea, por areia, água e possivelmente alguns adjuvantes e adições. [5]

Na atualidade, as argamassas mais utilizadas são as industriais. Contrariamente às argamassas tradicionais, estas são preparadas e doseadas em fábrica, podendo apresentar-se em pó, onde apenas é necessária a adição de água, ou em pastas já prontas a serem aplicadas. Existem ainda as argamassas industriais semiacabadas, dentro das quais existem [9]:

- As pré-doseadas, onde os componentes são doseados em fábrica, mas misturadas em obra segundo as recomendações do fabricante [9];

- As pré-misturadas onde os constituintes da argamassa são doseados e misturados em fábricas e as adições de cimento são feitas em obra. [9]

Destaca-se, dentro das argamassas não tradicionais, os rebocos monocamada sendo estes aplicados no suporte em apenas uma camada, mas tendo o mesmo desempenho conseguido nas argamassas com três camadas. [9]

Quando uma argamassa possui mais que um ligante denomina-se de bastarda e também se for feita a adição de adjuvantes para melhorar as propriedades das argamassas de forma a satisfazer as suas necessidades. [5]

3.1.1. HISTÓRIA [9] [10] [11]

A utilização de argamassas remonta a tempos antigos entre 1100 e 500 A.C. sempre com um papel importante na construção. Sendo na época o seu principal papel de proteção das alvenarias contra os problemas causados pelos agentes climáticos. Na época, as argamassas eram apenas constituídas por pedras de dimensão reduzidas que eram unidas com cal aérea.

As argamassas também foram utilizadas pelos egípcios, sendo os Gregos os responsáveis pela expansão da sua utilização na Europa.

Foi no tempo romano que as argamassas tiveram uma grande evolução em termos de qualidade, através do desenvolvimento de novas técnicas que possibilitassem o fabrico da cal, além de avaliarem a possibilidade de aplicar novos aditivos na sua composição para um melhor desempenho.

Com o fim do império romano muitos dos conhecimentos e experiência foram perdidos, e na idade média, a sua utilização e duração foi menor, o que levou a que as argamassas tivessem menos qualidade, e só após a revolução industrial, com o aparecimento do cimento Portland, devido à facilidade da sua produção e o seu custo, foi-se substituindo a cal hidráulica como ligante nas argamassas para construção foi permitido que as argamassas se tornassem mais resistente e com uma presa mais rápida. Aquando do surgimento do cimento Portland, as mesmas foram evoluindo acrescentando-o à composição inicial, aumentando a resistência e a aderência aos suportes.

Com o surgimento do cimento o uso de cal caiu em declínio, surgindo posteriormente produtos pré-doseados. Mas devido ao uso de cimento em argamassas apresentar maus resultados em obras de reabilitação o uso de cal aérea voltou à ribalta.

Ao surgir o betão armado houve uma mudança total, é nesta altura que surgem problemas relativos a fissuração e destacamentos das argamassas, uma vez que antes as alvenarias tinham uma função estrutural, as tensões iam sendo distribuídos ao conjunto revestimento suporte, na direção vertical da edificação, devido ao peso próprio e as cargas resultante da utilização, na altura também os movimentos higrotérmicas eram dissipados pelas elevadas espessuras de argamassa.

3.1.2. CONSTITUIÇÃO DAS ARGAMASSAS

Relativamente aos constituintes das argamassas temos os agregados que resultam da mistura de partículas com granulometria variável, estes são classificados segundo a origem e a dimensão das partículas, assim como, o peso específico aparente. [5] [12] Não têm qualquer importância para o processo de endurecimento das argamassas. [13]

Em relação à origem, eles podem ser naturais, industriais ou reciclados, onde os mais utilizados são os naturais. [5] [12]

Segundo as dimensões das partículas, podem ser consideradas: finas, partículas com dimensões que passa o peneiro de 4 mm, ou grossas, e considera-se a areia que resulta da desagregação natural ou de britagem de rochas e a sua dimensão deve-se situar-se entre 4 a 6 mm. [5] [12]

Segundo a sua massa volúmica, são considerados materiais leves, médios e pesados. [5] [12]

Estes normalmente são areias existentes na zona onde se vai aplicar as argamassas. Estas devem contribuir para endurecer a pasta de argamassas através de reações químicas. Sendo essenciais para o comportamento das argamassas, designados como o esqueleto da argamassa. [9]

Escolher um bom agregado deve ter por base a forma dos seus grãos, a sua granulometria, a porosidade e a dureza, além disso, os agregados devem envolver-se totalmente com o ligante para que a argamassa seja o mais coesa possível. A escolha da granulometria vai ditar o comportamento das argamassas, bem como permitir utilizar soluções mais económicas com o uso de quantidades menores de ligantes. Os agregados são considerados o esqueleto das argamassas sendo fundamentais para a compacidade e retração das argamassas. [5] [9]

Existem também os ligantes, sendo que a diferença entre os ligantes hidráulicos e os aéreos é que os primeiros ganham presa e endurecem através das reações de hidratação, e por isso exigem a presença de água no processo, nos ligantes aéreos isso acontece devido a reações de carbonatação, tornando o processo mais lento. [5]

Os ligantes hidráulicos, como a cal hidráulica e o cimento Portland, devem ser materiais capazes de aglutinar, articular, e funcionar como elementos capazes de proporcionar a ligação dos diferentes constituintes das argamassas. Materiais que ao serem misturados com água devem formar uma pasta que deve ser capaz de endurecer e ganhar presa, devido a reações provocadas pela hidratação ou carbonatação, além disso, deve ter a capacidade de colagem ao suporte ao qual vai ser aplicada, de conceber coesão e resistências mecânicas as argamassas. Estes podem surgir separadamente ou em conjunto. [5] [13]

O outro ligante existente é a cal aérea que possui baixas características mecânicas e baixa retração, mas esta cal deve surgir em mistura com o ligante principal. Estes devem ser misturados de modo a tornar a retração e o módulo de elasticidade o menor possível. [13]

O outro componente das argamassas é a água, pois a mesma vai possibilitar as reações de hidratação para se puder formar uma pasta que possibilite a aglomeração dos agregados. A quantidade de água depende da trabalhabilidade, bem como a aderência ao suporte e a facilidade de aplicação das argamassas. Há que ter em conta que esta vai variar conforme a composição das argamassas a produzir. Esta água de amassadura condiciona as características mecânicas de uma argamassa no estado endurecido, pois ao ser utilizada demasiada água pode provocar um aumento da retração na secagem e da porosidade. A água a utilizar na amassadura deve ser limpa e sem impurezas, e sem sais. [5] [9]

No geral, a água de amassadura é apresentada através da relação entre a água e o ligante. [5]

É então necessário que, antes da produção de uma argamassa, devem analisar-se os ligantes usados, o traço das argamassas, a granulometria e a natureza dos agregados bem como a trabalhabilidade pretendida. Além de que, para que seja conseguida uma boa argamassa é necessário que os grãos do agregado sejam bem envolvidos pela pasta de cimento. [5]

Os adjuvantes têm como principal função modificar as diversas propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido, a sua ação pode ser temporária, ao longo da aplicação e presa, ou de forma permanente, em que altera as características do revestimento. [13]

Temos como exemplo de adjuvantes, os retentores de água, os promotores de aderência, os hidrófugos e os introdutores de ar. [13]

Os retentores de água têm a função de tornar a secagem um processo mais lento ao longo da presa, possibilitando uma hidratação correta dos ligantes hidráulicos e na aderência ao suporte. [13]

Os promotores de aderência são geralmente, as resinas, que visam melhorar a aderência sem aumentar a quantidade de cimento, funcionando como um ligante secundário, além de aumentarem a coesão e a resistência à tração por flexão. Também reduzem o módulo de elasticidade. [13]

A introdução de hidrófugos leva à diminuição da capilaridade do reboco, funcionam de forma a tapar os poros e os capilares para minimizar a penetração de água ou a circulação da mesma ao longo do revestimento, melhorando a sua capacidade de impermeabilização. [13]

Por último, os introdutores de ar criam pequenas bolhas de ar no interior das argamassas ao longo da amassadura, melhorando a elasticidade e a trabalhabilidade dos revestimentos. [13]

Outro dos constituintes de uma argamassa são os aditivos que têm a função de melhorar determinadas propriedades, como por exemplo, as fibras que podem ser minerais, celulósicas ou sintéticas, ou a pozolanas, que são naturais ou artificiais. [13]

3.2. ANOMALIAS EM REVESTIMENTOS DE FACHADA [13] [15]

No processo de avaliação do desempenho das fachadas deve-se ter em conta muitos factores como: as condições climáticas, a facilidade de manutenção, a incidência de cargas térmicas, os custos de aquisição, a rapidez de execução, a estanqueidade ao ar e à água, a satisfação das exigências higrotérmicas e acústicas, a estabilidade mecânica, a segurança ao fogo, a durabilidade dos materiais. Além disso, deve também dar-se atenção a requisitos relativos a segurança, sustentabilidade e habitabilidade.

As paredes de fachada estão sujeitas ao aparecimento de algumas patologias que quase sempre podem ser evitadas e que quando surgem afetam em muito o desempenho geral das fachadas. O combate a estes problemas tem vindo a ser amplamente estudado ao longo do tempo, para que, se possa registar e avaliar os casos novos que surjam para que não sejam reincidentes.

Com o passar dos anos e através do registo das patologias encontradas, é possível estabelecer quais são algumas das principais causas das patologias mais correntes nos revestimentos, como: juntas de dilatação inadequadas, a ausência de grampeamento, deficiência na execução da caixa-de-ar em paredes duplas, erros na escolha ou aplicação de isolamentos térmicos nas caixa-de-ar e na utilização de barreiras para-vapor e de pinturas impermeáveis, má proteção contra a humidade ascensional e o uso de rebocos hidráulicos tradicionais de forma inadequada. [14]

Segue-se um breve resumo das patologias mais frequentes nos rebocos exteriores.

O aparecimento de fissuras ou fendas pode ser causado através de: [26]

- Deslocamentos do revestimento em relação ao suporte;
- Deformações dos elementos estruturais;
- Retração na secagem inicial da argamassa;
- Falta de cuidado na execução;
- Espessura significativa das camadas;

- Não cumprimento dos tempos de secagem entre as diversas camadas;
- Aplicação em condições atmosféricas desadequadas;
- Devido á perda de elasticidade do revestimento resultante do seu envelhecimento.



Fig.3.1 – Exemplo de fissuras. [16]

Outra das patologias é o empolamento ou perda de aderência que, consiste no destacamento, na formação de convexidades em grandes áreas ou apenas numa área localizada que se pode alastrar. A ocorrência desta patologia poderá dever-se a ataque dos sulfatos solúveis na água á argamassa de revestimento, devido à presença abundante e prolongada da água onde os suportes possuem um teor elevado desses sais, à escassa permeância ao vapor de água e à capilaridade. Juntamente com esta patologia pode surgir o destacamento de placas resultam na queda de porções ou da quase totalidade do revestimento, que ocorre quando não resta qualquer aderência do revestimento ao suporte. Um suporte muito liso ou que tenha sofrido a aplicação de algum hidrófugo pode levar a uma má aderência.



Fig.3.2 – Destacamento do revestimento. [13]

Outra patologia é a degradação do aspeto que pode manifestar-se com o aparecimento de manchas de humidade, bolor, eflorescência, cripto florescências, manchas de sujidade, cor não uniforme ou desbotada, sujidade com tonalidades diferentes.

No ar podem existir partículas de sujidade em suspensão que se podem fixar nas fachadas, principalmente se as mesmas estiveram húmidas ou amolecidas pela ação do sol. A poluição do ar com compostos sulfurosos e outros causa o aparecimento de chuva ácida, que penetrando no material de construção através dos poros dos revestimentos de fraca qualidade, ataca quimicamente os materiais.



Fig.3.3 – Sujidade na fachada. [13]

A eflorescência consiste em manchas esbranquiçadas nos paramentos devido à cristalização na superfície dos paramentos de sais solúveis. A água que fica retida no subsolo pode levar à origem das mesmas, pois ela ascende por capilaridade chegando à fachada através dos poros do material de construção que se comporta como uma esponja. Esta água transporta substâncias que podem recrystalizar, dando origem a fenómenos de eflorescências à superfície ou entre o reboco e o acabamento. [17]



Fig.3.4 – Exemplo de efflorescência. [18]

Podem surgir também sombreamentos ou transparências seguindo as juntas do suporte sobre o que está aplicado. A sua causa pode dever-se a espessuras de revestimentos muito reduzidas e a juntas de alvenaria mal executadas ou com uma maior permeabilidade.



Fig.3.5 – Exemplo de transparências. [13]

O aparecimento de manchas com cor e textura alteradas e diferentes pode dever-se ao desrespeito das condições de amassadura e aplicação recomendadas. Fenómenos de termaforese levam ao

aparecimento de manchas escuras em zonas dos paramentos correspondentes a pontes térmicas, devido ao depósito de poeiras nessas zonas, à sua retenção pela humidade de condensação e às diferenças significativas entre as condutibilidades térmicas das juntas e dos blocos.

O desenvolvimento de bolores, fungos e musgos manifesta-se através de manchas escuras ou esverdeadas nos paramentos de locais húmidos ou mal ventilados. Manifestam-se em zonas onde as condições de vida desses cripto- organismos se verificam ou devido à perda de eficácia dos adjuvantes fungicidas e bactericidas, dosagens pequenas dos adjuvantes e fachadas com fraca exposição ao sol e sujeita a humedecimento.



Fig.3.6 – Exemplo de manchas de origem biológica. [19]

Para que o desempenho das fachadas seja o mais correto existe a necessidade de uma boa manutenção, pois, com o passar dos anos e ao não haver manutenções, é normal que possam aparecer degradações, como a sujidade.

Existem produtos que podem ser usados com a finalidade de atenuar a penetração das águas e agentes agressivos como os hidrófugos e os impermeabilizantes. Os primeiros são uma solução incolor e tornam a superfície onde são aplicados repelentes à água, mas, no entanto, não impedem a passagem de gases e vapor de água, enquanto os segundos, são, por exemplo, os polímeros acrílicos e acrílico-estirenos que formam uma película na superfície que serve de barreira a gases, à água e ao vapor de água.

3.2. AS EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS REVESTIMENTOS [20] [21]

As exigências funcionais dos revestimentos de paredes são indissociáveis das exigências funcionais das paredes. [20] De modo a que as patologias sejam minimizadas, os revestimentos devem estar em conformidade com as seguintes exigências.

Primeiramente existem as exigências de segurança as quais visam garantir a proteção plena dos utilizadores perante causas que ponham em risco as suas vidas e a integridade física, estas são

exigências primordiais. As obras devem ser feitas para que: se possam suportar determinadas cargas que não ponham em risco o desabamento total ou parcial da obra; não aconteçam deformações de grau inadmissível; não surjam danos em outras partes da obra, das instalações ou do equipamento instalado como resultado de deformações importantes dos elementos resistentes; não apareçam danos desproporcionados relativamente ao facto que esteve na sua origem.

Dentro desta exigência existem outras: a de estabilidade de solicitação normal de uso e de ocorrência accidental. Relativamente à primeira, a estabilidade estrutural deve ser assegurada pela estrutura. Quanto aos revestimentos, estes devem resistir sem se deslocar nem cair quando solicitados por ações que resultam da utilização normal. No que diz respeito às solicitações accidentais, os revestimentos devem ser reforços às ações de choque, podendo verificar-se estragos, mas nunca o atravessamento. A análise destas exigências pode ser feita pela Energia de choque para a qual não há atravessamento da parede.

Na segurança outra das exigências é contra o risco de incêndio, assim, há que ter em conta a reação ao fogo e é por isso que os revestimentos devem contribuir para minimizar o risco de deflagração e propagação do fogo. Para tal é necessário avaliar a classe de reação ao fogo que o revestimento possui e a ação fisiológica dos produtos de combustão dos revestimentos sobre os utilizadores deve ser mínima e assegurar tempos de alarme, evacuação ou a sobrevivência dos utilizadores. Os utilizadores dos edifícios não devem sentir qualquer insegurança no que diz respeito ao uso, segurança a qual pode ser posta em causa devido a toxidade, rugosidade ou temperatura da superfície entre outros.

Outra das exigências é a de compatibilidade com o suporte, que deve ser compatível com o revestimento do ponto de vista geométrico, mecânico e químico. A compatibilidade geométrica está relacionada com a planeza e regularidade superficial apropriadas à espessura e ao mecanismo de aplicação do revestimento. Deve assegurar também uma compatibilidade mecânica entre o suporte e o revestimento de modo a assegurar que quando são instaladas deformações excessivas num deles, as quais provocam degradação, não se instalem no outro. Por último a necessidade de compatibilidade química, pois esta ao não existir poderá levar a fenómenos como a expansão, empolamentos ou descolamentos.

Em relação às águas provenientes da chuva, o revestimento deve ter estanquidade e deve contribuir para que o conjunto revestimento/tosco seja estanque, referimo-nos assim, às exigências de estanquidade à água. Estas exigências referem que não se deve verificar um humedecimento exagerado e prolongado de forma a evitar a degradação e a permanência de água entre o revestimento e o suporte. Os revestimentos devem ser permeáveis ao vapor de água para permitir a passagem para o exterior do vapor existente no seu interior e também para que a água por ele absorvida, e que tenha atingido o suporte na sequência de uma chuvada, possa ser devolvida ao exterior na forma de vapor quando as condições atmosféricas forem favoráveis. A avaliação desta exigência é feita em função da permeabilidade à água sob pressão, à absorção da água por capilaridade, à absorção de água por imersão, permeabilidade ao vapor de água e à porosidade do revestimento.

As exigências termohigrométricas são outro dos aspetos a ter em conta com vista a ajudar no isolamento térmico das paredes, pois, nas situações de inverno e verão é importante ter um bom isolamento térmico. Estas exigências visam garantir uma vida saudável e a proteção contra a falta de suavidade do ambiente natural exterior, resistindo à passagem de calor por condução e limitar as condensações no interior. Para tal deve ser avaliada a condutibilidade térmica do revestimento em questão.

Em relação às exigências de conforto acústico, apesar de estas não serem uma exigência primordial dos revestimentos exteriores, estes devem contribuir para um bom isolamento acústico.

As exigências de pureza do ar devem ter-se em conta, podendo ser avaliada através da análise da libertação de poluentes por parte do revestimento.

Os revestimentos devem satisfazer também exigências de conforto visual, isto é, devem ser agradáveis à vista, sem qualquer defeito de superfície, nem provocar incómodos aos vizinhos devido às reflexões provocadas pela luz do sol. A planeza e a verticalidade devem ser verificadas e os revestimentos não devem apresentar qualquer tipo de ondulações. A retidão das arestas é avaliada “in situ”.

A homogeneidade de enodoamento pela poeira é outra das exigências do ponto de vista de conforto visual, pois o aparecimento das poeiras nas paredes mais frias pode acontecer devido às diferenças de temperatura da superfície e é avaliada pelo fator de heterogeneidade da temperatura superficial. Na sua avaliação deve ser verificada a homogeneidade de cor e brilho, não se verificando inconsistências nestes aspetos.

Em termos de exigências de conforto táctil, os revestimentos não devem apresentar qualquer aspereza, nem arestas, descontinuidade nem serem pegajosos e húmidos.

Exigências de higiene implicam que os revestimentos não devem proporcionar a fixação de poeiras e micro organismos e devem resistir a produtos de limpeza correntes.

Outra das exigências é de adaptação à utilização normal, onde os revestimentos devem permitir performances adequadas às ações a que irão ser submetidos ao longo da vida, como ações de: choque ou de atrito, da água, de produtos químicos ou domésticos e da poeira. A avaliação deve ser feita à energia de choque e com a avaliação da resistência à riscagem no que diz respeito à resistência a ações ou choque de atrito. As águas a que os revestimentos devem resistir devem ser as da chuva, de projeções acidentais e de limpeza, onde a degradação não deve ocorrer pela ação da queda de gotas de água ou escorrimento. As características mecânicas não devem ser postas em causa e a avaliação deve ser feita através de ensaios de erosão pela água, de escorrimentos de águas, ou de alteração das características mecânicas no estado húmido. A aderência ao suporte deve ser bem conseguida e é avaliada através do arrancamento por tração. Os revestimentos são muitas vezes sujeitos a cargas de suspensão e por isso devem apresentar uma boa resistência à fixação e após a extração a reparação deve ser fácil. A sua avaliação deve ser feita através da avaliação da força de arrancamento do dispositivo de suspensão existente perpendicularmente ao paramento e a força máxima de flexão não deve provocar a deterioração do revestimento.

Nas exigências de durabilidade, a durabilidade é expressa pela alteração significativa do revestimento, ao longo do tempo, em condições normais de uso. A resistência aos agentes climáticos deve ser verificada pois os revestimentos devem estar preparados para as variações de temperatura, do teor de água e da radiação solar, não sofrendo qualquer alteração física ou química resultantes de ações isoladas ou combinadas de calor, frio e da água. A degradação não se deve verificar com a variação do tempo e insolação prolongada seguida de uma chuvada. Com a luz, as cores devem ser estáveis. Na avaliação a regra é submeter o material a ciclos de envelhecimento, que podem ser de natureza diversa: gelo/degelo, choque térmico, precipitação, raios ultravioletas e depois desses ciclos, repetir os ensaios de caracterização das suas propriedades para ver se se verificam alterações.

Os produtos químicos do ar, os próprios produtos constituintes da atmosfera e os produtos contaminantes, não podem provocar qualquer problema, a avaliação deve ser feita por ensaios de exposição aos agentes agressivos cuja presença no ar seja provável nas zonas onde o revestimento venha a ser utilizado.

A durabilidade também pode ser posta em causa pela erosão provocada pelas partículas sólidas em suspensão no ar, como o pó, a sua avaliação é feita pelo ensaio de erosão pela areia. O revestimento

deve resistir também à fixação e ao desenvolvimento de bolores, pois mesmo que sejam aplicados agentes fungicidas, a sua utilização apenas retarda o seu aparecimento, pois reunidas as condições os bolores vão acabar por se desenvolver.

As exigências de facilidade de limpeza e as exigências de aptidão para o armazenamento referem-se à existência de condições para os produtos de revestimentos poderem ser armazenados sem sofrer problemas de desempenho.

As exigências económicas referem-se ao investimento inicial e de manutenção, pois estes devem ser mínimos de forma a satisfazerem também as exigências anteriores, como a durabilidade.

No que diz respeito à aplicação dos rebocos, são recomendadas tradicionalmente pelo menos três camadas: o chapisco ou camada de aderência, a camada de base para regularização e impermeabilização e a camada de acabamento para proteger e dar um acabamento esteticamente adequado, o qual é complementado normalmente por uma pintura.

As diferentes camadas têm funções diferentes, por isso devem ter uma dosagem específica, uma vez que, diferentes funções implicam características diferentes e por vezes contraditórias da argamassa.

Na aplicação de cada camada deve existir um determinado período de secagem entre elas, o qual é favorável para o seu comportamento no que diz respeito à fendilhação e à água, uma vez que gera barreiras a entrada de água líquida, no entanto, deve promover a evaporação.

Cada vez mais, se recorre à utilização de produtos pré-doseados, aplicados numa única camada ou em duas camadas seguidas de pintura, uma vez que a solução apresentada anteriormente implica custos elevados de mão-de-obra e os prazos de construção são cada vez mais curtos.

Uma vez que estes produtos são constituídos por diversas adições e a sua formulação é elaborada, conseguem normalmente, com menos camadas, atingir um desempenho que as misturas correntes não alcançam.

4

CARACTERIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE REVESTIMENTO DE FACHADA EM ESTUDO

4.1. APRESENTAÇÃO

A função básica da habitação é a de criar um ambiente fechado, no qual é assegurado o abrigo e o bem-estar. A habitação deve então ter qualidade, no sentido de ter capacidade de intervir favoravelmente nas trocas de calor, energia, ruídos, luz e trocas de massas de ar, água líquida e vapor, trazendo grandes benefícios em termos de resistência térmica, inércia térmica, equilíbrio higrotérmico e saúde ambiental. [22]

Assim, é importante a existência de um adequado e bom isolamento térmico de forma a combater a crise de energia e consequente necessidade de poupança, promovendo também conforto e melhorias nas condições de vida. [22]

Assim sendo, neste capítulo apresentar-se-ão as soluções de revestimentos encontradas à base de argamassas com incorporação de materiais leves como a cortiça ou o poliestireno expandido, dadas as características apresentadas.

Tendo em conta que a cortiça é um material muito completo, leve, não tóxico, biológico, inalterável, impermeável, resistente, termicamente inerte e eletricamente neutro, apresentam-se de seguida soluções de revestimentos com incorporação deste material. Podemos também referir outro material com algumas características semelhantes: o poliestireno expandido. O poliestireno resulta da polimerização do monômero de estireno, e a sua principal característica é a flexibilidade ou a facilidade de ser moldado sob a ação do calor.



Fig.4.1 – Granulado de Cortiça [38] e Esfera de Poliestireno. [23]

De forma a estudar as propriedades dos revestimentos com a incorporação de granulados de cortiça, procedeu-se à pesquisa desse tipo de produtos.

Na pesquisa realizada não foram encontradas muitas soluções com a incorporação destes dois materiais pois, este é um campo pouco explorado. Foram encontradas sobretudo argamassas que, segundo os produtores das soluções, tanto podem ser utilizadas em interiores como em exteriores.

Através da análise da informação encontrada ficou-se a conhecer as virtudes dos produtos. A constituição das soluções é na sua maioria semelhante, e cada constituinte tem como finalidade desempenhar uma função específica, melhorando assim o produto final.

No que diz respeito às soluções em que a cortiça é incorporada, as soluções encontradas têm diferentes constituições, estas são descritas em seguida.

Um dos produtos consiste na mistura de cortiça granulada com argila moída, plastificantes biodegradáveis e fibras de poliéster que, ao serem adequadamente dosados e misturados com cal hidráulica natural, dão origem ao produto final. [25]

Outro produto encontrado, possui na sua composição uma mistura especial de anidro com cal hidráulica, caulino, perlite expandida, pó de cortiça, agregados, agentes estabilizadores, compostos específicos anti-sal, reforços de fibra natural e apenas com adição de água este produto está pronto para uso. Esta solução conduz a um valor de condutibilidade térmica muito baixa devido à sua estrutura alveolar e às microbolhas com ar. Os minerais existentes no produto têm uma menor resistência à difusão de vapor de água tornando-o assim um material permeável. [22]

Foi encontrada também uma solução de cal natural pura NHL 3,5 certificada, com micro grânulos de pedra-pomes pura, granulados de cortiça e calcário dolomítico de granulado fino, extrafino e médio. Esta é uma solução altamente permeável que contém apenas matérias-primas naturais e inertes recicláveis em fim de vida. [26]

Por último, surge um produto constituído por cortiça, argila, terra diatomácea, vários aditivos naturais, fibras de polipropileno, sendo este último constituinte, o único material obtido em laboratório. Nesta solução a argila tem como função dar consistência à argamassa. Trata-se de um composto inerte, poroso e leve. A terra diatomácea é um material com elevado grau de porosidade o que lhe confere um poder de absorção até uma vez e meia do seu próprio peso mantendo as suas características de material inerte completamente seco. Os aditivos naturais são todos eco-compatíveis, obtidos de vegetais, tendo como função a união da mistura tornando-a mais maleável e de fácil aplicação. Por último, as fibras de

polipropileno têm o papel de impedir o surgimento de fissuras e tornar o reboco resistente do ponto de vista mecânico. [27]

Relativamente às soluções com poliestireno, estas possuem constituições muito semelhantes entre si, pois são feitas à base de ligantes hidráulicos, agregados, produtos sintéticos e esferas de poliestireno expandido em diversos tamanhos com aditivos especiais favoráveis à retenção de água, plasticidade, aderência e impermeabilidade da superfície. Por vezes a aplicação destas soluções pode não ser o suficiente, assim, pode ser necessária a adição de outros produtos de forma a obterem uma elevada permeabilidade ao vapor de água. [28] [29] [30]

As soluções com a incorporação destes dois materiais apresentam uma grande elasticidade, leveza e podem ser por vezes utilizados na reabilitação energética de edifícios antigos. Esta mesma elasticidade garante uma superfície uniforme após a sua aplicação e a sua resistência mecânica previne a sua danificação através de cortes ou projeções de objetos, além de proteção contra o fogo.

A aplicação da maioria das soluções tanto pode ser manual, através de espátula, como de forma mecânica, privilegiando as obras de maiores dimensões. Possuem ainda uma trabalhabilidade muito boa após largos períodos da sua instalação. Estes produtos devem ser aplicados por pessoal qualificado, que na sua aplicação devem proteger a superfície da chuva, vento, sol e geada em todas as fases.



Fig.4.2 – Exemplo de aplicação dos produtos. [22]

4.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E RESPECTIVAS NORMAS A AVALIAR NAS SOLUÇÕES DE REVESTIMENTO

4.2.1. INTRODUÇÃO

Na informação apresentada pelos produtores foram recolhidas as informações técnicas dos produtos, assim como, as respetivas normas quando estas foram referidas. Estas informações dão a conhecer melhor as características do produto, as quais se podem ver no quadro seguinte. Alguns produtos apresentaram uma informação mais completa e detalhada do que outros.

Quadro 4.1 – Parâmetros avaliados nos produtos

Parâmetros	Norma	Frequência do parâmetro avaliado nos produtos (em percentagem)
Absorção de água por capilaridade	EN 1015-18	67%
Aderência ao suporte	EN 1015-12	83%
Consistência no estado fresco	EN 1015-3	17%
Condutibilidade Térmica	EN 12667	100%
Durabilidade	-	17%
Permeabilidade ao vapor de água	EN 1015-19	83%
Massa volúmica no estado fresco	EN 1015-6	33%
Massa volúmica no estado endurecido	EN 1015-10	83%
Resistência à compressão	EN 1015-11	100%
Resistência à flexão	EN 1015-11	50%
Módulo de Elasticidade	NF B10-511	17%
Reação ao fogo	Várias	17%
Resistência ao fogo	-	67%

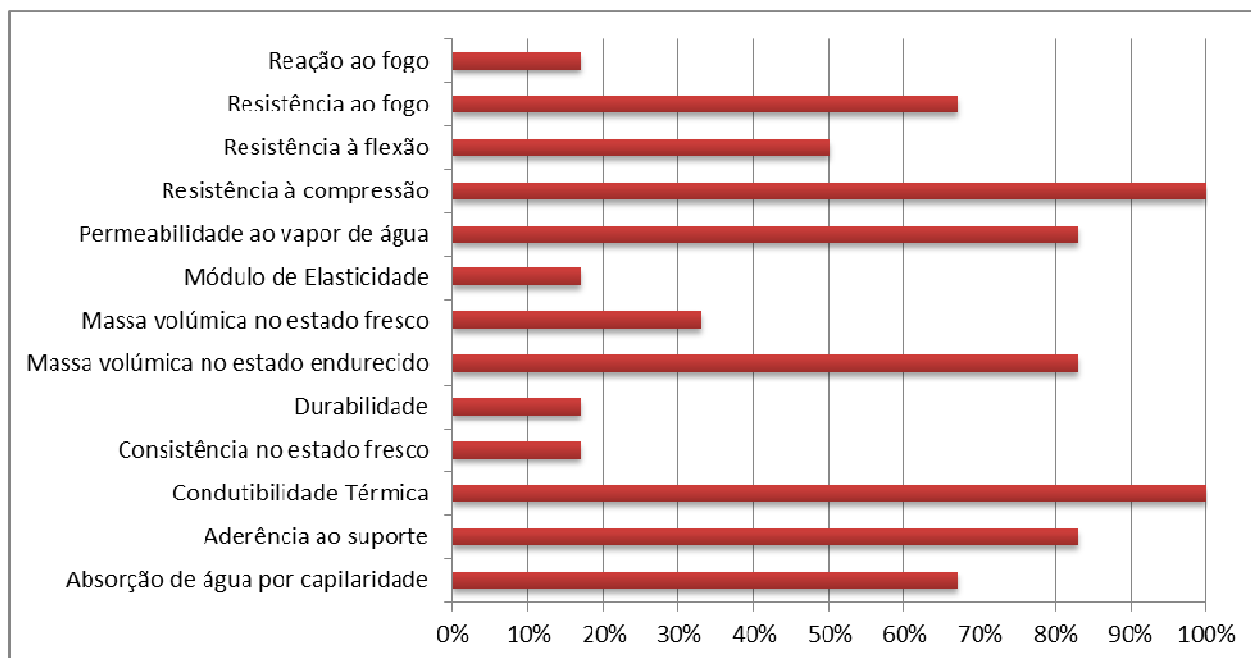


Fig.4.3 – Frequência de avaliação dos parâmetros pelos produtores.

Através da análise dos dados recolhidos dos produtos pesquisados, podemos concluir que as avaliações realizadas dão resposta aos requisitos mínimos de avaliação do desempenho destes revestimentos, no entanto, notam-se falhas relativas à escolha desses parâmetros e a falta de alguns também importantes. Estas lacunas serão tidas em consideração posteriormente no Capítulo 5 que corresponde a proposta do plano de ensaios para a caracterização do produto.

Segue-se uma análise de cada um dos parâmetros avaliados, de forma a revelar a sua importância bem como a forma de avaliá-los.

4.2.2. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE [5] [9] [10] [31] [32] [33] [34]

Os revestimentos podem ser atingidos por humidades que ascendem por capilaridade. Esta absorção deve-se ao facto de os solos estarem húmidos, pelas águas pluviais ou freáticas e à inexistência de obstáculos que impeçam a sua ascensão. [9] Este parâmetro é avaliado no âmbito das exigências de estanquidade à água, durabilidade e compatibilidade com o suporte, como dito anteriormente no capítulo 3.

A absorção capilar não é mais do que a penetração de um fluido através de diferença de pressões que ocorre quando esse líquido contacta com os poros, sendo provocadas através de forças capilares, que são inversamente proporcionais às secções dos poros. [5]

A avaliação da absorção de água por capilaridade é fornecida em várias soluções de revestimento, tal dever-se-á ao facto de se tratar de uma das características mais importantes no desempenho das argamassas. Isto porque, quanto maior for a porosidade das argamassas mais fácil será a percolação da água no seu interior, pois estas são capazes de tando absorver como de escoar a água através de sucção capilar. A durabilidade bem como a compatibilidade com o suporte de um revestimento é posta em causa com a penetração de água por capilaridade para o interior das alvenarias juntamente com sais que possam existir no suporte ou no próprio revestimento. [10]

A capacidade de impermeabilização em zona não fendilhada é também um aspeto importante, e então deve-se ter uma capilaridade reduzida o que leva a uma melhoria dessa capacidade. E tanto a absorção de água por capilaridade como a permeabilidade dão a conhecer a resistência que um revestimento opõe à penetração de água. [10]

A utilização de hidrófugos e de introdutores de ar contribuem para diminuir a capilaridade do reboco. Estes atuam tapando os poros e os capilares e consequentemente a penetração de água ou a movimentação da mesma no revestimento ficam dificultadas, no entanto, se se verificar fendilhação a sua utilização perde todo o efeito. [13]

A determinação da absorção de água por capilaridade tem por base os procedimentos existentes na norma EN 1015-18.

Os provetes deverão ser previamente sujeitos a um processo de cura de 28 dias, os quais devem ser cortados a meio com auxílio de uma rebarbadora em duas partes iguais. Devem ser preparados 3 provetes.

Os equipamentos a utilizar são:

- Rebarbadora;
- Pincel;
- Balança com precisão de 0,1 g;

- Tina;
- Estufa;
- Papel absorvente;
- Espátula;
- Cera.

Numa primeira fase devem-se secar três provetes em estufa a uma temperatura entre os 55 e 65 °C, até atingirem uma massa constante. De seguida deve-se deixar arrefecer os provetes e barrar-se as faces com forma retangular com cera no estado líquido, de uma das partes resultantes do corte com a rebarbadora até ficarem seladas, e colocá-los num exsicador de maneira a extrair a sua água de cristalização, até ao início do ensaio.



Fig.4.4 – Secagem na estufa. [9]

O ensaio consiste na colocação dos provetes ao alto numa tina com a parte cortada para baixo e adiciona-se água a tina até atingir 10 mm acima da parte inferior do provete. Deve-se também cobrir totalmente a tina e os provetes, para que a água existente no mesmo não se evapore, verificando-se sempre o nível da água para que este não se altere.

Após o início do ensaio, os provetes devem ser retirados e limpos, com papel absorvente, e deve-se registar a massa e colocar de novo na tina nos instantes: 10,30,60,90, 180 minutos e 5,8 e 24 horas.



Fig.4.5 – Pesagem dos provetes. [34]

Obtendo-se assim o coeficiente de capilaridade que representa a capacidade que o reboco tem em absorver água naturalmente, sem qualquer pressão, essa capacidade traduz-se pela massa de água absorvida por área de material, somente devido às forças capilares. [9]

O coeficiente de capilaridade de cada provete é dado através:

$$C = \frac{(M_2 - M_1)}{A \times (\sqrt{90} - \sqrt{10})} \quad (4.1.)$$

Onde,

C - coeficiente de absorção de água por capilaridade (kg/ (m².min^{0,5}))

M₂ - massa obtida aos 90 min (kg)

M₁ - massa obtida aos 10 min (kg)

A - área da secção de provete (m²)

Fazendo a média dos três provetes obtém-se o valor final de C.

4.2.3. ADERÊNCIA AO SUPORTE [10] [13] [35]

Esta propriedade está na grande maioria dos dados fornecidos pelos produtores, daí se pode compreender que este parâmetro mereceu um destaque na avaliação de produtos deste tipo.

A aderência ao suporte é uma das propriedades fundamentais de um revestimento exterior, e deve ser garantida não só aquando da aplicação do revestimento mas também deve ser garantida a longo prazo. [10]

É definida como sendo a propriedade que permite ao revestimento receber as tensões normais ou tangenciais que atuam na interface com a base de aplicação. Propriedade que a falhar, põe em causa a capacidade de impermeabilização favorecendo a infiltração de água, a durabilidade, a resistência à fendilhação a sua avaliação é referente às exigências de adaptação à utilização normal e compatibilidade com o suporte. [10]

A aderência é influenciada por um conjunto de fatores como: as condições climáticas (temperatura e vento) presentes na aplicação e secagem das argamassas; as propriedades das argamassas como a trabalhabilidade, aderência inicial e retenção de água; o material utilizado para suporte também condiciona dependendo da sua absorção de água; a rugosidade do suporte pois ao possuir rugosidade superficial a aderência da argamassa é favorecida, uma vez que aumentam a área de contacto entre o reboco e o suporte proporcionando uma ligação mecânica; a porosidade; e por último a forma de execução como: a energia de impacto, a projeção mecânica e a limpeza pois a sua superfície deve estar limpa sem produtos ou partículas não coesivas que ponham em causa a aderência, a preparação da base e a cura. [13] [35]

Os problemas podem ser agravados devido á diferença entre os módulos de elasticidade do suporte e do revestimento. Se o do revestimento for muito superior este suportará tensões de compressão maiores que ao ter uma espessura menor, pois pode levar a fenómenos de encurvadura que provocam deslocamentos. [10]

A aderência ao suporte pode ser avaliada através da norma europeia EN 1015-12. Trata-se de um ensaio de elevada importância na análise de uma argamassa de revestimento pois esta deve garantir adequados valores de aderência durante o seu tempo de vida útil, evitando situações de descolamento e desprendimentos. A metodologia descrita na norma em questão resulta na colocação de argamassa num elemento de suporte, por exemplo alvenaria, e de seguida deve ser determinada a força necessária para provocar arrancamento por tração.

Os equipamentos a utilizar são:

- Elemento se suporte;
- Grampos;
- Régua graduada;
- Tábuas;
- Máquina caroteadora;
- Pastilhas;
- Resina epóxi;
- Acessório de arrancamento.



Fig.4.6 – Máquina caroteadora e acessório de arrancamento. [34]

Numa fase inicial o ensaio consiste em colocar as tábuas nas menores faces laterais do elemento de suporte com auxílio dos grampos, em seguida salpica-se com água o suporte na sua maior superfície. Numa segunda fase a argamassa em pasta é colocada na superfície anterior com uma espessura de 2 cm e alisa-se. Numa terceira fase, terminada a cura do provete, são feitas marcações dos locais de entalhe, com uma dimensão de 50 mm de diâmetro. Estes entalhes são feitos com a máquina caroteadora, de maneira a descer sobre o provete e efetuar os entalhes circulares, que devem ter 2cm de espessura para atingir a superfície do suporte. Após isto são coladas pastilhas aderentes com resina epóxi nas áreas de teste, sem qualquer excesso de cola a fluir para a zona de corte e aplica-se então, uma força ortogonal, com um aumento uniforme entre 0,003 e 0,1 N/mm² s, na pastilha utilizando o acessório de arrancamento. Entretanto, a rotura deve-se dar num período entre 20 a 60 s após se iniciar o carregamento, caso a cedência ocorra na zona de transição, de colagem entre a pastilha e argamassa, este não é válido.



Fig.4.7 – Forma dos entalhes. [34]

Relativamente ao resultado, a análise é feita em função da tensão obtida que representa a tensão de aderência ou o seu limite inferior.

Quando um ensaio é válido são admitidos três tipos de rotura: duas do tipo coesiva, quando ocorre em alguma parte no reboco ou no segundo caso no suporte e a tensão de aderência é superior ao valor do ensaio; ou uma do tipo adesiva, que ocorre na interface entre o reboco e o suporte, e o valor de ensaio traduz a aderência ao suporte.

Para cada provete de argamassa a aderência é dada pela sua tensão e é avaliada pela expressão seguinte:

$$f_u = \frac{F_u}{A} \quad (4.2.)$$

Onde,

f_u - tensão de aderência (N/mm²)

F_u - carga de rotura (N)

A - área de contacto da pastilha com a argamassa (mm²)

São realizados 3 ensaios e o valor final é a média dos três valores.

4.2.4. CONSISTÊNCIA NO ESTADO FRESCO [5] [9] [31] [32] [34]

A avaliação desta característica foi apenas encontrada numa das soluções onde foi incorporada cortiça. A consistência de uma argamassa é definida como a propriedade que a mesma possui de resistir a deformações, que lhe são transmitidas. [32]

A trabalhabilidade e consistência de uma argamassa são facilmente confundíveis mas, enquanto, a primeira está relacionada com o seu uso ou o seu fim, a consistência caracteriza apenas a fluidez que uma argamassa possui, permitindo a avaliação da ligação que os diversos constituintes de uma argamassa possuem. A avaliação da consistência considera-se fundamental, pois tem grande influência na trabalhabilidade. [34]

Existem diversos fatores que põem em causa a consistência de uma argamassa, como: a distribuição granulométrica, os parâmetros de textura e de forma dos agregados, influenciando a coesão, o atrito interno e o fluxo entre as partículas; o teor de aglomerantes e finos; e os aditivos retentores de água que são incorporadores de ar. [32]

A norma europeia EN 1015-3 permite avaliar a consistência da argamassa fresca através da medição do espalhamento produzido.

Os equipamentos utilizados na execução do ensaio são:

- Mesa de espalhamento;
- Molde troncocónico;
- Colher de pedreiro;
- Pilão;

- Craveira.



Fig.4.8 – Mesa de Espalhamento. [34]

Numa primeira fase a argamassa deve ser agitada de forma cuidada com a colher de pedreiro durante 5 a 10 segundos de forma a anular qualquer falso ajustamento e deve limpar-se o prato da mesa de espalhamento para se garantir um espalhamento natural da argamassa. O molde troncocónico deve ser colocado no centro do prato da mesa, sem se alterar a sua posição, para que não se verifique qualquer saída de água na superfície de contacto molde/mesa. O enchimento do molde é feito por duas fases, numa primeira deve ser colocada argamassa até metade da sua capacidade e deve ser compactada com o pilão com 15 pancadas, depois o molde deve ser cheio na totalidade por excesso e deve-se ser compactada novamente com 15 pancadas. No final deve ser retirado o excesso e rasada a parte superior do molde com a colher, depois deve ser limpo o molde bem como a mesa pois podem existir detritos resultantes das operações anteriores. Numa última fase o molde é retirado, e a amostra de argamassa deve ser sujeita a 25 saltos da mesa de espalhamento com a duração de 1 segundo cada, de forma a espalhar a argamassa no prato.



Fig.4.9 – Compactação. [32]

Os resultados do ensaio são obtidos com a ajuda de uma craveira, utensílio que mede o diâmetro da argamassa espalhada, em duas direções ortogonais. O valor do diâmetro de espalhamento é dado pela média destes dois valores e o qual permite obter o valor do espalhamento.

$$D_{med} = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (4.3.)$$

$$Espalhamento = \frac{D_{med} - 100}{100} \times 100 \quad (4.4.)$$

Onde,

D_1 e D_2 - diâmetros de espalhamento (mm)

D_{med} - diâmetro medio do espalhamento (mm)



Fig.4.10 – Medição do diâmetro de espalhamento. [32]

4.2.5. CONDUTIBILIDADE TÉRMICA [5] [36]

Quase a totalidade dos produtos têm nas suas especificações técnicas o seu valor. A condutibilidade térmica relaciona o fluxo de calor com o gradiente de temperaturas. Quando o seu valor é baixo representa que o material é um bom isolante térmico. A condutibilidade pode ser definida como sendo a quantidade de calor que atravessa um material de área unitária, na unidade de tempo, quando se verifica uma diferença de temperatura de uma unidade entre essa superfície e outra igual, a uma distância unitária. [5]

O seu valor varia com o tipo de material, com a fase em que o mesmo se encontra, com o seu peso específico, a sua porosidade, o teor de humidade e a temperatura. [5]

A importância de avaliar este parâmetro surge com as exigências termo higrométricas.

A condutibilidade térmica é obtida segundo a norma europeia EN 12667.

Para a realização do ensaio deve ter-se como materiais:

- Cortador;
- Provetes;
- Equipamento fluximétrico.

Devem preparar-se três provetes, estes são sujeitos a um ambiente com uma temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e a uma humidade relativa de $50 \pm 5\%$ durante um 48 horas. Após isto devem secar-se em estufa ventilada a uma temperatura de $50 \pm 5^\circ\text{C}$ até á obtenção de uma massa constante. O ambiente do ensaio deve ter as condições do ambiente de condicionamento inicial.

O ensaio é feito com a colocação dos provetes no equipamento referido entre duas placas, sem deixar espaços entre estas e o provete, placas que criam diferenciais de temperatura nas faces opostas do provete possibilitando a medição do fluxo de calor, com tempo de espera de meia hora. Após esse período o equipamento determina a condutibilidade térmica do provete.



Fig.4.11 – Equipamento fluximétrico. [37]

A síntese deste ensaio é feita num quadro onde se indicam características do provete, como: a espessura, a massa por unidade de superfície após condicionamento e a variação relativa da massa após secagem. O mesmo quadro deve também ter as condições de ensaio, como a direção e o sentido do fluxo, a temperatura média, a queda de temperatura, a densidade de fluxo de calor, a variação relativa de massa durante o ensaio e por último deve referir o valor da condutibilidade térmica, sendo este o objetivo deste ensaio.

Note-se que estes resultados são obtidos em ambiente de laboratório o qual é considerado perfeito, no entanto, no ambiente exterior as condições são diferentes e na realidade os valores obtidos podem não ser iguais.

4.2.6. DURABILIDADE [13]

A durabilidade de um material está definida como sendo o período de tempo em o mesmo desempenha a sua função sem ser necessário qualquer intervenção, além da manutenção estabelecida. A durabilidade é afetada devido à qualidade do material, à forma de fabrico, ao modo de aplicação, às condições de suporte e às diferentes ações dos agentes de deterioração a que vai estar sujeito. O tempo de vida útil está também relacionada com as inúmeras patologias que possam surgir pois estas podem por em causa a mesma. [34]

Nos produtos encontrados apenas um faz referência à durabilidade, a qual é uma das principais características que um material deve ter.

A durabilidade tem vindo a ser cada vez mais uma preocupação na construção, pois antes a mesma era garantida com a utilização de soluções com resultados satisfatórios e com provas dadas, mas nos tempos correntes a introdução de novos materiais e novas tecnologias traz alguma incerteza relativa à sua durabilidade. [39]

Para se estudar a durabilidade, primeiro há que estudar as características que o material possui no seu estado inicial e depois submetê-lo a ciclos de envelhecimento artificial acelerado, ou natural envelhecimento e comparar os novos valores dessas características.

A avaliação da durabilidade, bem como da vida útil dos materiais, pode ser feita através de modelos de degradação. De modo a que seja simulado, com credibilidade o comportamento do material ao longo do tempo, devem ser feitas então inspeções, modelações teóricas ou ensaios de laboratório ou “*in situ*”.

Então um estudo de durabilidade deve ter como objetivos: aproximar a curva de degradação, através de ensaios de envelhecimento artificial acelerado, das características mais importantes para um bom desempenho do material; observar qual a evolução que o material sofre quando é submetido aos principais agentes de deterioração; e avaliar a capacidade do revestimento após os ciclos de envelhecimento e ver se as exigências funcionais estão satisfeitas.

A vida útil de referência para um reboco em geral não é um dado consensual, dependendo de algumas operações de manutenção como limpezas, reparações localizadas, etc. Tal dever-se-á ao facto das intervenções necessárias não serem previsíveis nem os níveis de desempenho, uma vez que, estas são função da exposição aos diversos agentes de deterioração.

Os ensaios de envelhecimento existentes para a previsão da vida útil de um material, podem ser de curta duração, acelerados ou não, de longa duração ou naturais, sendo a situação ideal a combinação dos dois para um resultado mais próximo da realidade. Os ensaios de longa duração pecam pelo facto de serem muito demorados apesar de apresentarem uma maior fiabilidade dos resultados, e por isso surge a utilização dos ensaios de envelhecimento acelerado, podendo obter-se assim uma precisão muito mais rápida, apesar de a correlação com o ritmo natural não ser de fácil obtenção.

Para a obtenção de dados relativamente ao envelhecimento dos materiais é preciso executar-se: ensaios de campo onde os materiais são submetidos ao ambiente natural de envelhecimento, devem ser monitorizadas as condições desse ambiente ao longo do ensaio e os efeitos dessas condições; ensaios de longa duração “*in situ*”, pois só assim se expõem os materiais às condições normais de utilização; ensaios em edifícios experimentais feitos de propósito para esse fim, os quais são sujeitos a determinadas condições e assim poderão tirar-se conclusões sobre a degradação dos materiais; e por último a inspeção de edifícios.

O ensaio de envelhecimento artificial acelerado consiste em sujeitar, de forma controlada, com maior intensidade ou através de ciclos mais rápidos os materiais a determinadas condições (variação de temperatura e da humidade relativa, acrescentando o efeito da radiação solar e da chuva e a combinação de ciclos de aquecimento/congelamento e humedificação/congelamento) que estes normalmente encontrariam em serviço, possibilitando avaliar a ação direta de um determinado agente no comportamento do material e as taxas de degradação acelerada. [13] [19]

O tipo de envelhecimento acelerado está dependente da natureza e do uso que se pretende para o material. Temos como exemplo de métodos de envelhecimento a exposição artificial às condições atmosféricas, o envelhecimento por calor, ciclos de gelo/degelo, exposição com o intuito de avaliar a resistência à água e a resistência química.

Assim o produto deve ser avaliado nas suas condições iniciais após 28 dias de cura, e depois a mesma avaliação deve ser feita após ser submetido a ciclos de envelhecimento acelerado, com graus desiguais de envelhecimento.

As características a avaliar devem ser em função do desempenho dos revestimentos e que possam por em causa as exigências funcionais. Com vista a avaliar a durabilidade podem ser avaliadas entre

outras: a capacidade de impermeabilização, com a medição do coeficiente de absorção de água por capilaridade; a permeabilidade à água líquida do revestimento associado ao suporte; a aderência ao suporte com o ensaio de arrancamento por tração e por último devem ser avaliadas as alterações estéticas ao longo do tempo no que diz respeito a fissuras e colorações, através de observação macroscópica.

No envelhecimento acelerado devem ser feitos três procedimentos, com durações e solicitações diferentes, os quais possibilitam avaliar o comportamento do revestimento em várias situações. No caso do envelhecimento natural a sua avaliação deve ser efetuada com ensaios “*in situ*”, e deve ser criada uma estação de envelhecimento natural.

O primeiro procedimento inicia-se com a sujeição das maquetes a duas series de ciclos de aquecimento/congelação e de humidificação/congelação, repetindo quatro vezes o ciclo de cada série. Cada ciclo dura 24 horas e cada série dura quatro dias, demorando assim o total de 10 dias. As duas séries devem ser desfasadas em 48 horas.

O ciclo de aquecimento/congelação consiste em aquecer através de radiação de infravermelhos, de modo a que a temperatura do revestimento atinga e possa manter uma temperatura entre 58 e 62 °C, ao longo de aproximadamente 8 horas. Numa segunda fase submetem-se as maquetes a uma temperatura entre 18 e 22 °C e humidade relativa entre 60 e 70 %, ao longo de aproximadamente 30 min. Em seguida as maquetes devem ser colocadas em uma arca frigorífica sujeitas a uma temperaturas negativa a variar entre -14 e -16 °C, durante 15 horas aproximadamente, por último as maquetes devem ser sujeitas de novo as condições da segunda fase.

O ciclo de humidificação/congelação consiste numa primeira fase, em colocar as maquetes em água, até ficarem imersas em cerca de 5mm, com a temperatura a variar entre os 19 °C e os 21 °C com o revestimento voltado para baixo, ao longo de aproximadamente 8 horas. Numa segunda fase submetem-se as maquetes a uma temperatura entre 18 e 22 °C e humidade relativa entre 60 e 70 %, ao longo de aproximadamente 30 min. Em seguida as maquetes devem ser colocadas em uma arca frigorífica sujeitas a uma temperaturas negativa a variar entre -14 e -16 °C, durante 15 horas aproximadamente, por último as maquetes devem ser sujeitas de novo as condições da segunda fase.

O segundo procedimento consiste na variação da temperatura e humidade relativa, uma vez que se pretende analisar a resposta do produto a diferentes solicitações higrotérmicas. O provete é submetido a estas variações numa câmara climática, e inicia-se com a limitação dos valores que dos parâmetros que vão ser sujeitos à variação. Sujeitando-se assim o produto a diversos passos onde se variam temperaturas e humidades relativas durante um determinado período de tempo.

O terceiro e último procedimento, consiste na variação da temperatura e humidade relativa mas fazendo a simulação de chuva e radiação solar, sendo a sua duração de cerca de 12 horas. Deve ser utilizada uma câmara especial de envelhecimento e os limites de temperatura e humidade relativa também devem estar adaptadas à capacidade do equipamento.

Em relação ao envelhecimento natural pretende-se avaliar como reagem os materiais às condições reais a que vão estar expostos, podendo assim ser avaliadas as taxas reais de degradação. Este estudo pode ser realizado utilizando ensaios “*in situ*”, através da observação de edifícios em serviço, ou utilizando edifícios experimentais, podendo assim relacionar os resultados deste com os obtidos laboratorialmente.

4.2.7. PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA [10] [34]

Outro dos parâmetros que é avaliado em grande parte das soluções é a permeabilidade ao vapor de água que é definida como a quantidade de vapor que atravessa a unidade de superfície por espessura unitária desse material, por unidade de tempo e quando a diferença de pressões entre as duas faces do material é também unitária. [10]

A noção de fator de resistência à difusão de vapor de água é também usada, e é definida como a relação adimensional entre a permeabilidade ao vapor de água do ar, que é igual a um, e a permeabilidade do material. Esta difusão é provocada pela diferença de pressão de vapor entre os dois lados da parede.

A determinação pode ser feita segundo a norma EN 1015-19.

Para este ensaio é necessário:

- Câmara climática;
- Taças-teste;
- Balança com precisão até 0,1 g;
- Talocha;
- Pincel;
- Cera.



Fig.4.12 – Taças-teste. [10]

O ensaio começa com a amassadura da argamassa, a qual é colocada depois nos moldes e rasa-se a superfície com a talocha, submetendo os mesmos a uma temperatura de 23 ± 2 °C e humidade relativa de $50 \pm 5\%$ durante 28 dias. Após os 28 dias devem encher-se as taças-teste com 600 ml de água e devem ser tapadas com três provetes circulares do material a estudar, as juntas das taças-teste devem ser seladas com cera e com ajuda do pincel. Depois devem colocar-se os provetes numa câmara climática com as condições de temperatura e humidade relativa anteriores e deve ser registada a cada dia a massa dos conjuntos.



Fig.4.13 – Selagem das taça-teste. [34]

Para se obter o valor da permeabilidade ao vapor de água pode utilizar-se a seguinte equação:

$$\Lambda = \frac{1}{A \times \left(\frac{\Delta p}{\left(\frac{\Delta G}{\Delta t} \right)} - R_A \right)} \quad (4.4.)$$

Onde,

Λ - Permeabilidade ao vapor de água ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$)

A - área da face plana do disco (m^2)

Δp - diferença de pressão entre a água no interior e o ambiente exterior (Pa)

$\Delta G/\Delta t$ - fluxo de vapor de água (kg/s)

R_A - coeficiente de resistência ao vapor de água da caixa-de-ar ($\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s/kg}$) por cada 10 mm de caixa-de-ar.

4.2.8. MASSA VOLÚMICA NO ESTADO FRESCO [5] [9] [32] [34]

O ensaio para a determinação da massa volúmica no estado fresco está descrito na norma EN 1015-6, possibilitando assim a sua determinação através do quociente entre a massa de uma amostra de material e o volume por ela ocupado, em determinadas condições de compactação.

Os materiais a considerar neste ensaio são:

- Recipiente cilíndrico com a capacidade de 1 litro;

- Balança com precisão até 0,1 g;
- Colher de pedreiro;
- Espátula.

O ensaio começa com a preparação da argamassa até se ter a quantidade necessária para encher o recipiente cilíndrico na totalidade, devem ser anotados previamente os valores de massa e volume do recipiente. Numa segunda fase o recipiente é enchido com a colher de pedreiro até metade da sua capacidade, compactando essa argamassa através de 10 pancadas com a base do recipiente sobre a mesa, no seguimento enche-se na totalidade o recipiente, com ligeiro excesso, e então repetir as condições de compactação descritas anteriormente.



Fig.4.14 – Modo de proceder para o enchimento do recipiente cilíndrico. [32]

O excesso de argamassa deve ser retirado com a ajuda da espátula, rasando a argamassa ao nível do topo do recipiente e limpa-se o exterior do molde. Por último deve pesar-se o molde com argamassa registando o valor da sua massa.



Fig.4.15 – Modo de proceder para retirar o excesso de argamassa. [9]

Então o cálculo final da massa volúmica no estado fresco é dado pela seguinte expressão:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (4.5.)$$

Onde,

ρ - Massa volúmica da argamassa no estado fresco (g/dm^3)

M - valor obtido pela subtração da massa do recipiente ao conjunto recipiente mais argamassa, e denomina-se como a massa total de argamassa contida no interior do recipiente (g)

V - volume de argamassa contido no interior do recipiente cilíndrico cheio que é 1 dm^3 .

4.2.9. MASSA VOLÚMICA NO ESTADO ENDURECIDO [9] [34]

A avaliação da massa volúmica no estado endurecido é feita com base na norma EN 1015-10, determinando a massa e volume dos mesmos e na sequência o cálculo da massa volúmica através da fórmula (4.5.).

O equipamento utilizado é:

- Balança com precisão de 0,1 g;
- Craveira.

Os provetes utilizados devem ser submetidos a uma cura de 2 dias a uma temperatura de $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e humidade relativa de $95 \pm 5 \%$. As condições de humidade relativa podem ser obtidas com a colocação

do molde num saco de polietileno, após esse período deve ser desmoldado o molde e este é colocado nas condições referidas mais 5 dias. Os provetes são então retirados do saco ao sétimo dia e devem ficar sujeitos a uma temperatura igual á imposta inicialmente e a uma humidade relativa de 65 ± 5 % durante mais 21 dias.

A segunda parte do ensaio consiste em medir as dimensões dos prismas, com a imposição que tanto a largura como a altura resultam da média de 3 medições, a efetuar nos extremos e no centro do prisma. Em relação ao comprimento é efetuada apenas uma medição, de seguida pesa-se os prismas e deve-se utilizar três provetes para cada argamassa a ensaiar.



Fig.4.16 – Medição com a craveira. [34]

E o volume total de cada prisma é dado:

$$V = l \times a \times c \quad (4.6.)$$

Onde,

V - volume (mm^3)

l - largura (mm)

a - altura (mm)

c - comprimento (mm)

Após o cálculo do volume deve utilizar-se a expressão (4.12.) e o valor final da massa volúmica é dado pela média dos 3 provetes.

4.2.10. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR FLEXÃO E COMPRESSÃO [5] [9] [41] [10] [11] [31] [34]

As argamassas devem suportar, ao longo da sua vida útil, determinados esforços de natureza mecânica, como choques ou intempéries sem serem provocados quaisquer danos, daí a importância de se estudar a sua resistência mecânica interna com a avaliação da resistência à compressão e à flexão. [9]

Esta resistência interna traduz a capacidade que o material no estado endurecido resiste aos esforços mecânicos atuantes e depende do tipo de rede cristalina da matriz e da estrutura porosa das argamassas. A rede cristalina é dependente da composição, do tipo de ligante, a cura adotada, da dosagem, e inertes, além da técnica de execução adotada para a argamassa. Enquanto a estrutura porosa é dependente da matriz, da quantidade, dimensões e forma dos poros. Se o material possuir ar pode levar a diminuição da resistência à compressão. [9] [34]

A resistência à tração por flexão e compressão dá a conhecer a sua compatibilidade com o suporte em termos mecânicos, e a argamassa deve ter características mecânicas inferiores ao suporte de modo a não danificá-lo. [34]

Se um material apresenta uma grande resistência à tração este vai traduzir-se numa melhor capacidade de não serem produzidas fissuras, pois se um reboco for aplicado de forma compacta maior será a sua resistência, e este será menos deformável. [9]

Para a determinação da resistência à compressão e flexão deve ter-se em conta a norma europeia EN 1015-11. A análise destes dois parâmetros deve ser feita aos 28 dias e os provetes tirados de uma sala condicionada quinze minutos antes do ensaio.

A avaliação da resistência a flexão é feita com três provetes e o ensaio consiste em apoiar cada provete a analisar de forma independente, em dois apoios extremos e aplicar uma força crescente a meio vão do provete até ocorrer a rotura, esse valor atingido pela força a quando da rotura, é designado por valor máximo da força aplicada e então consegue-se calcular a tensão de rotura a flexão do provete, a qual é dada pela seguinte expressão:

$$\sigma_f = \frac{1,5 \times F_f \times l}{b^2 \times h} \quad (4.7.)$$

Onde,

σ_f - tensão de rotura à flexão valor que deve ser arredondado às centésimas.

F_f - carga aplicada de rotura a flexão (N)

b e h - dimensões das arestas do provete (mm²)

E o valor da tensão é dado pela média dos três ensaios e é arredondado às décimas.

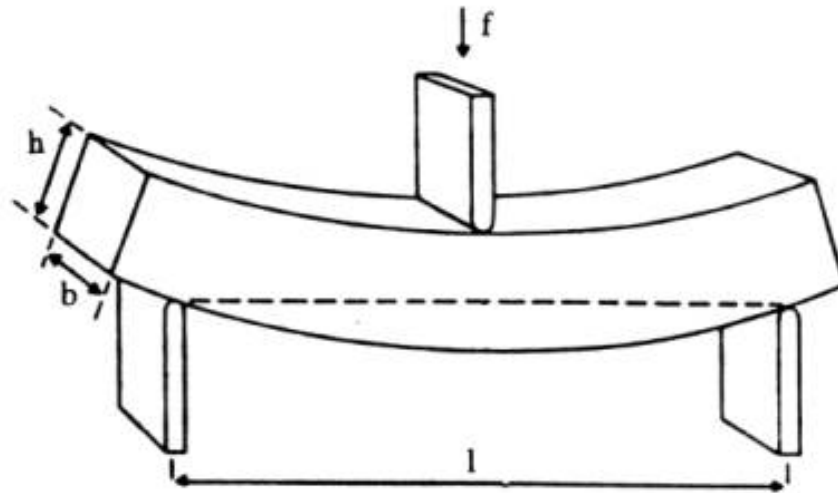


Fig.4.17 – Modo de apoio do provete para a tensão de rotura a flexão. [42]

No caso da resistência à compressão são utilizados os meios provetes resultantes do ensaio da resistência à flexão, e por isso são feitos seis ensaios, metades as quais devem ser centradas entre dois pratos, um inferior e outro superior e é aplicada numa dada área uma carga de compressão gradualmente crescente que leva o material à rotura, força a qual é designa por força máxima suportada pelo provete e a tensão de rotura à compressão é obtida por:

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A} \quad (4.8.)$$

Onde,

σ_c - tensão de rotura à compressão valor que deve ser arredondado às centésimas.

F_c - carga aplicada de rotura a compressão (N)

A - área da zona comprimida (mm²)

E o valor da tensão é dado pela média dos seis ensaios e é arredondado às décimas.

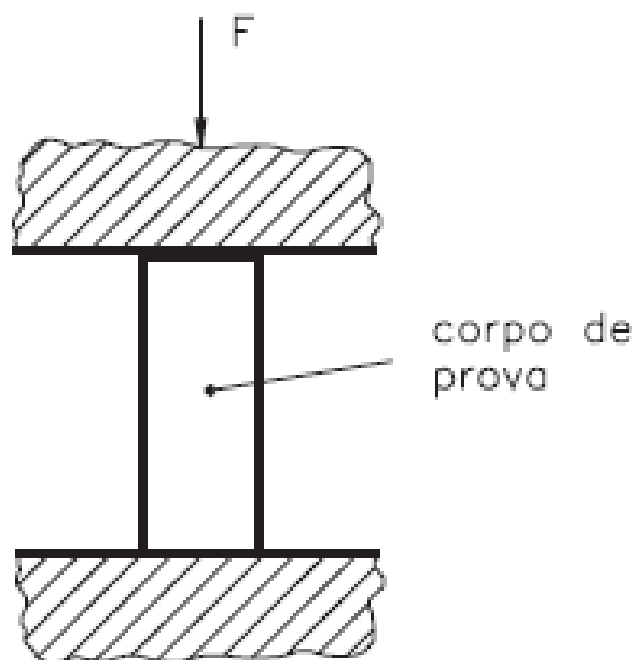


Fig.4.18 – Modo de apoio do provete para a tensão de rotura a compressão. [43]

4.2.11. MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO [9] [10] [16] [34]

A avaliação do módulo de elasticidade foi encontrada apenas em um dos produtos e a sua determinação surge com o intuito de se avaliar a capacidade de deformação de uma argamassa, tendo implicação na durabilidade dos revestimentos [34] e refere-se às exigências de compatibilidade com o suporte. O módulo de elasticidade define-se como a relação entre a tensão e a deformação sofrida. Uma vez que a avaliação do módulo de elasticidade não dá qualquer informação sobre a deformação na rotura o estudo da capacidade de deformação não deve ser feito apenas com a avaliação da elasticidade. [9]

Se os módulos de elasticidade do suporte e do revestimento forem muito distintos podem surgir deslocamentos do revestimento, sendo estes agravados quando o valor do revestimento for muito superior ao do suporte, pois o revestimento receberá tensões de compressão mais fortes. Então o valor do módulo de elasticidade deve ter um valor menor ou igual ao suporte. [34]

O módulo de elasticidade depende da densidade e da resistência da argamassa. Um valor maior do módulo de elasticidade torna o revestimento menos deformável e então passa a ter uma probabilidade maior de surgirem fissuras através da retração, a qual é designada de retração hidráulica e pode ocorrer nas primeiras horas após a presa. [9]

Com introdutores de ar na composição das argamassas reduz-se o valor do módulo de elasticidade. [10]

O módulo de elasticidade pode ser obtido através de ensaios estáticos e dinâmicos. O valor do módulo de elasticidade estático é dado pela inclinação de um diagrama de tensão-deformação, que se obtém carregando um provete, e medindo a sua deformação, no que diz respeito ao módulo de elasticidade

dinâmico, este corresponde ao módulo da tangente inicial que foi definida no ensaio anterior e traduz as deformações instantâneas muito pequenas. [9]

Um dos métodos utilizados para a obtenção do módulo de elasticidade dinâmico é feito segundo a norma francesa NF B10-511, e o seu objetivo é medir a frequência de ressonância longitudinal dos provetes.

São necessários três provetes da argamassa para o estudo, os quais devem ser pesados e medidos: a largura e a espessura em três medições e uma para o comprimento.

O equipamento utilizado é:

- Balança com precisão de 0,1 g,
- Instrumento de medição de frequência de ressonância longitudinal.

O provete deve ser colocado no instrumento de mediação e deve estar preso na parte central.

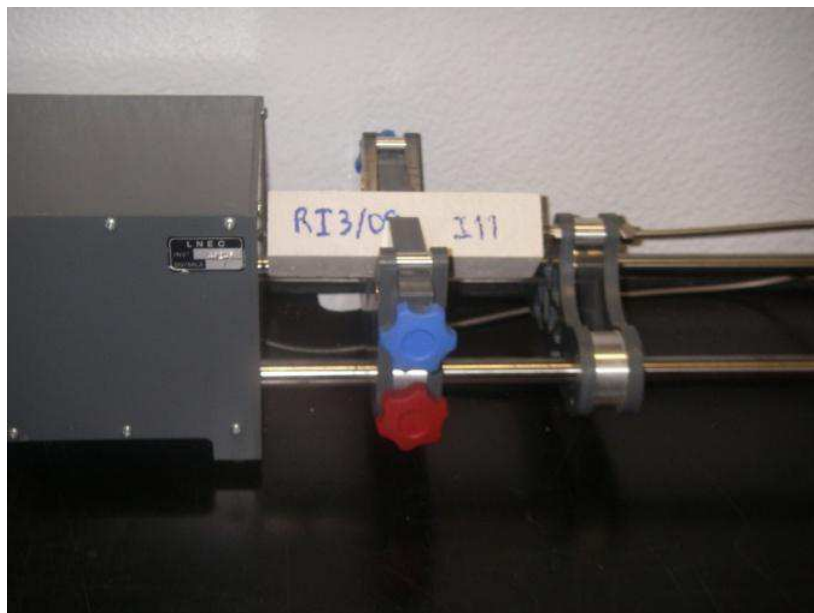


Fig.4.19 – Modo de colocar o provete para realização do ensaio. [9]

Numa das extremidades deve ser provocada uma vibração que vai passar por todo o provete, a qual vai ser recebida na outra extremidade. Devem ser introduzidas no computador as dimensões do provete e a sua massa e o computador dá-nos um espectro com um intervalo grande de frequências, e daí obtêm-se a frequência fundamental de ressonância.

E então o módulo de elasticidade dinâmico pode ser pela seguinte expressão:

$$E_d = 4 \times L^2 \times F^2 \times \rho \times 10^{-6} \quad (4.9.)$$

Onde,

E_d - módulo de elasticidade dinâmico (MPa)

L - comprimento longitudinal do provete (m)

F - frequência de ressonância longitudinal (Hz)

ρ - Massa volúmica da argamassa (kg/m³)

O valor do módulo de elasticidade dinâmico é obtido pela média dos três provetes, para verificar a evolução do módulo de elasticidade os ensaios devem ser feitos aos 28 e aos 60 dias.

4.2.12. REAÇÃO AO FOGO [44] [45]

Para classificar a reação dos produtos e elementos de construção ao fogo é usada a norma EN 13501.

O seu principal objetivo é o de definir um procedimento que permita a classificação de reação ao fogo de produtos de construção através de ensaios no âmbito das exigências de segurança.

A reação ao fogo mostra a quantidade de energia, fumos e gotas que se desprendem do material durante a combustão do mesmo.

Esta norma define duas categorias de classificação: uma para os materiais de revestimentos do piso e outra para os restantes. A diferença de classificação é que no dos revestimentos do piso depois da letra das classes definidas em seguida, deve possuir as letras FL.

A classificação presente nesta norma tem por base a avaliação da combustibilidade e é classificada da seguinte forma:

-A1 material não combustível, sem contribuição para o fogo e com um poder calorífico menor que 2 MJ/Kg;

-A2 material não combustível, sem contribuição para o fogo e com um poder calorífico menor que 4 MJ/Kg;

-B material combustível com contribuição muito limitada para o fogo;

-C material combustível com contribuição limitada para o fogo;

-D material combustível com contribuição média para o fogo;

-E material combustível com contribuição elevada para o fogo;

-F material sem comportamento definido, esta classificação ocorre quando a material não dispõe de ensaio de reação ao fogo.

A classificação de reação ao fogo pode ser complementada pela classificação de produção de fumos (s1, s2 e s3) e relativa à libertação de partículas/gotas inflamadas (d0, d1 ou d3).

Os ensaios de reação ao fogo são desenvolvidos para se poder examinar determinadas propriedades e aspetos como: a facilidade de ignição, o desenvolvimento da combustão do produto, a libertação de calor, a libertação de fumos ou produtos voláteis e a libertação de gotas ou de partículas inflamadas.

Segundo o LNEC a avaliação da reação ao fogo pode também ser feita tendo em conta ensaios de outras normas como:

- Ensaio de incombustibilidade com forno ISO, segundo a norma ISO 1182, o qual avalia as classes A1, A1FL, A1L, A2 e A2FL e A2L e o seu objetivo é o de avaliar a produção de calor e de chama. O ensaio consiste na introdução de um provete num forno tubular vertical aquecido a 750 °C de modo a que se proporcionem condições de um incêndio em pleno desenvolvimento. O ensaio determina a subida de temperatura (ΔT) devido à degradação do provete, determina a perda de massa (Δm) sofrida pelo provete durante o ensaio e determina a duração das inflamações persistentes (t_f). São estes os parâmetros usados para se proceder à classificação do material.

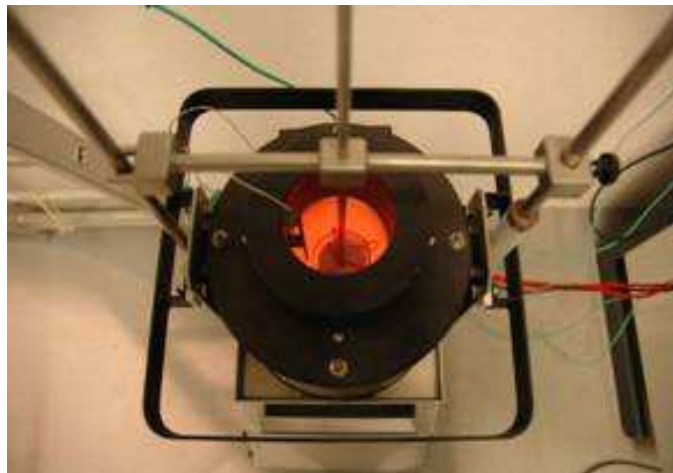


Fig.4.20 – Equipamento utilizado para o ensaio de incombustibilidade. [45]

- Outro dos ensaios é o Ensaio na Bomba Calorimétrica, segundo a norma EN ISO 1716. Este destina-se a comprovar a contribuição nula ou insignificante para o fogo em pleno desenvolvimento de alguns materiais e avalia as mesmas classes do ensaio anterior.



Fig.4.21 – Equipamento utilizado para ensaio do calorímetro. [45]

Com o auxílio de uma bomba calorimétrica, este ensaio, permite-nos obter o valor do poder calorífico a partir da combustão de oxigénio em atmosfera de um provete desse produto. O valor retirado do ensaio utilizado para a classificação do material é o poder calorífico superior (PCS).

- Um outro ensaio é o Ensaio do Objeto em Combustão que está de acordo com a norma EN 13823. Este ensaio foi desenvolvido no âmbito do sistema de Euro classes de reação ao fogo para produtos de construção, com exceção aos revestimentos do piso.

O ensaio consiste em colocar o produto sujeito a uma situação de fogo desfavorável, o qual é atacado de forma direta por um fogo e pela radiação térmica originada pela combustão de um elemento ou componente isolado.



Fig.4.22 – Equipamento utilizado no ensaio. [45]

Este ensaio avalia diversos aspetos de desempenho ao fogo de um provete com grandes dimensões submetido à ação de chamas de um queimador de gás com potência térmica nominal de 30 kW. Dado que o provete e dispositivo para ensaio apresentam grandes dimensões é possível obter uma simulação com fiabilidade razoável.

Para se proceder à classificação dos materiais através deste ensaio surgem parâmetros como a taxa de desenvolvimento do fogo e fumo, o calor total libertado e a produção total de fumo num período de 600s, a propagação lateral da chama e o instante de ocorrência de queda de gotas e de partículas inflamadas e da duração das respetivas inflamações.

Os valores da taxa de desenvolvimento do fogo e do calor libertado são obtidos através da medição e registo da temperatura e a diminuição de concentração de oxigénio, numa secção da conduta de exaustão dos gases de combustão. Relativamente aos valores da taxa de desenvolvimento do fumo e da produção total de fumo os seus valores são obtidos com o registo contínuo da temperatura, da diferença de pressão e da atenuação luminosa numa secção da conduta de exaustão dos gases de combustão.

- O Ensaio da Pequena chama é outro dos ensaios para avaliação da reação ao fogo e segue a norma EN ISO 11925-2. Este ensaio tem como objetivo avaliar a facilidade de ignição de um produto, quando está sujeito à incidência direta de uma pequena chama.

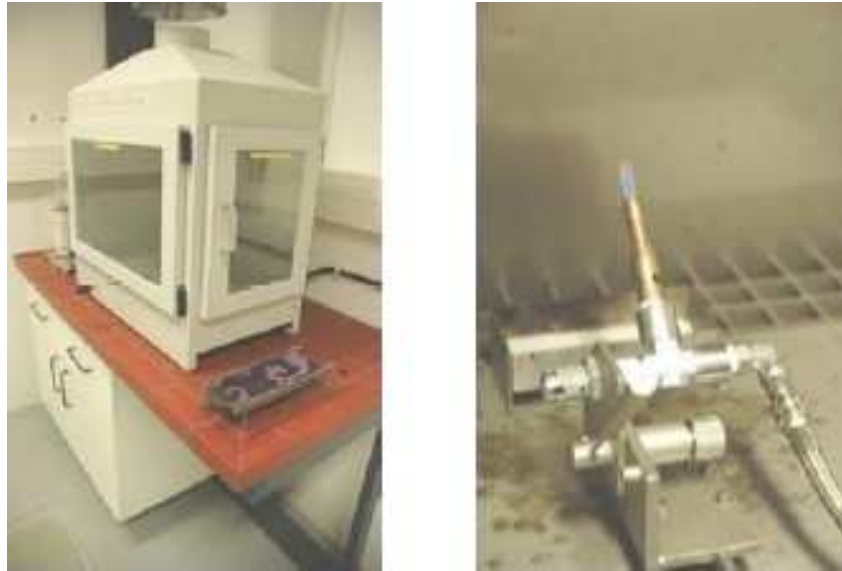


Fig.4.23 – Equipamento utilizado no ensaio da pequena chama. [45]

Os parâmetros retirados do ensaio que servem para classificação são: a extensão da propagação da chama no final de períodos de 20 ou 60 segundos após a remoção da fonte de ignição, a ocorrência de inflamações persistentes de uma folha de papel colocada sob o provete na base do equipamento de ensaios, devido a queda de gotas ou partículas inflamadas.

- Por último temos o método de referência que é o Ensaio do Canto de um Compartimento que segue a norma ISO 9705, o qual é aplicado no caso de produtos que não possam ser classificados através de outros métodos.

4.2.13. RESISTÊNCIA AO FOGO [46]

A resistência ao fogo mede o tempo durante o qual um elemento da construção mantém as suas características funcionais sob a ação de um incêndio. Quando a parede permanece estável e impermeável às chamas, demonstra ser um material resistente ao fogo e um isolante térmico.

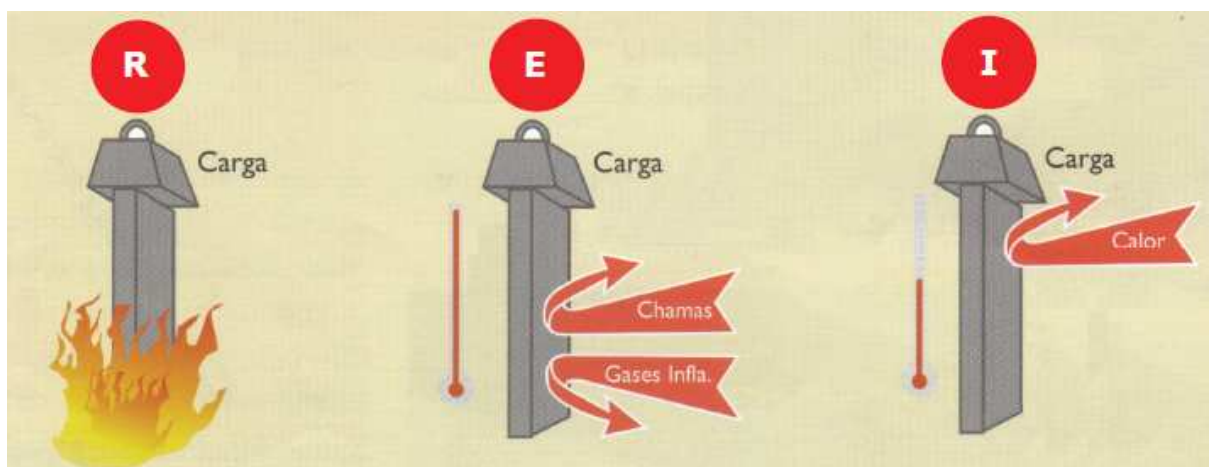


Fig.4.24 – Desempenho de cada critério. [46]

As euroclasses de resistência ao fogo são referentes a cenários de fogo e a critérios de desempenho para a função que cada material desempenha. Existem quatro critérios de classificação: R que representa a capacidade de suporte de carga, E que representa a estanquidade a chamas e gases inflamáveis e o I representa o isolamento térmico. Estes três critérios são aplicáveis a quase todos os elementos de construção, porém existe um critério que apenas é requerido em alguns estados membros que é a letra W, a radiação.

Estes critérios podem ainda ser complementados por critérios adicionais como a resistência aos impactos representada pela letra M. As letras C e S são também complementos e representam o fecho automático e a passagem de fumo respetivamente, podendo ainda ser utilizados sufixos que trazem precisões relativas à configuração de exposição ao fogo.

5

PROPOSTA DE PLANO DE ENSAIOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO

5.1. ARGAMASSAS DE REBOCO

As argamassas resultam de misturas de um ou mais ligantes, agregados, cargas, aditivos e adjuvantes que têm influência nas propriedades das argamassas.

As argamassas estão classificadas pelas normas EN 998-1, dependentemente do local de produção, de acordo com a conceção, propriedades e utilização. [10] [12]

Relativamente ao local de produção, estas estão divididas em três grupos. Um desses grupos corresponde às argamassas industriais, as quais são doseadas e misturadas em fábrica e apresentam-se normalmente em pó, sendo necessário apenas acrescentar água ou então existem já em pasta amassada e pronta a ser aplicada. Outro dos grupos são as argamassas industriais semiacabadas, que são pré-doseadas e devem ser modificadas na obra, existindo ainda dois tipos de argamassas dentro deste grupo: as pré-doseadas e as pré-misturadas. Relativamente às primeiras, os seus compostos são doseados na fábrica e são fornecidas em obra, na qual são misturadas de acordo com as instruções e condições do fabricante, enquanto, nas argamassas pré-misturadas os compostos são doseados e misturados na fábrica, e na obra são misturados com outros componentes que devem respeitar as especificações do fabricante. Por último temos as argamassas feitas em obra ou também designadas de tradicionais, que são compostas normalmente por ligantes, agregados e água. [12]

A classificação segundo a conceção está dividida em dois tipos de argamassas: as de desempenho e as de formulação. Relativamente às primeiras, a sua composição e fabrico são feitas pelo fabricante e visam conseguir determinadas propriedades, enquanto, as de formulação fabricam-se segundo uma composição pré-determinada e as propriedades daí resultantes estão dependentes da proporção dos diferentes componentes. [12]

Por último, de acordo com as propriedades e utilização, as argamassas são divididas em: [10] [13]

- Argamassas de reboco para uso geral que são designadas por GP;
- Argamassas de reboco leve designadas por LW;
- Argamassas de rebocos coloridos designadas por CR;
- Argamassas de reboco com monomassa designadas por OC;

- Argamassas de reboco de renovação são designadas por R;
- Argamassas de reboco de isolamento térmico são designadas por T;

O sistema utilizado para se avaliar a conformidade deste tipo de argamassas é feito conforme indicado no sistema 4, o controlo da produção é feito pelo produtor na fábrica e os ensaios iniciais também devem por ele ser feito. Desta forma deve surgir a declaração do fabricante. [47]

O controlo de produção deve ser estabelecido e documentado através de procedimentos, instruções de trabalho e especificações internas e registos. Controlo o qual deve ser feito em três fases do processo de produção: receção, equipamento, processo e o produto final. [47]

Na receção devem ser criadas condutas de controlo e critérios de aceitação, na fase de equipamento e processo, deve-se fazer o mesmo que na primeira fase, mas também se devem organizar instruções operatórias das condições de processo, as formas de utilizar os equipamentos de produção devem estar definidas e os mesmo devem ter um plano de manutenção preventiva programada e de verificação/calibração. Por último na fase do produto final devem ser instituídos os procedimentos elaborados nas fases anteriores. [47]

O equipamento utilizado em laboratório deve ser identificado e calibrado por entidades com competência para tal e devem ser independentes da entidade produtora. [47]

Os produtos devem possuir a Declaração do Fabricante, a qual deve ter a informação seguinte no caso do sistema 4: o símbolo da marcação CE; nome e endereço do fabricante; os dois últimos dígitos do ano de afixação da marca; o número da norma aplicável e a descrição do produto e informações regulamentares. [47]

O sistema 4 de entre todos os sistemas é o que possui menor exigência, uma vez que o único responsável pelo controlo na produção e por realizar os ensaios do produto é unicamente o fabricante. A declaração de conformidade do produto é emitida pelo fabricante sem qualquer intervenção de algum organismo notificado. [47]

	
Empresa, Lda.1234-567 Coimbra 04	
EN 998-1 Argamassa de reboco de uso geral (GP)	
Reacção ao fogo	Classe A1
Aderência	0,3 N/mm ² - FP: B
Absorção de água	W1
Coefficiente de difusão do vapor de água	μ 25
Condutibilidade térmica	0,93 W/m.K
Durabilidade	Requisitos válidos no local

Fig.5.1 – Exemplo de uma Declaração do fabricante. [47]

No seguimento são apresentados quadros com as exigências no caso de argamassas para reboco segundo a norma EN 998-1 em relação a sua utilização prevista. [10]

Quadro 5.1 – Requisitos para argamassas de reboco endurecidas [12] [13]

Propriedades	Categorias	Valores
Resistência à compressão a 28 dias	CS I	0,4 até 2,5 N/mm ²
	CS II	1,5 até 5 N/mm ²
	CS III	3,5 até 7,5 N/mm ²
	CS IV	= 6 N/mm ²
Absorção de água por capilaridade	W 0	Não especificado
	W 1	c = 0,4 Kg/(m ² min ^{0,5})
	W 2	c = 0,2 Kg/(m ² min ^{0,5})
Condutibilidade Térmica	T 1	= 0,1 W/m.K
	T 2	= 0,2 W/m.K

Quadro 5.2 – Requisitos para argamassas de reboco endurecidas e respectivas normas de ensaio [12] [13]

Propriedades	Tipos de reboco					
	GP	LW	CR	OC	R	T
Massa Volúmica (Kg/m ³)	Intervalo de valores declarados	Intervalo de valores declarados =1300	Intervalos de valores declarados			
Resistência à compressão (categorias)	CS I até CS IV	CS I até CS III	CS I até CS IV		CS II	CS I até CS II
Aderência (N/mm ²) e tipo de fratura (A,B,C)	= Valor declarado e tipo de fratura			-	= Valor declarado e tipo de fratura	
Aderência após ciclos de cura (N/mm ²) e tipo de fratura (A,B,C)	-			= Valor declarado e tipo de fratura	-	
Absorção de água por capilaridade	W0 até W2			W1 até W2	=0,3 Kg/m ² após 24h	W1

(categorias)				
Penetração de água após ensaio de capilaridade (mm)	-		=5 mm	-
Permeabilidade à água, após ciclos de cura (ml/cm ² após 48h)	-	= 1 ml/cm ² após 48h	-	
Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água	= Valor declarado		= 15	
Condutibilidade térmica	Valor tabelado			T1 T2
Reação ao fogo (classe)	Euroclasses A1 a F			

Devido às exigências impostas pela norma 998-1, os requisitos apresentados nos quadros aquando da utilização de uma argamassa em revestimentos exterior, devem implicar a avaliação dos diferentes parâmetros, que neste caso foram apresentados no capítulo anterior. Estes parâmetros devem ser sempre avaliados e incluídos no plano de ensaios para este tipo de produtos. Além destes, segundo as exigências de desempenho, devem ser consideradas e acrescentadas outras avaliações as quais são apresentadas no subcapítulo seguinte.

Das exigências impostas por esta norma devem ser avaliadas as características seguintes:

- A resistência à compressão;
- A absorção de água por capilaridade;
- A condutibilidade térmica;
- A massa volúmica no estado endurecido;
- A aderência ao suporte;
- A permeabilidade ao vapor de água;
- Reação ao fogo.

A importância de cada parâmetro enunciado foi justificada no capítulo anterior.

Além dos parâmetros apresentados, devem também ser avaliados outros. A avaliação e importância de cada um estão justificadas no capítulo anterior e a sua escolha deve-se às exigências dos revestimentos, os parâmetros são:

- Módulo de elasticidade;

- Resistência ao fogo;
- Durabilidade.

5.2. PARÂMETROS A ACRESCENTAR AO PLANO DE ENSAIO

O grupo de parâmetros avaliados anteriormente sugere uma avaliação demasiado restrita, pois cada produto apresenta as avaliações que os seus produtores acharam mais correcto não seguindo um plano abrangente e completo. Assim, segue-se um estudo dos parâmetros complementares de maneira a que todas as competências e possíveis defeitos de um produto destes fiquem devidamente avaliados.

- A avaliação da resistência ao choque surge com o intuito de ser avaliada a estabilidade do revestimento quando sujeito a diversos tipos de solicitações
- A avaliação da retração restringida deve ser tida em conta no sentido de avaliar a suscetibilidade à fendilhação.
- Devido às exigências de estanquidade e, uma vez que os revestimentos são a sua primeira barreira além dos parâmetros já referidos, para esta exigência deve ser avaliados também: a absorção de água a baixa pressão e por imersão e a secagem após imersão.
- O comportamento face à cristalização de sais também deve ser feito.
- Por último, surge um parâmetro muito importante quando se fala de revestimentos e principalmente se estes têm incorporado um material orgânico como a cortiça: o desenvolvimento fungos.

5.2.1. RESISTÊNCIA AO CHOQUE [10] [16] [36] [41]

Uma das principais preocupações no uso deste tipo de produtos está relacionada com a resistência superficial do reboco. Esta é traduzida pela capacidade de o mesmo resistir a choques e a atritos resultantes da normal ocupação e circulação, sem que seja verificada qualquer degradação. Os tipos de choque estão dependentes da atividade no edifício a avaliar, e do tipo de ocupação. Se não se verificar uma boa resistência ao choque o desempenho e a durabilidade dos mesmos vão ser postas em causa. [16] [39]

A resistência superficial/deformabilidade pode ser avaliada através do ensaio do choque de esfera, este é um ensaio “*in situ*” que se realiza com recurso ao aparelho de “Martinet Baronnie”. Pode ser avaliado em zonas mais baixas, onde há maior propensão a choques, ou em zonas mais elevadas. [16] [36] [41]

A CSTB classifica o edifício em diferentes classes para avaliar a exposição à ação dos choques em paredes exteriores, apesar de os requisitos desta exigência ainda não estão totalmente definidos na normalização. Apenas está referido pela CSTC que, até 2 m de altura em relação ao piso de circulação em revestimentos de paramentos acessíveis, a energia mínima de resistência deve ser de 10 J e no caso de a altura ser maior de 2 metros deve resistir a 3 J. [16] [39] [41]

Os ensaios de resistência aos choques são definidos também na norma NF P 08-301, onde a classificação dos níveis de choque está dependente da massa do corpo de choque e a energia do choque. A letra T traduz o nível de resistência acompanhado por um índice numérico que varia conforme a capacidade de resistir ao choque.

T1 resiste ao choque de um corpo duro de 0,5 kg que corresponde a 0,35 J e ao choque de um corpo mole de 3 Kg correspondente a 3 J.

T1⁺ resiste ao choque de um corpo duro de 0,5 kg que corresponde a 1 J e ao choque de um corpo mole de 3 Kg correspondente a 3 J.

T2 resiste ao choque de um corpo duro de 0,5 kg que corresponde a 3 J e ao choque de um corpo mole de 3 Kg correspondente a 10 J.

T3 resiste ao choque de um corpo duro de 0,5 kg que corresponde a 3 J e ao choque de um corpo mole de 3 Kg correspondente a 20 J e ao choque de um corpo mole de 50 kg correspondente a 130 J.

T4 resiste ao choque de um corpo duro de 1 kg que corresponde a 10 J e ao choque de um corpo mole de 3 Kg correspondente a 60 J e ao choque de um corpo mole de 50 kg correspondente a 400 J. [39]

Este teste consiste em provocar um impacto pendular com determinados tipos de corpos a diferentes alturas, os quais transmitem uma energia de choque em joules. Os corpos que são designados de moles tentam traduzir o choque de pessoas com o elemento, enquanto, os corpos duros tentam traduzir o impacto de objetos leves indeformáveis. A esfera deve estar fixa a uma extremidade de uma haste metálica que tenha um comprimento variável dependendo da situação a avaliar e a outra extremidade deve estar articulada com um suporte que está encostado à parede. Depois deve subir-se a haste até uma posição horizontal, e deixa-se cair a esfera, esta queda descreve um movimento pendular, até bater contra o revestimento em estudo. [36] [39]



Fig.5.2 – Aparelho “Martinet Baronnier” [41]

Outra possibilidade para avaliação da resistência ao choque, consiste em deixar cair um corpo com massa conhecida de uma altura conhecida sobre a superfície do revestimento. [10]

O equipamento a utilizar é:

- Elemento de suporte com o revestimento a ensaiar;
- Corpo com massa de 1 kg.

O provete deve ser colocado numa superfície plana e rígida e corpo deve ser colocado numa estrutura onde se controla a altura de queda que se pretende, deixando-o cair sobre o provete. Após esta queda pode visualizar-se os efeitos provocados pelo corpo, visualizando eventuais problemas.

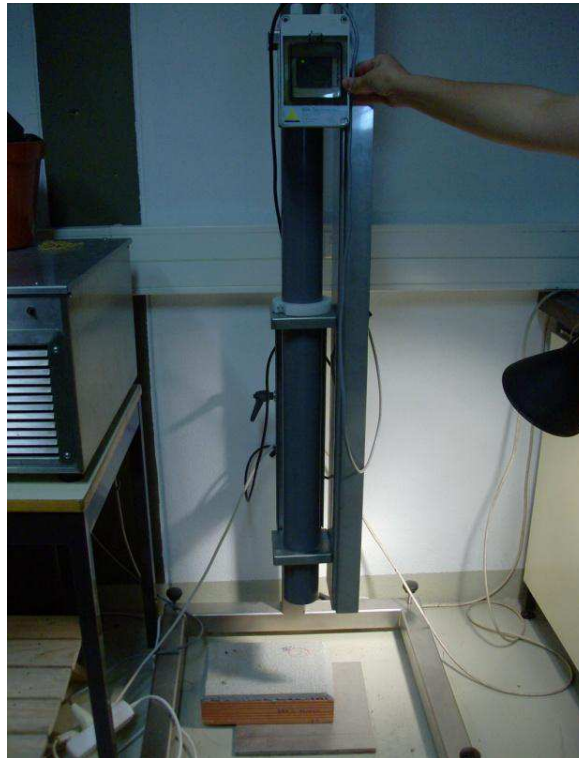


Fig.5.3 – Montagem do ensaio. [10]

5.2.2. SUSCETIBILIDADE À FENDILHAÇÃO POR RETRAÇÃO RESTRINGIDA [34] [48]

O surgimento da fendilhação altera o comportamento dos rebocos afetando a sua capacidade de impermeabilização, alterando a sua aparência e permitem a infiltração de água e outros agentes, bem como, a fixação de microrganismos pondo em causa a durabilidade do revestimento e consequentemente da própria parede.

O seu surgimento resulta na sua maioria devido a tensões de tração nas argamassas devido a deformações impostas. As argamassas que são resistentes às tensões de compressão possuem um comportamento frágil à tração e por isso existem mais possibilidades de ocorrer fendilhação. A fendilhação por retração restringida põe em causa a qualidade dos revestimentos, e são difíceis de controlar exigindo um grande conhecimento por partes dos técnicos.

Este ensaio realiza-se segundo a ficha de ensaio do LNEC FE Pa 37, e consiste em determinar as forças resultantes da restrição à tração e do alongamento na rotura, desde a moldagem até aos 7 dias de idade.

O equipamento utilizado neste ensaio é:

- Aparelho de medição de retração restringida;
- Equipamento de aquisição de dados;
- Fonte de alimentação;

- Colher;
- Pincel;
- Óleo lubrificante.

Para avaliar a retração restringida devem ser montados dois aparelhos de medição de retração restringida para cada provete de argamassa, que devem ser montados de maneira a que a cabeça superior fique imóvel pelo parafuso que está ligado ao transdutor de força. As bases dos moldes devem ser pinceladas com o óleo lubrificante.

De seguida deve ser feita a amassadura da argamassa e com o aparelho em posição horizontal deve se aplicada a argamassa com a colher, usando como base do molde placas de material acrílico e com as paredes do molde, as cabeças superiores e as varetas, também de material acrílico, fixas entre elas de forma a criar um provete com a forma de osso.

Posteriormente devem ser aparafusadas as estruturas de suporte dos transdutores de deslocamento. Iniciando-se assim as medições e os respetivos registos, após duas horas devem ser extraídas as varetas laterais, e após 18 horas os aparelhos devem ser colocados em posição vertical extraíndo-se as bases de material acrílico.



Fig.5.4 – Provetes prontos para o início do ensaio. [10]

Na segunda fase, a análise da resistência à tração e alongamento de rotura, deve ser feita aos 7 dias de idade e para isso, deve-se movimentar de forma lenta o parafuso, aumentar a força de tração no provete até se conseguir a rotura. Após o surgimento da primeira fenda deve-se adequar o movimento lento do parafuso de maneira a que a resistência seja completamente nula.

É então possível calcular-se o coeficiente de segurança à abertura da 1ª fenda (CSFA) e o coeficiente de resistência à evolução da fendilhação (CREF) com as seguintes expressões:

$$CSAF = \frac{R_t}{F_{r_{\max}}} \quad (5.1.)$$

$$CREF = \frac{G}{F_{r_{\max}}} \quad (5.2.)$$

Onde,

R_t - resistência à tração (N)

$F_{r_{\max}}$ - força máxima mediada ao longo do ensaio de retração restringida (N)

G - energia de rotura no ensaio de tração (N.mm)

Pode então comparar-se os dois coeficientes com os limites estabelecidos no seguinte quadro:

Quadro 5.3 – Classificação quanto à suscetibilidade à fendilhação de argamassas de revestimento. [48]

Classe de suscetibilidade à fendilhação	1º Critério CSAF	2º Critério CREF
1 Fraca *	$CSAF \geq 1$	$CREF \geq 1$
2 Media*	$CSAF \geq 1$	$0,6 \leq CREF < 1$
3 Forte**	$CSAF < 1$	$CREF < 0,6$

*Tem que verificar as duas condições para pertencer à classe

**Basta verificar uma das condições para pertencer à classe

5.2.3. ABSORÇÃO DE ÁGUA A BAIXA PRESSÃO [5] [9] [31]

Um dos principais problemas dos revestimentos é a ação da água pondo em causa o desempenho dos mesmos, assim torna-se fundamental que a argamassa tenha resistência suficiente para combater este problema. [9]

A impermeabilização das fachadas à água líquida deve ser melhorada com os rebocos, pois os revestimentos devem ter a capacidade de combater a ação de água em conjunto com vento, para que possa atrasar o mais possível a infiltração da água no suporte. Outro das funções é a de limitar a quantidade de água absorvida pelo suporte, para isso é necessário que tenha uma rápida secagem para que a água junto do suporte só se mantenha durante um tempo mínimo. [9]

Sendo assim, o ensaio de absorção de água sob baixa pressão é um dos ensaios realizados no estado endurecido da argamassa com o intuito de avaliar a resistência do revestimento em relação aos problemas de humidade.

A sua avaliação pode ser feita com recurso ao Método do Cachimbo, RILEM, e pode desenvolver-se “*in situ*” ou em laboratório. Para o ensaio, os provetes utilizados consistem na aplicação de uma camada de aproximadamente 2 cm do revestimento num elemento de suporte, para isso, o suporte deve estar previamente submerso durante um período de 2 horas ou então o ensaio é feito na própria fachada a estudar. O ensaio decorre 28 dias após a produção da argamassa.

O material a utilizar inclui tubos de vidro graduados com forma de cachimbo e com capacidade de 4 ml. A fixação dos mesmos é feita com uma massa de fixação e a secção dos cachimbos em contacto com a água tem um diâmetro de 27 mm.

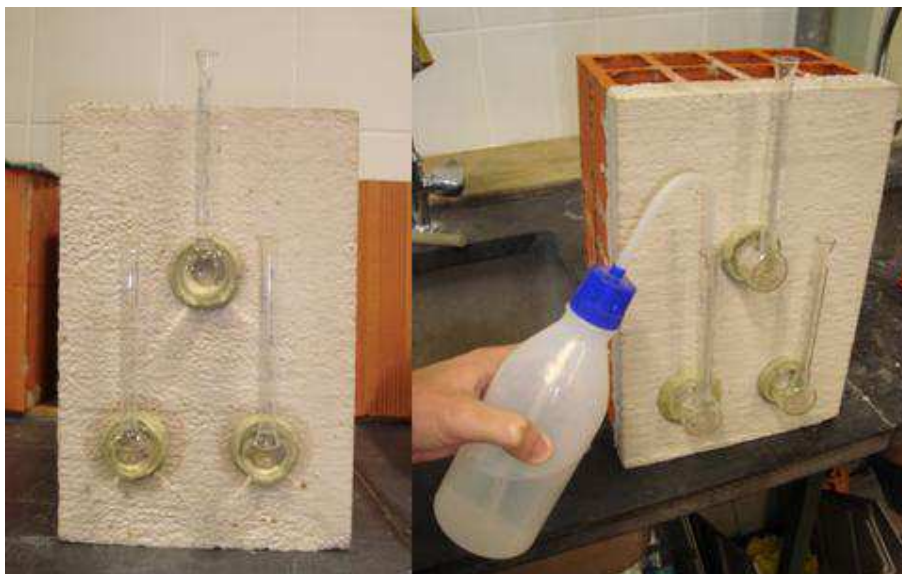


Fig.5.5 – Enchimento dos cachimbos [5]

O ensaio consiste no enchimento dos cachimbos com água até atingirem a sua capacidade, depois mede-se o valor de água absorvido nos vários instantes, bem como o intervalo de tempo para a absorção total dos cachimbos.

Como referido anteriormente, os valores de água absorvida registam-se em vários instantes, como: aos 15, 30, 60 e 90 segundos e aos 2, 3, 4, 5, 7 e 10 minutos, em seguida fazem-se registos de 2 em 2 minutos até à absorção total. A análise dos resultados é feita através de curvas de absorção em função da raiz quadrada do tempo em segundos.

Neste ensaio é verificada a quantidade de água absorvida em volume durante um determinado período de tempo, este parâmetro está relacionado com a capacidade de impermeabilização à chuva e ao vento, em zonas não fissuradas e em superfícies verticais. [9]

Esta técnica visa verificar a permeabilidade à água líquida, estimar o grau de degradação dos revestimentos e tentar prever o desempenho em relação a água. Pode também servir de apoio à avaliação do aumento da durabilidade na aplicação de tratamentos hidrófugos. [9]

Este é um ensaio simples e expedito, com custos reduzidos, não necessita de técnicos com grande especialização e dispensa fontes de energia externas. No entanto, a recolha de amostras apresenta como desvantagens a necessidade de que o reboco seja homogéneo, fato que depende das condições atmosféricas. Além disso, a avaliação não é feita somente para o revestimento mas para o conjunto revestimento suporte, não esquecendo a necessidade de controlo na colocação do material utilizado na fixação dos tubos. [9]

É possível então, obter-se um gráfico do volume de água absorvido em função do tempo e através da inclinação da reta do gráfico é possível obter o valor do coeficiente de absorção em $\text{kg/m}^2.\text{s}$. A absorção de água verificada pela fachada depende do coeficiente de absorção e do tempo do ensaio. [9]

Então pode ser calculado através:

$$A_{fachada} = C_{absorção} \times \sqrt{t_{chuva}} \quad (5.3.)$$

Onde,

$A_{fachada}$ - absorção de água (kg/m^2)

$C_{absorção}$ - coeficiente de absorção de água da camada superficial, que é a inclinação do gráfico com absorção de água nas ordenadas e a raiz quadrada do tempo no eixo das abcissas ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$)

T_{chuva} - tempo de duração do ensaio (h) [9]

O valor do coeficiente de absorção pode também ser calculado através:

$$C_{absorção} = \frac{x \times 10^{-3}}{d^2 \times \left(\frac{\pi}{4} \times 10^{-6} \times \sqrt{t} \right)} \quad (5.4.)$$

Onde,

x - quantidade de água absorvida (ml)

d - diâmetro da superfície em que é feita a penetração de água (mm)

t - duração da leitura (h). [9]

Este ensaio deve ser executado com o complemento dos ensaios da permeabilidade à água líquida e absorção de água por capilaridade já referidos anteriormente, mas a sua comparação deve ser cuidada. [9]

O ensaio em questão pode ser afetado por diversos fatores como: os materiais e elementos construtivos da fachada, a existência de microfissuras, o estado da superfície, o processo de fixação do tubo ao paramento, o acesso para a leitura “*in situ*” e as condições climáticas. [9]

5.2.4. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO [5]

A avaliação da absorção de água por imersão é feita em conformidade com a especificação do LNEC E 394, mas com algumas modificações se o material a avaliar não for de betão.

São necessários três provetes em forma de prisma com as dimensões de 40x40x160 mm, a idade de 28 dias, do material a estudar. De seguida, os provetes devem ser postos numa estufa com 60 ± 5 °C ao longo de dois dias para depois serem colocados num exsiccador com sílica gel durante o dia seguinte.

Deve ser registada a massa no estado seco, para que depois se ponham os provetes imersos em água ao longo de dois dias. Após este processo, estes devem ser retirados e a sua superfície ser limpa com um pano húmido para que se possam voltar a pesar.

Sendo assim, para avaliar a absorção de água por imersão deve ser calculado o teor em água por imersão após 48 horas, através do seguinte cálculo:

$$W_{48h} = \frac{m_{48h} - m_{seca}}{m_{seca}} \times 100 \quad (5.5.)$$

Onde,

W_{48h} - teor em água por imersão após 48 h (%)

M_{48h} - massa do provete húmido após a imersão durante 48h (g)

M_{seca} - massa do provete seco antes de imersão (g)

E o volume de água absorvido é dado por:

$$V_{48h}^{água} = \frac{m_{48h} - m_{seca}}{1000} \times 1000 \quad (5.6.)$$

Onde,

$V_{48h}^{água}$ - volume de água absorvido (cm³)

5.2.5. SECAGEM APÓS IMERSÃO [5] [34]

A capacidade de impermeabilização não está apenas relacionada com a capacidade de penetração da água até ao suporte mas também pela secagem da água em excesso quando as condições atmosféricas o permitam. [34]

A secagem define-se como o processo pelo qual a água abandona um material poroso envolvendo o transporte de líquido. A evaporação de líquido é possível através da migração de vapor pelo material se a frente humidade não estiver na superfície, e a propagação do vapor no ambiente. [32]

A avaliação da secagem está ligada à exigência de estanquidade dos revestimentos, no sentido em que as argamassas devem possuir uma estrutura interna que possibilite um nivelamento entre a velocidade e quantidade de água absorvida e a capacidade de secagem que se segue. Depende de fatores externos como as condições ambientais e fatores internos como o teor e a distribuição inicial de água, o teor de água crítico do material e as propriedades de transporte de água no estado líquido e vapor. [5] [32]

Através deste ensaio é possível avaliar a rapidez de secagem da argamassa. Numa primeira fase, consiste por tornar as faces laterais impermeáveis para que no fim da saturação da argamassa a evaporação se realize apenas numa direção onde as dimensões da face são conhecidas.

Utilizam-se quatro provetes em forma de prisma com as dimensões de 40x40x80 mm. Nas faces laterais deve ser aplicada uma tinta com base em resina epóxi, com auxílio de uma trincha. Após a secagem da tinta conforme o indicado na ficha técnica, deve ser aplicada uma segunda demão da tinta e deve permanecer em secagem ao longo de 8 dias.

Numa segunda fase, os provetes devem estar sujeitos a uma secagem em estufa com a temperatura de 60 ± 5 °C durante 2 dias, após os quais deve ser medida a massa dos provetes, para que depois sejam imersos em água por dois dias.

Na seguinte fase, os provetes são retirados da água para que seja registada a sua massa. Procedesse ao isolamento de uma face com recurso a uma película aderente e a elásticos para que a evaporação seja unidirecional através de uma das faces do provete. Após a colocação destes materiais deve ser medida novamente a massa dos provetes. A avaliação da massa é feita até se conseguir que esta esteja constante, com uma balança com precisão de 0,01 g.

Pode então calcular-se o teor em água em qualquer instante i através da seguinte fórmula:

$$W_i = \frac{m_i - m_{\text{seca}}}{m_{\text{seca}}} \times 100 \quad (5.7.)$$

Onde,

W_i - teor em água em qualquer instante i (%)

m_i - massa do provete registada ao fim do tempo i (g)

m_{seca} - massa do provete seco em estufa (g).

E o volume de água retido nas argamassas é dado por:

$$V_{t_i}^{\text{água}} = \frac{m_{t_i} - m_{\text{seca}}}{1000} \times 1000 \quad (5.8.)$$

Onde,

$V_{t_i}^{\text{água}}$ - volume de água no instante i (cm³)

m_{t_i} - massa do provete húmido no instante i (g)

m_{seca} - massa do provete seco em estufa (g)

Como se trata de uma análise ao longo do tempo, e não apenas num instante, é possível ser traçada uma curva de volume de água retida, designada por curva de secagem.

5.2.6. COMPORTAMENTO FACE À CRISTALIZAÇÃO DE SAIS [31] [49]

A cristalização e dissolução de sais são mecanismos de difícil controlo devido à elevada solubilidade de alguns sais, o que faz que as águas os transportem facilmente. Estes sais podem cristalizar-se sob o efeito das constantes mudanças atmosféricas, aumentando o seu volume e consequentemente levam a um aumento das tensões internas no interior dos materiais, levando à detioração. O mesmo acontece em processos de dissolução dessas cristalizações. [31]

Os ciclos dependem da natureza e concentração dos sais, da microestrutura do material a estudar e das condições de evaporação, onde o principal fator é o teor de humidade. [31]

A degradação é transmitida através da formação de eflorescências ou cripto florescências. O primeiro caso refere-se a casos que ocorrem quando a cristalização é de forma anidra ou num estado de hidratação fraco e o segundo caso quando a cristalização de sais é no interior dos materiais. O desenvolvimento destes fenómenos deve-se à presença prolongada de humidade, à existências de sais solúveis nos materiais que constituem o reboco ou o suporte e à cristalização e dissolução de cal não carbonatadas existentes nos rebocos ou no suporte. Considera-se então que os revestimentos têm uma grande importância relativamente à proteção das construções aos problemas causados pelos sais. [31]

A avaliação da cristalização de sais pode ser feita com base no ensaio feito por Charles Selwitz e Eric Dowhne. Previamente deve feito o ensaio de absorção de água por capilaridade (capítulo 4), registando a quantidade de água e o instante em que a água atinge: metade da altura do provete (t_1), três quartos da altura do provete (t_2) e o topo do provete (t_3).

O ensaio apresenta duas fases, na primeira é adicionada com regularidade a solução salina e a segunda onde se adiciona água destilada em vez da solução salina de modo a provocar movimentos nos sais presentes. [31] [49]

Os provetes devem ser postos em estufa com temperatura de 60 ± 5 °C ao longo de 72 horas até terem massa constante, após o qual são postos num exsiccador com sílica de gel para garantir o arrefecimento ate à temperatura ambiente num período de dois dias. [49]

A cada fase existem ciclos que lhe correspondem, na primeira fase a salinização, através da colocação de sais nos provetes por absorção da solução de cloreto de sódio por capilaridade ao longo do tempo (t_1) e pela secagem durante sete dias. Na segunda fase cada ciclo é feito do seguinte modo: absorção de água destilada por capilaridade durante o tempo (t_3), seguida de secagem durante sete dias, absorção de água destilada por capilaridade durante o tempo (t_2), seguida de secagem durante sete dias, absorção de água destilada por capilaridade durante o tempo (t_1), seguida de secagem durante sete dias. [49]

Devem ser utilizados dois provetes em forma de prisma. E todas as arestas devem ser pintadas com um marcador e os topos identificados com números 1 e 2 de forma a garantir que na primeira fase do ensaio, a absorção salina ocorra de forma alternada nos dois topos do provete, procedimento que tem como objetivo proporcionar uma degradação homogénea em todo o provete. [49]



Fig.5.6 – Marcação dos provetes. [49]

Devem ser também traçadas linhas horizontais nas faces longitudinais dos provetes com as alturas indicadas no início de forma a ser possível haver um controlo da franja líquida nas diferentes etapas do ensaio. [49]

Deve ser registada a massa dos provetes designada por m_0 e dá-se assim início ao 1º ciclo do ensaio constituído pelas duas fases ao longo de quatro semanas. [49]

Os provetes devem ficar em posição vertical sobre roletes dentro de um tabuleiro da face 2 voltada para cima, e deve então colocar-se a solução de cloreto de sódio com concentração de 15% no tabuleiro com auxílio de um esguicho até se atingir 2mm acima da face inferior do provete. O tabuleiro deve ser coberto para se minimizar a evaporação da solução salina. [49]

Quando se verifica que a franja capilar está a meia altura do provete, determinado pelo ensaio de capilaridade, deve ser removido o excesso de líquido à superfície e deve registar-se a massa, designada por massa do provete molhado contendo o sal do 1º ciclo.

Os provetes devem ser colocados de novo nos roletes de vidro e deixar secar durante sete dias ao ar, após o qual se deve registar a sua massa, designada por massa do provete seco contendo sal do 1º ciclo, terminando assim a primeira fase. [49]

Na segunda fase os provetes são submetidos à absorção de água destilada por capilaridade, como no procedimento referido anteriormente. Após a subida da franja capilar ao topo do provete, obtido pelo ensaio de capilaridade, deve ser removido o excesso de líquido na superfície com um pano e registada a sua massa. Colocam-se os provetes a secar ao ar. Este procedimento deve ser repetido até a franja subir até aos três quartos e metade da altura dos provetes intercalados por sete dias de secagem. [49]

Procedendo-se para os restantes ciclos do mesmo modo. No fim de cada ciclo os provetes são voltados para a outra face. E assim, a degradação dos provetes é avaliada semanalmente nos diferentes ciclos visualmente, e através do registo fotográfico e da massa. Devem ser feitos três ciclos no total. [49]

5.2.7. RESISTÊNCIA AO DESENVOLVIMENTO DE FUNGOS [5]

A avaliação da resistência ao desenvolvimento de fungos é importante uma vez que se trata de uns dos problemas mais observados em fachadas. Com esta avaliação podemos observar se o material em estudo tem tendência a favorecer ou não o desenvolvimento de fungos.

A avaliação está de acordo com normas americanas ASTM G21-90 e ASTM D 5590-00 com algumas adaptações.

A avaliação consiste em criar condições favoráveis ao desenvolvimento acelerado de fungos, que depois devem ser tratados e assim permitir classificar a qualidade das argamassas em relação a este problema.

O fungo a utilizar pode ser, por exemplo, o *Aspergillus niger*. Devem ser utilizados seis provetes com as dimensões de $40 \times 40 \times 15 \pm 2$ mm. Após a preparação de uma suspensão de esporos do fungo, esta deve ser diluída e dividida em partes iguais para que os provetes a avaliar possam ser expostos às mesmas condições.

É necessário utilizar um frasco de Kolle, onde é colocado o provete com auxílio de um suporte para que seja colocada a suspensão feita anteriormente. Assim, a argamassa fica sujeita à ação da suspensão de esporos do fungo ao longo de quatro semanas, a uma temperatura de 22 °C e a uma humidade

relativa de 70 %. Durante as quatro semanas, a cada sete dias, deve ser feita uma avaliação da evolução do crescimento de fungos, através da observação de um microscópio ótico, verificando a percentagens de superfície que se encontra com colonização.

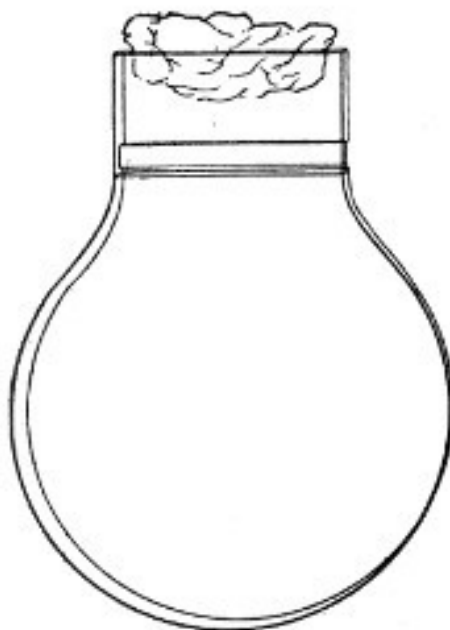


Fig.5.7 – Frasco de Kolle [85]

Quadro 5.4 – Classificação do crescimento de fungos, segundo a ASTM D 5590-00

Crescimento observado nos provetes	Classificação
Nenhum	0
Vestígios de crescimento <10%	1
Crescimento ligeiro 10-30 %	2
Crescimento moderado 30-60 %	3
Crescimento intenso 60-100 %	4

Através dos resultados obtidos podem retirar-se conclusões sobre este desenvolvimento e se se trata de um produto vulnerável a este ataque.

6

CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

6.1. CONCLUSÃO

A necessidade de a construção acompanhar o desenvolvimento da sociedade leva a que, muitas das vezes, seja descorada a necessidade da construção ter características de durabilidade e de bom desempenho. No entanto, existe também uma exigência cada vez mais evidente na qualidade dos produtos e uma preocupação maior pela ecologia e meio ambiente, é neste contexto que surge a utilização de novos materiais como a cortiça incorporada nos revestimentos.

O comportamento dos revestimentos possui um papel muito importante para um bom desempenho na construção e por isso devem ser monitorizados de forma cuidada devendo ser definidos quais os critérios quantitativos e requisitos necessários, através de uma correta especificação.

Na realidade para uma análise completa do desempenho dos revestimentos de fachada com incorporação de cortiça deveriam ser avaliados os seguintes parâmetros:

- Resistência à compressão;
- Absorção de água por capilaridade;
- Condutibilidade térmica;
- Massa volúmica no estado endurecido;
- Aderência ao suporte;
- Permeabilidade ao vapor de água;
- Reação ao fogo;
- Módulo de elasticidade;
- Resistência ao fogo;
- Durabilidade;
- Resistência ao choque;
- Retração restringida;
- Absorção de água a baixa pressão;
- Absorção de água por imersão;

- Secagem após imersão;
- Comportamento face à cristalização de sais;
- Resistência ao desenvolvimento de fungos.

Como é evidente existem parâmetros mais influentes do que outros.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Nesta dissertação foram expostas características que os revestimentos devem possuir, bem como, os parâmetros a avaliar.

Nas soluções com incorporação de cortiça encontradas, haverá sempre alguns aspetos que deveriam ser avaliados, dadas as exigências dos revestimentos exteriores, e que não são avaliadas pelas especificações das mesmas. Surgem assim, algumas estratégias pertinentes para uma melhor avaliação das potencialidades das soluções:

- Deve ser avaliado o desempenho das soluções em condições reais para ver se o seu comportamento é semelhante ao avaliado em laboratório;
- Tentar produzir argamassas com diferentes constituições, ou apenas do teor dos seus componentes de modo a encontrar uma solução com o desempenho mais adequado para este fim;
- Deve-se considerar a possibilidade de criar métodos de aplicação validados de técnicas de ensaio “*in situ*” não destrutivas para que se possa avaliar o seu estado de conservação;
- Realizar-se ensaios onde se possa avaliar qual a influência da orientação solar em revestimentos de fachada, bem como a região onde se vai aplicar e ver se reage de forma diferente;
- Ao inspecionar a aplicação deste tipo de soluções deve-se elaborar um sistema que classifique as anomalias encontradas para uma melhor análise e solucionar esses problemas;
- Deve ser estudada a utilização de cortiça com outros compostos que melhorem as debilidades da cortiça, isto é, compostos que já tenham sido utilizados e que possuam as virtudes em falta da cortiça;
- Avaliar a possibilidade de o produto ver alterado o seu desempenho dependendo da tipologia construtiva e do fim a que está destinado;
- Experimentar este tipo de produto em vários tipos de suporte para avaliar o seu desempenho;
- Realizar estudos a nível económico e financeiro das soluções para avaliar se a sua utilização compensa neste aspeto, comparando o desempenho com outras soluções já existentes.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Maria Pereira, P. *METODOLOGIA DA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS - Planos de Controlo de Conformidade de Fachadas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2008.
- [2] Joel Enes, R. *METODOLOGIA DA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2010.
- [3] <http://www.apcor.pt/userfiles/File/Caderno%20Tecnico%20F%20PT.pdf>. 24/2/2012.
- [4] Maria, S. *Aplicação estrutural de Cortiça para Melhoria da Segurança passiva em Caso de Impacto*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, 2008.
- [5] Martins, M. *Comportamento Físico de Argamassas de Reboco com Regranulado Negro de Cortiça*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2010.
- [6] Daniela Jacinta, M. *DESENVOLVIMENTO DE “TINTA” COM PÓ DE CORTIÇA COM DESEMPENHO ACÚSTICO OPTIMIZADO*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2010.
- [7] http://www.dem.ist.utl.pt/~m_pta/pdf/SofiaSalvadorProjecto.pdf. 24/2/2012.
- [8] <http://www2.egi.ua.pt/xxiiaphes/Artigos/a%20Helena%20&%20Augusta.PDF>. 10/5/2012.
- [9] Ana, G. *Estudo da influência dos factores de aplicação no desempenho de argamassas de revestimento recorrendo a técnicas de ensaio in-situ*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2010.
- [10] Diogo André, P. *DESEMPENHO DE ARGAMASSAS FABRICADAS COM INCORPORAÇÃO DE MATERIAIS FINOS PROVENIENTES DA TRITURAÇÃO DE PNEUS*. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, 2011.
- [11] Laureano Leite, C. *O USO DE ARGAMASSAS TRADICIONAIS E PRÉ-DOSEADAS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO EM REVESTIMENTOS EXTERIORES*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UTAD, 2008.
- [12] Raquel Sofia, V.M. Nascimento Paulo. *Caracterização de Argamassas Industriais*. Dissertação de Mestrado em Gestão Ambiental, Universidade de Aveiro, 2006.
- [13] Marisa, Q. *DURABILIDADE DE REVESTIMENTOS EXTERIORES DE PAREDE EM REBOCO MONOCAMADA*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2006.
- [14] Abrantes, V., Mendes da Silva, J. *Título Patologias em paredes de alvenaria: causas e soluções*, 2007.
- [15] Laboratório Nacional de Engenharia Civil. *Curso de especialização sobre revestimentos de parede*. LNEC, Lisboa, 1996.
- [16] Jorge Manuel, G. *Técnicas de ensaio in-situ para avaliação do comportamento mecânico de rebocos em fachadas - Esclerómetro e ultra-sons*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2009.
- [17] Gripp, R. *A importância do projeto de revestimento de fachada, para a redução de patologias*. Monografia em Construção Civil, Escola de Engenharia UFMG, 2008.
- [18] <http://www.reformafacil.com.br/dicas-para-evitar-e-corrigir-eflorescencia-na-pintura>. 10/5/2012.

- [19] Cristina de Vilhena, C. *Previsão da vida útil de revestimentos de superfícies pintadas em paredes exteriores*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2011.
- [20] http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/1136_Revestimentos_Paredes.pdf. 13/3/2012.
- [21] Lucas, José A. Carvalho. *Exigências funcionais de revestimentos de fachada*. LNEC, Lisboa, 1990.
- [22] <http://www.azichem.it/> . 3/12/2012.
- [23] <http://www.sotecnisol.pt/materiais/produtos/solucoes-de-impermeabilizacao-isolamentos-e-drenagens/isolamentos-termicos/poliestireno-expandido/granulado/granulado/>. 10/5/2012.
- [24] <http://www.greencorks.com/> . 3/12/2011.
- [25] <http://www.cimax.it/> . 3/12/2011.
- [26] <http://www.kerakoll.com/pt/home?lang=pt>. 3/12/2011.
- [27] <http://www.diasen.com/sp/home.3sp>. 3/12/2011.
- [28] <http://www.cerc.com/> . 3/12/2011.
- [29] <http://www.knauf.com.br/> . 3/12/2011.
- [30] <http://www.archiproducts.com/pt/produtos/8632/isoltechno-is-2-tech-service.html>. 3/12/2011.
- [31] Cláudia Sofia, A. *Estudo da evolução do desempenho no tempo de argamassas de cal aérea*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2008.
- [32] Vânia Patrícia, B. *INFLUÊNCIA DOS REVESTIMENTOS POR PINTURA NA SECAGEM DO SUPORTE*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2009.
- [33] Daniel Assares, R. *INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE ENSAIO NAS CARACTERÍSTICAS DE ARGAMASSAS DE CAL AÉREA E HIDRÁULICA*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA, 2010.
- [34] Catarina Jesus, N. *DESEMPENHO DE ARGAMASSAS COM INCORPORAÇÃO DE AGREGADOS FINOS PROVENIENTES DA TRITURAÇÃO DO BETÃO*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2010.
- [35] André Miguel, V. *CARACTERIZAÇÃO DE REVESTIMENTOS EXTERIORES ATRAVÉS DE ENSAIOS DE ARRANCAMENTO POR TRACÇÃO*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2009.
- [36] Miguel Resendes, D. *Caracterização de Revestimentos em Fachadas Ventiladas, Análise do Comportamento*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2010.
- [37] <http://www.taurus-instruments.de/en/products/thermal-conductivity/taurus/tca-750-heat-flow-meter.html?cat=16&cHash=e8399a6cc8>. 2/2/2012.
- [38] <http://portuguese.alibaba.com/product-free/granulated-cork-103764923.html>. 10/5/2012.
- [39] Manuel Maria, R. *DURABILIDADE NA CONSTRUÇÃO, Estimativa da vida útil de fachadas ventiladas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2010.
- [40] Fernando Jorge, J. *Análise Do Comportamento Higrotérmico De Soluções Construtivas De Paredes Em Regime Variável*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA, 2010.

- [41] http://www.apfac.pt/congresso2010/comunicacoes/Paper%2012_2010.pdf. 3/4/2012.
- [42] <http://www.poliuretanos.com.br/Cap8/8125Compressao.htm>. 14/3/2012.
- [43] <http://dc178.4shared.com/doc/aTm72jdB/preview.html>. 14/3/2012.
- [44] <http://www.serc-europe.com/serc/portugues/ppci/SERC%20DOC.009.R0-Euroclasses%20de%20Reacao%20ao%20Fogo.pdf>. 18/3/2012.
- [45] http://www.anet.pt/downloads/eventos/Seminario_SCI_Az/Apresentacao_Pina_dos_Santos.pdf. 14/3/2012.
- [46] <http://www.serc-europe.com/serc/portugues/ppci/SERC%20DOC.010.R1-Euroclasses%20de%20Resistencia%20ao%20Fogo.pdf>. 14/3/2012.
- [47] http://www.apfac.pt/eventos/sessao-aip-2005/CTCV%202005_03_18.pdf. 12/2/2012.
- [48] <http://www.apfac.pt/congresso2005/comunicacoes/Paper%2020.pdf>. 14/3/2012.
- [49] Maria Paula, A. *INFLUÊNCIA DA RAZÃO ÁGUA/LIGANTE NAS CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS DE CAL AÉREA PARA REBOCOS DE EDIFÍCIOS ANTIGOS*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2010.
- [50] <http://abracoop.com.br/equipamentos-de-vidro-de-uso-comum-em-um-laboratorio-bacteriologico/>. 10/5/2012.
- [51] http://www.marcasepatentes.pt/files/collections/pt_PT/1/8/65/Vol.%20III%20-%20Estudo%20da%20Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20PI%20no%20Sector%20da%20Corti%C3%A7a.pdf. 10/12/2011.

