

# **CONSTRUÇÃO DE UMA BASE DE DADOS DE APOIO À ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL DAS CONSTRUÇÕES**

Vida Útil de Referência

**ANA FILIPA DA SILVA PINTO**

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

---

Orientadora: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JUNHO DE 2011

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2010/2011**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

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

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

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

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.*

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

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A todos

*Aquele que tentou e não conseguiu é superior áquele que nada tentou.*

*Bud Wilkinson*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos os que me apoiaram incondicionalmente em todos os momentos principalmente nos de incerteza muito comuns para quem tenta trilhar novos caminhos.

Expresso o meu mais sincero agradecimento à Professora Doutora Helena Corvacho pelo apoio, disponibilidade, compreensão e entusiasmo com que me orientou na realização deste trabalho. Agradeço ainda pelo empréstimo de todos os documentos de consulta que me facultou.

O meu sincero agradecimento ao Jorge pela contribuição na realização da Base de Dados.

Destacaria o agradecimento à minha mãe, à minha irmã Juliana pela sua compreensão desde o primeiro instante, o estímulo nas horas mais difíceis e sobretudo por saberem quem sou.

Agradeço à Joana e ao António, eternos amigos, pelos constantes incentivos.

Saliento, de forma muito especial, o carinho e o empenho do Filipe demonstrado nestes últimos dias sem os quais não seria capaz de finalizar o objectivo a que me propus.

## **RESUMO**

O estudo da durabilidade na construção pode ser definido como a capacidade de um edifício ou de parte de um edifício desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo, sob determinadas condições de serviço e pretende dar conhecimento do desempenho dos materiais e das condições a que eles vão estar sujeitos.

Sabe-se que a durabilidade na construção é um factor que adquiriu uma importância crescente na indústria da construção, já que algumas edificações já existentes apresentam-se gravemente degradadas e com um elevado número de patologias. O aparecimento de novos materiais e de novas técnicas construtivas conduziu a um desconhecimento em relação ao seu comportamento e ao seu desempenho ao longo do tempo.

O objectivo deste trabalho é construir uma Base de Dados relativa à vida útil estimada dos materiais e componentes da construção. Esta necessidade surge da escassa informação relativa a este tema e da sua dispersão documental.

Com base no Método Factorial, apresentado pela norma ISO 15686-1, este trabalho pretende aplicar a metodologia descrita na norma, recolher e tratar informaticamente a informação existente no sentido de criar uma plataforma de apoio e de consulta na escolha dos produtos de construção a aplicar avaliando a sua durabilidade.

Constitui ainda objectivo deste trabalho, perceber quais os critérios adoptados na atribuição da Vida Útil de Referência dos materiais já conhecidos, bem como definir aqueles que se deve ter em conta na atribuição deste valor.

Um outro objectivo deste trabalho é analisar um conjunto de documentos e Bases de Dados disponíveis on-line onde se aponta um valor para a vida útil de referência determinado sob determinadas condições.

Pretende-se, no final, apresentar um conjunto de propostas ou alternativas de visam implementar a determinação da vida útil de referência de uma forma sistemática e organizada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vida Útil de Referência, Durabilidade, Método Factorial, Base de Dados, Vida Útil Estimada.

## **ABSTRACT**

The study of durability in construction is known as the ability of a building, or part of it, to perform its function during a determined time, under certain service conditions, and intends to expand the knowledge about the performance of the materials and conditions which they will be vulnerable.

It is known that durability is an area that has been gaining some focus in the industry of construction due to the fact that buildings that already exist are severely damaged and degraded and with an increasing number of pathologies. The appearing of new constructive materials and techniques led to ignorance towards its behavior and performance over the time.

The purpose of this thesis is the development of a Data Base related to the estimated Service Life of construction materials and components. This necessity emerges into de lack of information involving this topic and the large documental dispersion.

Based on the Factorial Method, presented by the standard ISO 15686-1, this dissertation intends to apply the methodology described by the regulation, gather and analyze the information that exists, creating a support and inquiry platform which is related to the choice of the products in construction and its durability.

This work has also the goal to understand the criteria used on the attribution of Reference Service Life on the known materials, as well as define those which have to be considered in the attribution of these values.

Another purpose of the dissertation bellow is to analyze the amount of documents and Data Bases available online which were related to the reference service life when determinate under some narrow conditions.

Overall, the main goal is to present a great amount of proposals or alternatives that could be helpful to determinate the reference service life in systematic and and organized way.

**KEYWORDS:** Reference Service Life, Durability, Factor Method, Data Base, Estimated Useful Life

## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. PATRIMÓNIO EDIFICADO EM PORTUGAL .....	1
1.2. ARQUITECTURA E A DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES .....	2
1.3. OBJECTIVOS DO TRABALHO .....	3
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	4
<b>2. DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES</b> .....	5
2.1. CONCEITO DE DURABILIDADE .....	5
2.2. EVOLUÇÃO DO TEMA DURABILIDADE .....	5
2.3. INDICADORES DE DURABILIDADE .....	7
2.4. EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO .....	9
2.5. MÉTODOS PARA ESTUDAR A DURABILIDADE .....	11
2.6. AGENTES E MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO .....	11
2.7. FIM DA VIDA ÚTIL .....	13
<b>3. PLANEAMENTO DA VIDA ÚTIL</b> .....	17
3.1. CONSIDERAÇÕES .....	17
3.2. PROPOSTA DA NORMA ISO 15686 .....	18
3.2.1. INTRODUÇÃO .....	18
3.2.2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO .....	18
3.2.3. INTEGRAÇÃO DO PLANEAMENTO DA VIDA ÚTIL NA ACTIVIDADE DE PROJECTO .....	19
3.2.3.1. Considerações .....	19
3.2.3.2. Etapas a considerar no Projecto .....	20
3.2.4. ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL DAS CONSTRUÇÕES .....	21
3.2.5. NORMAS APLICÁVEIS .....	21
3.2.5.1. Metodologia para o Planeamento da Vida Útil do Edifício .....	21
3.2.5.2. Terminologia .....	23

3.2.5.3. Método de Previsão da Vida Útil do Material ou Componente .....	24
3.2.5.4. Ensaios de Envelhecimento .....	25
<b>4. MÉTODO FACTORIAL .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2. VIDA ÚTIL DE REFERÊNCIA .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3. FACTORES MODIFICADORES .....</b>	<b>32</b>
4.3.1. INTRODUÇÃO .....	32
4.3.2. FACTOR A – QUALIDADE DO PRODUTO DE CONSTRUÇÃO .....	34
4.3.3. FACTOR B – NÍVEL DA QUALIDADE DO PROJECTO .....	36
4.3.4. FACTOR C – NÍVEL DA QUALIDADE DA EXECUÇÃO .....	39
4.3.5. FACTOR D – CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE INTERIOR .....	42
4.3.6. FACTOR E – CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE EXTERIOR .....	46
4.3.7. FACTOR F – CONDIÇÕES DE USO .....	57
4.3.8. FACTOR G – NÍVEL DE MANUTENÇÃO .....	62
<b>4.4. MATRIZ DE DURABILIDADE .....</b>	<b>64</b>
<b>5. RECOLHA DE DADOS .....</b>	<b>67</b>
<b>5.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>5.2. FACHADAS .....</b>	<b>67</b>
5.2.1. CONSIDERAÇÕES .....	67
5.2.2. DURABILIDADE DO CONTRAPLACADO COMO REVESTIMENTO DE PAREDES EXTERIORES .....	68
5.2.3. DURABILIDADE DE REVESTIMENTOS MONOMASSA .....	69
5.2.4. DURABILIDADE DE PINTURAS EXTERIORES SOBRE REBOCO .....	71
5.2.5. DURABILIDADE DE REVESTIMENTOS EXTERIORES POR PINTURA .....	72
5.2.6. DURABILIDADE DAS TINTAS .....	72
5.2.7. DURABILIDADE DE TINTAS INTERIORES .....	73
5.2.8. DURABILIDADE DE PLACAS PERFILADAS DE FIBROCIMENTO .....	74
5.2.9. DURABILIDADE DE PAINÉIS FENÓLICOS (HPL) PARA EXTERIOR .....	74
5.2.10. DURABILIDADE DA MADEIRA MODIFICADA TERMICAMENTE .....	76
5.2.11. DURABILIDADE DO REBOCO EXTERIOR .....	77
5.2.12. DURABILIDADE DE FACHADAS VENTILADAS .....	78
5.2.13. DURABILIDADE DE FACHADAS VENTILADAS REVESTIDAS COM PLACAS DE GRANITO .....	79

5.2.14. DURABILIDADE DAS FACHADAS VENTILADAS REVESTIDAS A PEDRA NATURAL.....	80
5.2.15. DURABILIDADE DO ETICS .....	81
5.2.16. DURABILIDADE DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS EM FACHADAS.....	82
5.2.17. DURABILIDADE DA PASTILHA CERÂMICA .....	84
5.2.18. DURABILIDADE DE BETÃO REFORÇADO COM FIBRAS DE VIDRO.....	85
5.2.19. DURABILIDADE DO REVESTIMENTO GRANIPLAST (MONOMASSA).....	86
<b>5.3. PAVIMENTOS .....</b>	<b>87</b>
5.3.1. CONSIDERAÇÕES.....	87
5.3.2. DURABILIDADE DO PARQUET INDUSTRIAL .....	87
5.3.3. DURABILIDADE DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM PISCINAS.....	88
5.3.4. DURABILIDADE DO PAVIMENTO AUTONIVELANTE .....	89
5.3.5. DURABILIDADE DO VIDRO EM PAVIMENTOS.....	90
5.3.6. DURABILIDADE DO REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS .....	91
5.3.7. DURABILIDADE DA MADEIRA COMO REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS .....	91
5.3.8. DURABILIDADE DE PAVIMENTOS EM MADEIRA POR IMPREGNAÇÃO QUÍMICA EM AUTOCLAVE.....	92
5.3.9. DURABILIDADE DO VINÍLICO EM REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS.....	93
5.3.10. DURABILIDADE DOS REVESTIMENTOS DE PAVIMENTOS EM MADEIRA.....	94
5.3.11. DURABILIDADE DE PAVIMENTOS EM MADEIRA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS .....	95
<b>5.4. COBERTURAS.....</b>	<b>95</b>
5.4.1. CONSIDERAÇÕES.....	95
5.4.2. DURABILIDADE DO SISTEMA PREDIAL DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	95
5.4.3. DURABILIDADE DE MEMBRANAS BETUMINOSAS FLEXÍVEIS COMO SOLUÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS PLANAS .....	96
5.4.4. DURABILIDADE DO REVESTIMENTO DE COBERTURAS PLANAS.....	97
5.4.5. DURABILIDADE DAS TELHAS CERÂMICAS .....	98
5.4.6. DURABILIDADE DOS SOLETOS DE ARDÓSIA.....	100
5.4.7. DURABILIDADE DO ISOLAMENTO TÉRMICO EM COBERTURAS INVERTIDAS .....	101
<b>5.5. APLICAÇÃO EM DIVERSOS LOCAIS .....</b>	<b>102</b>
5.5.1. CONSIDERAÇÕES.....	102
5.5.2. DURABILIDADE DE JANELAS COM CAIXILHARIA EM PVC.....	102
5.5.3. DURABILIDADE DE CAIXILHARIAS DE MADEIRA .....	103
5.5.4. DURABILIDADE DE BALCÕES PÉTREOS.....	104
5.5.5. DURABILIDADE À CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO POR IMERSÃO A QUENTE.....	104
5.5.6. DURABILIDADE DE ARGAMASSAS POLIMÉRICAS .....	105

5.5.7. DURABILIDADE DAS ARGAMASSAS TRADICIONAIS EM REBOCOS EXTERIORES .....	106
5.5.8. DURABILIDADE DO SISTEMA DE PORTAS EXTERIORES EM MADEIRA .....	106
5.5.9. DURABILIDADE DE REVESTIMENTOS EM CORTIÇA.....	107
<b>5.6. TABELA SÍNTESE .....</b>	<b>108</b>
<b>6. BASE DE DADOS .....</b>	<b>113</b>
<b>6.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>113</b>
<b>6.2. ESTRUTURA.....</b>	<b>114</b>
<b>6.3. FUNCIONALIDADES .....</b>	<b>123</b>
6.3.1. BIBLIOGRAFIA.....	123
6.3.2. TERMINOLOGIA .....	124
<b>6.4. NOTA FINAL.....</b>	<b>125</b>
<b>7. VIDA ÚTIL DE REFERÊNCIA NUMA PERSPECTIVA FUTURA .....</b>	<b>127</b>
<b>7.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>127</b>
<b>7.2. SITUAÇÃO ACTUAL .....</b>	<b>127</b>
<b>7.3. PERSPECTIVAS FUTURAS.....</b>	<b>128</b>
<b>8. CONCLUSÕES.....</b>	<b>131</b>
<b>8.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>131</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>1</b>
<b>A.1. TERMINOLOGIA .....</b>	<b>1</b>
<b>A.2. MATRIZES DE DURABILIDADE DA BASE DE DADOS PROPOSTA .....</b>	<b>6</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Reabilitação do Edifício e Construção Novas .....	1
Fig.2 – Funções hipotéticas do desempenho ao longo do tempo .....	10
Fig.3 – Relação entre a perda de desempenho das propriedades de um elemento e os níveis mínimos aceitáveis (adaptado) .....	14
Fig.4 – Condições de estado de degradação no momento da análise, segundo Moser .....	14
Fig.5 – Metodologia para o planeamento da vida útil do edifício .....	22
Fig.6 – Método para previsão da vida útil segundo ISO 15686-2 .....	25
Fig.7 – Exemplo de declaração de conformidade CE do fabricante .....	35
Fig.8 – Símbolo de marcação CE .....	35
Fig.9 – Causas de patologias (valores médios europeus) .....	37
Fig.10 – Zonamento climático de Inverno Verão .....	47
Fig.11 – Distribuição da quantidade de precipitação em Portugal continental .....	49
Fig.12 – Radiação solar média anual em Portugal continental .....	52
Fig.13 – Número médio anual de dias com geada .....	54
Fig.14 – Zonamento do território de Portugal continental em função da acção do vento .....	55
Fig.15 - Contraplacado .....	68
Fig.16 – Monomassa .....	70
Fig.17 – Pintura exterior sobre reboco .....	71
Fig.18 – Exemplo de aplicação de tintas interiores .....	73
Fig.19 – Placa de fibrocimento .....	74
Fig.20 – Exemplo de aplicação de um painel fenólico (HPL) para exterior .....	75
Fig.21 – Exemplo de aplicação de madeira modificada termicamente .....	76
Fig.22 – Reboco aplicado numa superfície exterior .....	77
Fig.23 – Fachada ventilada – efeito chaminé .....	79
Fig.24 – Fachada ventilada revestida a pedra natural (granito) aplicada na FEUP .....	80
Fig.25 – ETICS .....	81
Fig.26 – Revestimentos cerâmicos colocados em fachadas .....	83
Fig.27 – Pastilha cerâmica .....	85
Fig.28 – Betão reforçado com fibras de vidro .....	85
Fig.29 – Graniplast .....	86
Fig.30 – Parquet industrial .....	87
Fig.31 – Revestimentos cerâmicos em piscinas .....	88

Fig.32 – Pavimento autonivelante .....	89
Fig.33 – Pavimento em vidro .....	90
Fig.34 – Soalho .....	92
Fig.35 – Excerto de pavimento em madeira por impregnação química em autoclave .....	92
Fig.36 – Exemplo de um pavimento revestido com vinílico .....	93
Fig.37 – Sistema de drenagem de coberturas inclinadas .....	96
Fig.38 – Membrana betuminosa aplicada numa cobertura plana .....	97
Fig.39 – Membrana de betume polímero APP .....	98
Fig.40 – Telha cerâmica .....	99
Fig.41 – Soletos de ardósia .....	100
Fig.42 – Constituição de uma cobertura invertida .....	101
Fig.43 – Caixilharia em PVC .....	102
Fig.44 – Exemplo de aplicação de uma caixilharia em madeira .....	103
Fig.45 – Balcão pétreo de cozinha .....	104
Fig.46 – Bobinas de aço galvanizado por imersão a quente .....	105
Fig.47 – Aplicação de uma argamassa polimérica .....	105
Fig.48 – Argamassa tradicional .....	106
Fig.49 – Exemplo de uma porta exterior em madeira .....	107
Fig.50 – Revestimento de paredes interiores a cortiça .....	108
Fig.51 – Apresentação da base de dados criada .....	114
Fig.52 – “Activação das Macros” .....	115
Fig.53 – “Como guardar um estudo feito” .....	115
Fig.54 – Menu Geral da base de dados proposta .....	116
Fig.55 – Menu Elementos de Coberturas .....	117
Fig.56 – Menu Elementos de Fachadas (excerto) .....	118
Fig.57 – Menu Elementos de Pavimentos .....	119
Fig.58 – Menu Elementos de Aplicação em Diversos Locais .....	120
Fig.59 – Selecção do índice atribuído a cada factor .....	121
Fig.60 – Tabela dos factores modificadores e respectivos índices .....	121
Fig.61 – Tabela de atribuição da vida útil de referência .....	122
Fig.62 – Tabela das condições de determinação da vida útil de referência .....	122
Fig.63 – Tabela da vida útil estimada .....	122
Fig.64 – Matriz de durabilidade da base de dados (excerto) .....	123

Fig.65 – Bibliografia.....	123
Fig.66 – Bibliografia da base de dados proposta (excerto) .....	124
Fig.67 – Terminologia.....	124
Fig.68 – Terminologia da base de dados proposta (excerto) .....	125

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Vida útil dos produtos em função da durabilidade das construções .....	7
Quadro 2 - Valores mínimos do tempo de vida útil estimada para os produtos da construção.....	8
Quadro 3 – Categorias para a vida de projecto.....	8
Quadro 4 - Vida útil de projecto solicitada aos produtos da construção .....	9
Quadro 5 – Agentes de degradação .....	12
Quadro 6 - Tipos de obsolescência.....	15
Quadro 7 – Integração do planeamento da vida útil na actividade de projecto .....	19
Quadro 8 - Valor de desvio sugeridos pela norma ISO.....	33
Quadro 9 – Principais factores modificadores de vida útil – norma ISO 15686-1.....	33
Quadro 10 - Índices aplicáveis ao Factor A.....	36
Quadro 11 – Índices aplicáveis ao Factor B.....	39
Quadro 12 - Áreas funcionais e seus objectivos .....	40
Quadro 13 – Índices aplicáveis ao Factor C.....	42
Quadro 14 - Classificação dos locais interiores segundo a exposição à humidade .....	43
Quadro 15 – Classificação dos locais em função da sua higrometria.....	45
Quadro 16 – Índices aplicáveis ao Factor D.....	46
Quadro 17 – Zonamento Climático de Inverno.....	48
Quadro 18 - Zonamento Climático de Verão.....	48
Quadro 19 – Zonamento de Portugal continental em função da precipitação média anual .....	49
Quadro 20 - Definição das atmosferas exteriores em função dos índices de poluição do ar e da influência marítima - adaptado .....	50
Quadro 21 – Índices aplicáveis ao Factor E .....	51
Quadro 22 – Valores máximos de radiação global incidente sobre superfícies exteriores em Portugal continental .....	52
Quadro 23 – Valores do coeficiente de absorção da radiação solar em função da cor .....	53
Quadro 24 - Zonamento segundo a acção do vento definido pelo RSA .....	55
Quadro 25 – Valores característicos da pressão dinâmica do vento – $w$ [Pa], segundo o RSA .....	56
Quadro 26 - Categorias associadas aos impactos nos paramentos exteriores da envolvente vertical dos edifícios.....	57
Quadro 27 – Classificação UPEC: descrição das classes .....	58
Quadro 28 - Classificação UPEC: níveis das classes.....	58
Quadro 29 – Classificação mínima UPEC dos produtos a aplicar segundo os locais - parcial .....	59

Quadro 30 - Áreas de actividade face à acção dos choques decorrentes da ocupação normal.....	60
Quadro 31 – Energia de choque* em ensaios de revestimento de fachada.....	60
Quadro 32 - Classes de exposição das fachadas aos choques exteriores decorrentes da ocupação normal.....	61
Quadro 33 – Índices aplicáveis ao Factor F.....	62
Quadro 34 - Classes de facilidade de reparação segundo a classificação reVETIR .....	63
Quadro 35 – Classes de necessidades de manutenção segundo a classificação reVETIR .....	64
Quadro 36 - Índices aplicáveis ao Factor G .....	64
Quadro 37 – Matriz de Durabilidade .....	64
Quadro 38 – Tabela Síntese .....	109

## **SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

AFNOR - Association Française de Normalisation

ASTM - Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life Building Components and Materials

BPL - Building LifePlans

BRE – Quality Management System

CIB – International Council for Building

CPD - Directiva dos Produtos para a Construção

CSTB - Scientifique et Technique du Bâtiment

DBMC - Durability of Buildings Materials and Components

DTU - Document Technique Unifié

EOTA - European Organization for Technical Approval

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

FURG - Universidade Federal do Rio Grande

GD - Guidance Document

INE - Instituto Nacional de Estatística

ISO – International Organization of Standardization

LCC - Life Cycle Cost

NAHB - National Association of Home Builders

NRC – National Research Council

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RILEM – International Union Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures

RSA - Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes

UFPR - Universidade Federal do Pará

UNCED - United Nations Conference on Environment and Development

VUR – Vida Útil de Referência

# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. PATRIMÓNIO EDIFICADO EM PORTUGAL

O património arquitectónico edificado acumula um denso significado ao longo dos séculos, sendo um testemunho da história de um povo de uma determinada época.

Apesar dos crescentes esforços desenvolvidos nos últimos anos respeitantes à qualidade da construção, a rede imobiliária portuguesa apresenta graves problemas de degradação resultantes não só da falta de manutenção como também de patologias resultantes do próprio processo construtivo que vêm sendo repetidas ao longo dos anos.

Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE), nomeadamente, Estatísticas da Construção e Habitação 2009 (Edição 2010), o estado da reabilitação do edificado e construções novas em Portugal de 1995 a 2009 apresenta-se da seguinte forma:

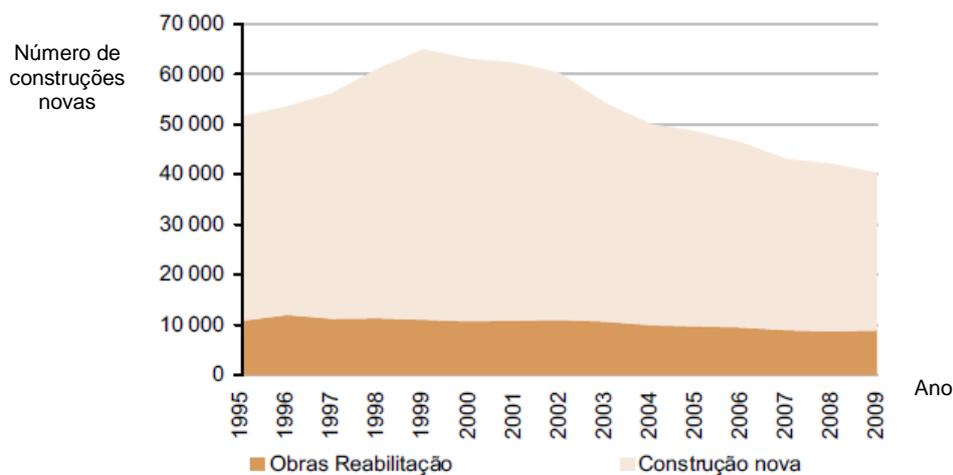


Figura 1- Reabilitação do Edificado e Construções Novas

Segundo dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), entre 2008 e 2010, regista-se um acréscimo de 2,2% do número de edifícios reabilitados, sendo que a maior parte destes (cerca de 66,9%) correspondem a obras de ampliação e não de reabilitação. As obras de reconstrução correspondem à mais pequena fatia das obras de reabilitação do edificado com um peso de 14,5% face ao total.

O reduzido investimento na conservação e manutenção das construções é responsável pelo estado de degradação dos edifícios em Portugal e de acordo com o relatório publicado pelo Ministério das Obras Públicas, Transportes e Habitação, Portugal, comparado com os restantes países da União Europeia, é o que apresenta o menor valor de investimento na recuperação das edificações, sendo o valor desse investimento 5,66% do total do investimento na construção.

Sabe-se que, o sector da construção em Portugal cresceu a uma taxa de mais de dez vezes em relação à média do espaço económico europeu na segunda metade da década de 90 e actualmente assistimos de forma lenta mas progressiva a uma alteração de políticas do sector da construção no nosso país.

De acordo com uma notícia publicada no Jornal de Notícias em Janeiro de 2008, a Secretaria de Estado e da Habitação defende que a degradação do património edificado resulta das crescentes políticas de incentivo à compra de habitação nova que actualmente prolifera nas zonas periféricas das cidades o que conduz a um abandono das edificações nos centros urbanos. Como exemplo, e ainda de acordo com a publicação do JN, é importante referir o caso da baixa Portuense, que, de acordo com um estudo realizado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2004, 64% dos edifícios do Porto apresentam sintomas de degradação sendo que 45% destes precisam de reparação, 18,7% dos quais com necessidades muito urgentes. A média nacional para a reabilitação normal ronda os 36% e a de casos urgentes pauta-se apenas pelos 8,1%.

Face aos valores apresentados torna-se urgente fomentar os investimentos na conservação e reabilitação dos edifícios, incrementar políticas de qualidade e sustentabilidade no sector da construção que devem reger-se por princípios de planeamento da vida útil das edificações.

## **1.2. A ARQUITECTURA E A DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES**

A arquitectura actual resulta de uma ruptura com os conceitos clássicos, introduziu novas mentalidades e novas formas de concepção das cidades; caracteriza-se pela adopção de formas dinâmicas que maximizam os efeitos visuais. Este novo conceito conduziu à aplicação de novos materiais e de novas técnicas; o reduzido conhecimento das suas características contribuiu para o aparecimento de inúmeras patologias e ao deficiente desempenho das construções. É importante referir que a evolução da arquitectura não é a única responsável pelo aparecimento de patologias na construção.

*“A introdução frequente de novos produtos e soluções tecnológicas determinam a necessidade de avaliar a durabilidade dessas escolhas, pois para essas escolhas, não existem ainda experiência validada. Além disso, estudos são necessários para caracterizar completamente o desempenho de novas soluções”.* [28]

Com o objectivo de colmatar esta lacuna têm vindo a ser desenvolvidos, a nível internacional, vários documentos no sentido do planeamento da vida útil das edificações, devendo esta temática ser considerada como critério de projecto.

### 1.3. OBJECTIVOS DO TRABALHO

O tema da durabilidade das construções tem sido uma constante preocupação e objecto de diversos estudos, directivas, normas e/ou especificações.

*“ A estimativa da vida útil de referência de componentes e materiais de construção, o ponto de partida para a aplicação do método factorial, tem sido objecto de inúmeros estudos e conduziu à construção de bases de dados de âmbito mais específico ou mais amplo. No entanto, a confiança nesses números ainda é tema de discussão.”* [28]

Até há algumas décadas atrás, a garantia da durabilidade de uma construção era conseguida pela adopção de soluções construtivas tradicionais, com provas dadas no passado.

Com a introdução de um grande número de novos materiais e tecnologias inovadoras começou a colocar-se com outra premência o problema da durabilidade, uma vez que não é conhecida, à partida, a variação com o tempo do desempenho dessas soluções novas [27], ou seja, a introdução de novos produtos e/ou sistemas na actividade da construção tem obrigado a um rápido desenvolvimento da temática da durabilidade e da previsão do tempo de vida útil dos produtos da construção com o intuito de avaliar qual o seu desempenho ao longo do tempo de serviço.

Por outro lado, é cada vez maior a preocupação com os problemas ambientais sendo fundamental garantir uma adequada utilização dos recursos existentes [27].

*“Assiste-se hoje a desenvolvimentos importantes no sentido de possibilitar projectar o desempenho funcional dum edifício ao nível da sua durabilidade, ou seja, da mesma forma que se dimensiona o comportamento estrutural, térmico ou acústico, também é possível dimensionar a durabilidade”* [18].

*“Nas últimas décadas verificou-se uma atenção crescente em relação às questões relacionadas com a durabilidade, e a estimativa da vida útil das construções tornou-se essencial por duas razões:*

- *Preocupações ambientais – por um lado a escassez de recursos (energia e materiais), fazendo da indústria da construção um dos maiores consumidores desses recursos, por outro lado, o impacte ambiental da construção em todo o seu ciclo de vida (incluindo a demolição e a reutilização);*
- *Preocupações económicas – todos os custos do ciclo de vida, incluindo os de uso e manutenção que devem ser considerados e a viabilidade económica deve ser comprovada.”* [28]

De facto, a selecção de uma adequada solução construtiva e o conhecimento do seu desempenho e dos produtos da construção a aplicar numa construção que é feita na fase de projecto, actualmente depende da escolha mais económica daí que esta assuma contornos de elevada importância. A selecção de alternativas ao nível da concepção dos edifícios tem sido permitida graças ao recurso a metodologias de previsão da vida útil dos produtos da construção no sentido de avaliar em anos de serviço, o seu desempenho.

Este trabalho baseia-se na metodologia de previsão da vida útil dos produtos de construção sugerida pela norma ISO 15686-1 no sentido de integrar a durabilidade como critério de projecto.

O objectivo deste trabalho é formular uma proposta de uma base de dados relativa à durabilidade dos materiais, preconizada pela norma já referida; trata-se de um trabalho inédito que visa sistematizar toda a informação já estudada e analisada em trabalhos anteriores realizados na FEUP, sendo esta, no entanto, ainda insuficiente, devido à sua difícil determinação. Trata-se de efectuar uma recolha e um tratamento sistemático de informação relativa à durabilidade de materiais, sistemas ou componentes de construção, no sentido de apoiar a aplicação do Método Factorial.

A estimativa da vida útil de referência é de grande importância para todos os intervenientes da indústria de construção civil, sendo notória a ausência de estudos sobre este assunto. Por um lado este estudo auxilia o projectista – funcionando como instrumento de trabalho na escolha dos materiais a aplicar nas diferentes situações que possam surgir durante a sua actividade; por outro informa os utentes, ou seja, dá informação sobre os produtos que serão utilizados e usados por estes.

Para tal, pretende-se com este trabalho, primeiramente entender o conceito de durabilidade, perceber a sua evolução e ser capaz de identificar as exigências e os indicadores de durabilidade.

Adquire igualmente importância perceber a aplicação do Método Factorial proposto pela norma ISO15686; especificar e concretizar os factores modificadores propostos no método, através de considerações e classificações que se entendem relevantes para uma correcta previsão do tempo de vida útil de determinado produto da construção.

Pretende-se, no final, ter a capacidade de enumerar um conjunto de sugestões, propor um conjunto de alternativas, de forma a, incrementar a determinação da vida útil de referência de forma organizada e sistemática.

#### **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma:

- Capítulo 1 *Introdução* onde são tecidas algumas considerações a respeito do património edificado em Portugal e identificados os principais objectivos deste trabalho;
- Capítulo 2 *Durabilidade das construções* com o objectivo de caracterizar a durabilidade das construções, esclarecer o seu conceito, apontar alguns indicadores desta bem como as respectivas exigências de desempenho e identificar alguns métodos para estimar a durabilidade;
- Capítulo 3 *Planeamento da vida útil dos edifícios* que constitui uma breve explicação da Norma ISO 15686;
- Capítulo 4 *Método Factorial* onde se efectua uma descrição de como aplicar este método, definir os factores modificadores e a vida útil de referência apontando alguns exemplos;
- Capítulo 5 *Recolha de Dados* com o objectivo de fornecer uma explicação da proveniência e do contexto em que se insere a informação recolhida e analisada que irá compor a base de dados;
- Capítulo 6 *Base de Dados* onde se apresenta uma proposta desta contendo as diversas informações relativas a estudos já realizados no âmbito do Método Factorial;
- Capítulo 7 *Vida Útil de Referência numa Perspectiva Futura* com o objectivo de apontar um conjunto de sugestões de forma a implementar a vida útil de referência de forma organizada e sistemática;
- Capítulo 8 *Conclusões*.

# 2

## DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES

### 2.1. CONCEITO DE DURABILIDADE

O estudo da durabilidade da construção, entendida como a capacidade de um edifício ou de partes de um edifício de desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo, sob determinadas condições de serviço, exige um conhecimento aprofundado das propriedades dos materiais e componentes da construção e das características dos ambientes a que estão sujeitos.

Há algum tempo atrás a durabilidade na construção era garantida pela continuação da aplicação das mesmas soluções aplicadas de há muitos anos, cujo desempenho já era conhecido. Com o aparecimento de novos materiais e de novas técnicas e com a introdução de inúmeros produtos no mesmo edifício, é desconhecido o seu desempenho e as suas interações ao longo do tempo o que resultou numa maior preocupação relativamente ao tema da durabilidade.

O estudo da durabilidade deu origem à formação de diversos grupos de trabalho que pretendiam desenvolver este tema. De entre eles, o grupo CIB-W94 (*Design for Durability*) [110] que, apesar de já não existir, referiu que “a maioria das falhas na durabilidade dependem do facto de não se conhecer o desempenho de determinados componentes ou materiais” e pelo facto de, quando conhecido esse desempenho, este só se encontrar disponível em documentos técnicos, por norma de difícil acesso, e onde a informação não se encontra convenientemente tratada e sistematizada para uso frequente, fácil e eficaz aos projectistas.

### 2.2. EVOLUÇÃO DO TEMA DURABILIDADE

No âmbito da durabilidade, os estudos da durabilidade relacionam-se fundamentalmente com o comportamento dos materiais, a sua interacção com o ambiente, os mecanismos de degradação e também com a concepção de metodologias que permitem a integração da durabilidade de projecto.

Na tentativa de sistematizar e de normalizar a temática da durabilidade, ou seja, de prever o tempo de vida útil dos produtos da construção, tem-se vindo a desenvolver, tal como já foi referido, ao longo das

últimas três décadas, a nível internacional, encontros e congressos com o objectivo de debater os principais aspectos do tema, tais como:

- Em 1989 é publicado pelo RILEM um documento que sugere algumas recomendações para a Previsão do Tempo de Vida Útil dos Edifícios (*Prediction of Service life of Buildings Materials and Components*);

- A maior parte das actividades sofreram um grande desenvolvimento logo a seguir ao Congresso em Ambiente e Desenvolvimento (*United Nations Conference on Environment and Development -UNCED*) que teve lugar no Rio de Janeiro, Brasil em 1992;

- Em consequência deste congresso, é apresentada, em 1999, a “Agenda 21” [62] desenvolvida pelo *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB), que tem por objecto a sustentabilidade do desenvolvimento global; Foram criados, dentro do CIB, alguns grupos de trabalho para o tema específico, nomeadamente:

- CIB-W60 Conceito de desempenho no edifício (*Performance Concept in Building*);

- CIB-W70 Gestão, manutenção e modernização de edifícios (*Management, Maintenance and Modernisation of Building Facilities*);

- CIB-W80 Previsão do tempo de vida útil dos materiais e componentes dos edifícios (*Prediction of service life of building materials and components*);

- CIB-W94 Projecto para a durabilidade (*Design for Durability*), que, tal como já foi mencionado, já não existe;

- Da fusão entre o grupo de trabalho do CIB-W80 e do Comité técnico TC 59 do *International Union Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures* (RILEM), surge um novo grupo o CIB W 80/RILEM 175-SLM que desenvolve estudos metodológicos no âmbito da estimativa da vida útil (*Service life Methodologies*);

- De acordo com o relatório nº 294 do CIB [63], este documento constitui o ponto de partida para o desenvolvimento das normas que abordam o planeamento do tempo de vida útil das construções elaboradas pela *Internacional Organization for Standardization* (ISO); As preocupações da ISO com o tema datam de 1984 aquando da necessidade da elaboração da norma ISO 6241 [65]. Nesta norma apresentam-se quais os factores que devem ser considerados no desempenho dos edifícios;

- O grupo de trabalho TC59 (*Building Construction*) do RILEM pelo sub comité SC14 (*Design Life*), iniciou estudos específicos e exclusivos na área conduzindo à elaboração de novas normas ISO para o planeamento do tempo de vida útil das componentes e materiais dos edifícios, nomeadamente a ISO 15686 [65;67;68;69];

- Em 1988, surge na Europa a *Directiva dos Produtos para a Construção* (CPD) – Directiva 89/106/CE [1], onde são apresentados e definidos os *Requisitos Essenciais* que as construções devem respeitar durante o período de vida para o qual foram concebidas.

- Em consequência desta Directiva foi estabelecida a *European Organization for Technical Approval* (EOTA). Esta organização tem vindo a publicar estudos, baseados em documentos elaborados pelo RILEM e pela ISO, para a avaliação do tempo de serviço dos materiais relativamente à durabilidade, nomeadamente o *Guidance Document 002* (GDOO2) [39] e o *Guidance Document 003* (GD003) [37];

- Em muitos outros países tem existido uma preocupação crescente, no sentido de estabelecer regulamentos e normas, com o intuito de prever a durabilidade dos produtos das construções e consequentemente do tempo de serviço dos edifícios;

- Neste sentido surge na Nova Zelândia, em 1992, o *New Zealand Building Code* [118], no Reino Unido, também em 1992, sob a forma de norma o *Guide to Durability of Buildings and Buildings Elements, Products and Components* (BS 7543) [16] e no Canadá, em 1995, também sob a forma de norma o *Guideline on Durability in buildings* (S478-9514) [113];

- No Japão, o tema tem sido objecto de estudo há já algumas décadas. A publicação de um guia que estabelecesse os princípios para a previsão da durabilidade e do tempo de serviço dos materiais dos edifícios, da gestão e planeamento dos mesmos, data de 1989, data em que foi concluída a redacção do *Principal Guide for Service Life Planning of Buildings* [1]. Tendo sido um dos primeiros documentos com a preocupação de regular e demonstrar os conceitos fundamentais da durabilidade, em cada fase do ciclo de vida das construções e numa abordagem do desempenho global dos edifícios, este guia funcionou como o ponto de partida para muitas das normas que abordam o tema a nível internacional.

- A mesma preocupação tem sido manifestada em congressos e conferências internacionais nomeadamente no ciclo de congressos “*Durability of Buildings Materials and Components*” (DBMC) levados a cabo pelo CIB, RILEM, ASTM International Standards; o último evento teve lugar em Portugal, nomeadamente na FEUP;

- Em Portugal, a temática tem sido apresentada em alguns congressos e conferências nacionais, nos quais se tem pretendido demonstrar a crescente preocupação com esta problemática. Actualmente, Portugal não possui regulamentação específica à durabilidade das construções.

- A abordagem a esta temática encontra-se prevista na proposta de revisão do Regulamento Geral das Edificações Urbanas [26].

### 2.3. INDICADORES DE DURABILIDADE

O tempo de vida útil dos produtos da construção constitui um indicador de durabilidade e este tem vindo a ser quantificado e documentado. Independentemente dos critérios gerais de classificação, observa-se que os valores mínimos sugeridos para a vida útil de projecto e para a vida útil dos produtos da construção são semelhantes. De seguida apresentam-se algumas tabelas com indicadores distintos sugeridos por normas internacionais.

As referidas tabelas expressam esses indicadores em função de determinados parâmetros, nomeadamente, em função da durabilidade das construções e da facilidade de reparação e/ou substituição dos produtos (quadro 1) [38], em função da vida de projecto do edifício (quadro 2) [66], em função da categoria de projecto (quadro 3) [113] e em função do uso do edifício (quadro 4) [1].

Pretende-se, com a sua apresentação, identificar que, apesar dos critérios gerais de classificação serem distintos, os valores mínimos sugeridos para a vida de projecto e para a vida útil dos produtos da construção são semelhantes.

De acordo com o documento GD002 da EOTA [39] “*as indicações dadas para o tempo de serviço de um produto da construção não devem ser entendidas como a garantia dada pelo fabricante mas devem ser encaradas, e unicamente, como uma forma de escolher correctamente os produtos relativamente ao que é esperado como economicamente razoável para o tempo de serviço*”.

Quadro 1 - Vida útil dos produtos em função da durabilidade das construções [39]

Durabilidade das construções		Durabilidade dos Produtos da Construção (em anos)		
Categoria	Anos	Categoria		
		Facilmente Reparável ou Substituível	Reparável ou Substituível	Para toda a vida da Construção (2)
Pequena	10	10 (1)	10	10

Durabilidade das construções		Durabilidade dos Produtos da Construção (em anos)		
Categoria	Anos	Categoria		
		Facilmente Reparável ou Substituível	Reparável ou Substituível	Para toda a vida da Construção (2)
Média	25	10 (1)	25	25
Normal	50	10 (1)	25	50
Longa	100	10 (1)	25	100

- 1) Em casos excepcionais e justificados, isto é, para determinado produto de reparação prevê-se um tempo de serviço de 3 a 6 anos (quando em concordância com EOTA TB ou CEN, respectivamente).
- 2) Quando não são reparáveis, substituídos facilmente ou substituídos com mais algum esforço.

Segundo os valores apresentados na ISO 15686-1 [66], a vida útil de um edifício é limitada pela degradação dos elementos da construção que não são passíveis de serem substituídos ou cuja substituição seja demasiado dispendiosa tornando-se provavelmente incomportável ao longo do ciclo de vida do edifício.

Quadro 2 – Valores mínimos do tempo de vida útil estimada para os produtos da construção [66]

Vida de projecto do edifício	Elementos inacessíveis ou estruturais	Elementos cuja substituição é difícil ou dispendiosa	Elementos substituíveis do edifício	Instalações e equipamentos
Ilimitada	Ilimitada	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

- 1) Alguns dos elementos de fácil substituição (pintura de paredes exteriores) poderão ter uma durabilidade inferior - 3 a 6 anos.
- 2) A vida ILIMITADA deve ser utilizada apenas em alguns casos porque reduz significativamente as opções de projecto.

O tipo de categoria que é pretendido para o edifício em questão é a especificação da vida útil de projecto (*Design Service Life*) estabelecida de acordo com a norma canadiana S478-95 [113].

Quadro 3 - Categorias para a vida útil de projecto [113]

Categoria	Vida Útil de Projecto	Exemplos
Temporária	Até 10 anos	Construções não permanentes (salas de escritórios); Edifícios de exposições temporárias.
Vida Média	entre 25 e 49 anos	Maior parte dos edifícios industriais e a maioria das estruturas para estacionamento <sup>1</sup> .

<b>Categoria</b>	<b>Vida Útil de Projecto</b>	<b>Exemplos</b>
Vida Longa	entre os 50 e os 99 anos	Maioria dos edifícios residenciais, comerciais e edifícios de escritórios; edifícios de cuidados de saúde e educacionais; estruturas de estacionamento por baixo de edifícios projectados para um tempo de serviço mais longo <sup>1</sup> .
Permanente	≥ 100 anos	Edifícios monumentais (museus nacionais, galerias de arte, arquivos); Edifícios patrimoniais <sup>2</sup> .

1) As estruturas para estacionamentos devem possuir um tempo de serviço de projecto pelo menos igual ao edifício que as serve, excepto as estruturas para estacionamento que se enquadrem na categoria de edifícios “vida longa”, que podem ser projectadas para um tempo de “vida média” desde que não se encontrem localizadas directamente sob super-estruturas pertencentes à categoria de “vida longa” ou desde que a deterioração das estruturas de estacionamento não afectem o desempenho do edifício. Ver norma CSA- S413.

2) Os edifícios não são projectados como estruturas patrimoniais, mas poderá ser-lhes atribuída essa designação devido ao seu significado histórico. Um dos objectivos de aplicar esta designação aos edifícios é o de assegurar que a partir daí, serão preservados e permanentemente vigiados. Os conceitos contidos neste documento constituirão um auxílio ao estabelecimento de uma manutenção e uma reparação adequada para esses edifícios.

Segundo o *Principal Guide for Service Life Planning of Japan* [1], a classificação do tempo de vida útil para as construções corresponde aos valores médios para o tempo de serviço dos elementos que fazem parte da construção em função do tipo de uso atribuído ao serviço.

Quadro 4 - Vida útil de projecto solicitada aos produtos da construção [1]

<b>Tipo de elemento</b>	<b>Uso do edifício</b>			
	<b>Habitação</b>	<b>Escritórios</b>	<b>Hospitais</b>	<b>Escolas</b>
Todo o Edifício	62	53	55	44
Cobertura plana	26	24	32	23
Cobertura inclinada	43	41	46	38
Sistema de fachada	48	42	43	34
Janela	45	35	32	29
Porta interior	39	30	36	26
Compartimentação	48	35	43	30
Elementos metálicos de amarração	32	22	21	24
Ar condicionado	40	31	24	26
Torneiras	23	17	15	18

As classificações apresentadas não devem ser interpretadas como classificações estanques mas sim como uma ferramenta indicadora do tempo de serviço das construções e/ou produtos aplicáveis às construções uma vez que a durabilidade das construções depende da durabilidade dos produtos da construção.

## 2.4. EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO

A resposta às solicitações a que determinado produto da construção vai estar sujeito durante o seu período de vida em condições normais de utilização vai determinar a sua aptidão de desempenho. Desta forma, na avaliação do referido desempenho desses produtos de construção devem ser

considerados os factores que afectem a durabilidade dos produtos de construção, nomeadamente, o clima, a agressividade do meio, as solicitações decorrentes da utilização, entre outras acções.

O desempenho ao longo do tempo de determinado componente em determinadas condições de serviço pode ser demonstrado, hipoteticamente, na figura 2.

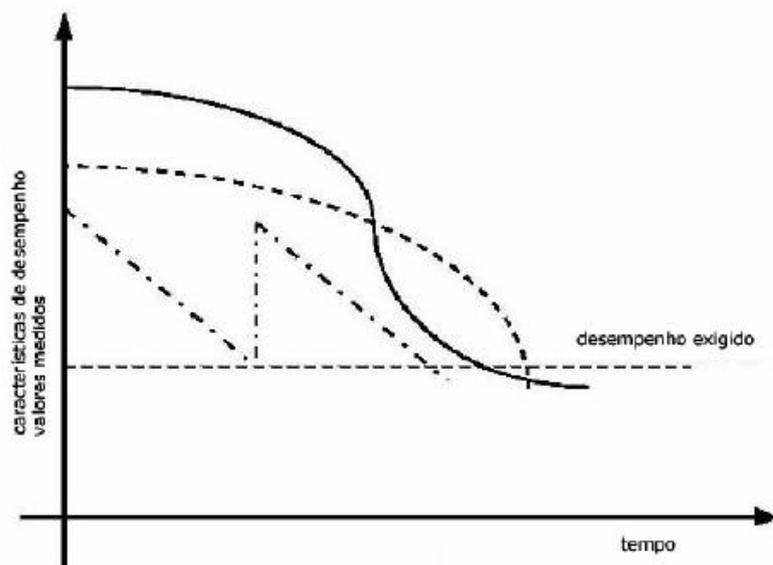


Figura 2 - Funções hipotéticas do desempenho ao longo do tempo [64]

*“Na construção actual, a industrialização e a diversidade de materiais e sistemas construtivos exigem uma selecção das soluções de forma a que garantam um determinado desempenho e evidenciem a aptidão dos sistemas para satisfazer um conjunto de exigências, definidas em normas, regulamentos e especificações técnicas” [43] ”.*

Na Directiva dos Produtos da Construção 89/106/CEE [25] são definidos seis *Requisitos Essenciais* no sentido de regular as exigências funcionais dos produtos. Estes requisitos de acordo com a referida directiva *“constituem o conjunto de requisitos mínimos que as obras de construção devem respeitar de modo a poderem ser consideradas aptas ao uso durante o período de vida para o qual foram concebidas”*.

Os *Requisitos Essenciais* definidos na referida directiva são os seguintes:

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

Para além das exigências funcionais existem outro tipo de exigências que devem ser consideradas, tais como:

- Conforto visual;
- Durabilidade;

- Adaptação à utilização normal;
- Manutenção e reparação.

Genericamente, as exigências funcionais encontram-se regulamentadas devendo-se procurar as não conhecidas em documentos próprios.

*“Em relação às restantes exigências a informação deverá ser recolhida, no caso da construção corrente, em normas, especificações ou outro documentos de carácter pré-normativo e no caso da construção inovadora, a partir de Directivas, Guias ou relatórios da UEAtc e de Guias EOTA” [43].*

## 2.5. MÉTODOS PARA ESTIMAR A DURABILIDADE

Tal como já foi referido, a vida útil física é o período de tempo durante o qual determinado elemento responde às exigências de serviço que lhe são colocadas, para determinadas condições de uso. A sua previsão é feita a partir do conhecimento do material e do seu grau de deterioração de acordo com determinadas propriedades mensuráveis, escolhidas como indicadores de degradação, normalmente traduzidas em funções teor/resposta (*dose-response*) que expressam o tipo de degradação em função da exposição ao agente de degradação, ou de desempenho ao longo do tempo (*performance-over-time*).

*“A previsão da vida útil é, pela própria variabilidade e evolução do conceito, uma ciência relativa e não exacta. (...) No entanto, para determinado produto ou componente da construção, há sempre um vasto conjunto de exigências a satisfazer.” [103].*

De entre os métodos existentes para a previsão da vida útil referem-se os seguintes:

- métodos determinísticos, em que a vida útil de um elemento é função de uma durabilidade de referência, segundo por exemplo indicações do fabricante, posteriormente modificada através de factores, de acordo com as condições de serviço espectáveis, obtendo-se um valor absoluto indicativo da durabilidade do elemento estudado;
- métodos probabilísticos, normalmente baseados em cálculo matricial ou probabilístico, que definem a probabilidade de ocorrência de uma mudança de estado de um elemento, procurando deste modo ultrapassar a incerteza relacionada com a sua forma de degradação e a própria imprevisibilidade das respectivas condições de serviço;
- métodos de engenharia, que partem de metodologias mais simples (determinísticas) e integram um pouco de variabilidade associada à incerteza do mundo real, sem se tornarem excessivamente complexos.

O método factorial desenvolvido na norma ISO 15686 é classificado como um método determinístico e é o que tem maior aceitação na comunidade científica e aplicação prática pela sua elevada operacionalidade.

## 2.6. AGENTES E MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO

No processo de degradação de um edifício, material ou de um determinado componente é necessário ter em conta os diferentes agentes de degradação intervenientes que actuam de forma isolada e/ou combinada e que afectam de forma acentuada a durabilidade dos mesmos.

A Norma ISO 15686-1 define degradação como *a alteração ao longo do tempo da composição, microestrutura e propriedades de um produto, material ou componente que resulta numa redução do seu desempenho.*

Os agentes de degradação e as solicitações normais decorrentes do uso provocam alterações nos materiais, que conduzem à conseqüente perda de funcionalidade. É importante salientar que a degradação resultante de um conjunto de interações complexas inerentes a dois ou mais factores apresenta uma enorme relevância na medida em que aceleraram significativamente o processo de envelhecimento, sendo portanto relevante que a análise de determinado agente não seja feita de modo isolado.

Sendo a durabilidade dos produtos da construção influenciada por um conjunto de acções, torna-se necessário conhecer os agentes de degradação em causa que alteram as características fundamentais do produto.

A média da intensidade/concentração/nível dos agentes de degradação, a sua frequência e os ciclos entre diferentes estados são fundamentais para a quantificação dos seus efeitos prováveis.

A análise dos agentes de degradação deverá ter em conta as interações entre vários factores e o facto dessa actuação conjunta acelerar o processo de envelhecimento. Por vezes, condições extremas mais estáveis são menos prejudiciais do que condições mais moderadas mas variáveis.

No Quadro 5, retirado da norma ISO 15686-1, identificam-se os tipos de agentes de degradação que afectam a duração da vida útil dos produtos da construção. *“Quando expostos aos factores de degradação, ou às solicitações normais decorrentes do uso, os materiais vão sofrendo alterações, apresentando, normalmente, uma sucessiva perda de funcionalidade”* [103].

Quadro 5 – Agentes de degradação

Natureza	Classe	Exemplos
<b>Mecânica</b>	Gravitacionais	Acções permanentes, sobrecarga, acção da neve
	Forças aplicadas e deformações impostas ou restringidas	Expansão e contracção, formação de gelo
	Energia Cinética	Impactos, choque hidráulico
	Vibrações	Vibrações devidas a tráfego ou equipamentos
<b>Electromagnética</b>	Radiação	Solar, UV, radioactividade
	Electricidade	Reacções electrolíticas, iluminação eléctrica
	Magnetismo	Campos magnéticos
<b>Térmica</b>	Níveis extremos ou variações acentuadas de temperatura	Calor, geada, choque térmico, fogo
<b>Química</b>	Águas e solventes	Humidade do ar, humidade do solo, precipitação, álcool
	Agentes oxidantes	Oxigénio, desinfectantes
	Agentes redutores	Sulfuretos, amoníaco
	Ácidos	Ácido carbónico, excrementos de pássaros
	Bases	Cimentos, hidróxidos, cal

Natureza	Classe	Exemplos
Química	Sais	Nitratos, fosfatos, cloretos, gesso
	Substâncias neutras	Gordura, óleo, calcário
Biológica	Plantas e micróbios	Bactérias, bolores, fungos, raízes
	Animais	Roedores, térmitas, pássaros

## 2.7. FIM DA VIDA ÚTIL

A perda de aptidão para o desempenho satisfatório das funções de um produto da construção determina o fim da sua vida útil onde se verificam alterações dos níveis de desempenho exigidos, relativamente ao uso a que se destina. Uma vez que, o conjunto destas exigências a satisfazer para os produtos é bastante alargado, torna-se, por vezes, difícil a determinação do fim da sua vida útil.

Geralmente, verifica-se que os factores determinantes na determinação do fim de vida útil apresentam um carácter subjectivo como a aparência ou a alteração da funcionalidade em detrimento da durabilidade como as operações de manutenção dos materiais, componentes ou sistemas.

Segundo Gaspar [52], o final da vida útil de um elemento é determinado pela obsolescência funcional ou de imagem, pelo desempenho económico e pela vida útil física, entendida como durabilidade. Entende-se por vida útil funcional, tal como já foi referido, o período de tempo em que um edifício pode ser utilizado sem sofrer alterações significativas. Está associada a degradação das condições de habitabilidade relacionadas, entre outras, com problemas de canalizações, revestimentos, impermeabilizações. As exigências de conforto e de estética são as mais condicionantes.

A vida útil económica está associada, como já foi mencionado, aos custos de exploração do edifício e corresponde ao período de tempo até que uma construção seja substituída por outra construção ou actividade mais rentável, ou enquanto a relação entre o custo e o benefício for a mais vantajosa.

A alteração do tipo de uso de um edifício pode dispensar os gastos energéticos de um sistema de aquecimento existente, levando ao fim da vida útil económica desse elemento.

A vida útil física é entendida como durabilidade, ou seja, é o período de tempo em que um edifício ou uma parte de um edifício desempenha a sua função, sob a acção dos agentes presentes em serviço, causando o menor impacte ambiental possível.

Os níveis de desempenho em termos de durabilidade variam ao longo do tempo, em função das novas exigências de higiene e segurança, por exemplo, no que diz respeito ao comportamento ao fogo.

No entanto, mesmo que se mantenha assegurado o interesse económico ou patrimonial de determinado edifício ou componente, e ainda que estes assegurem os requisitos de funcionalidade dos utentes, a vida útil das construções depende, no limite, da sua integridade física, ou seja, da sua durabilidade.

A realização de ensaios de caracterização do material ou sistema de construção para diferentes graus de exposição permite, geralmente, a determinação de funções de desempenho ao longo do tempo.

A vida útil do material para as condições de exposição consideradas é obtida associando a curva de desempenho com os níveis de desempenho exigidos.

MOSER [85] propôs a determinação, caso a caso, dos factores determinantes para o fim da vida útil, em função de níveis de aceitação expectáveis. A figura 3 expressa a comparação entre a degradação estética, a perda de funcionalidade e a diminuição dos níveis de segurança de uma construção. A vida útil de uma solução construtiva pode estar sujeita a várias características críticas de desempenho, havendo, no entanto, uma que será determinante para determinadas condições de exposição.

Neste caso, a primeira propriedade a atingir o nível mínimo é a degradação estética, sendo esta a condicionante para a vida útil.

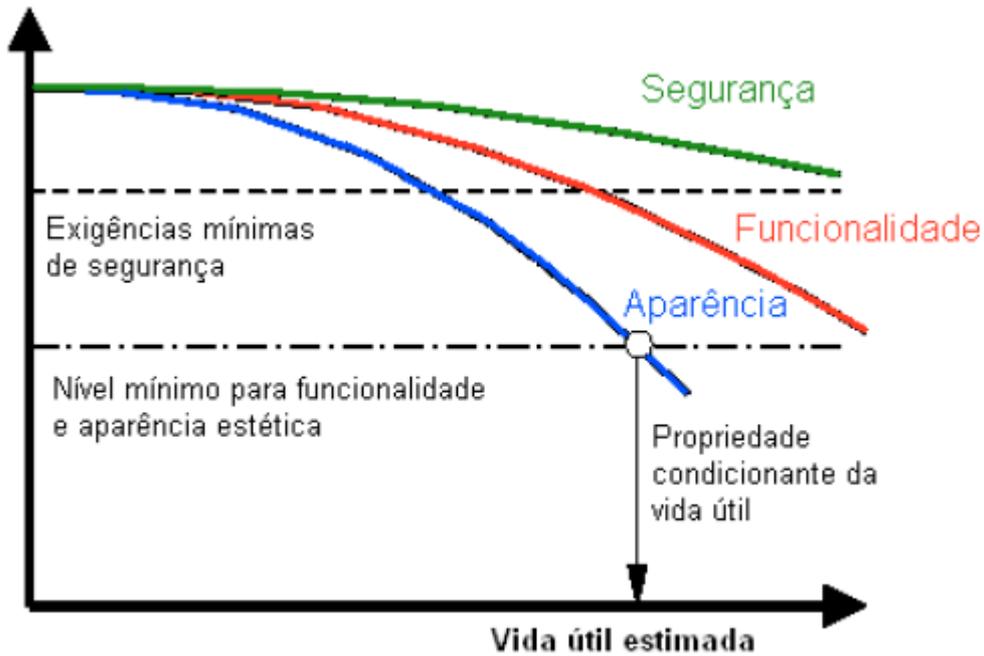


Figura 3 - Relação entre a perda de desempenho das propriedades de um elemento e os níveis mínimos aceitáveis (adaptado de [85]).

Posteriormente, MOSER propôs uma outra abordagem relacionada com as condições de estado de degradação no momento da análise, tal como se pode verificar na figura seguinte.

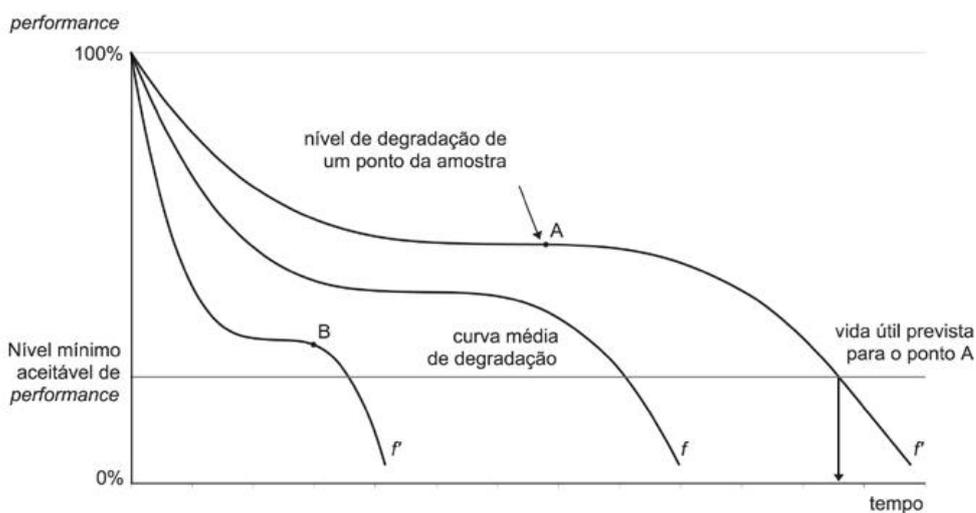


Figura 4 – Condições de estado de degradação no momento da análise, segundo MOSER

Pode verificar-se igualmente, uma situação de obsolescência, ou seja, o produto da construção deixa de desempenhar satisfatoriamente as suas funções não por perda das suas aptidões mas pelo facto de terem ocorrido alterações do nível de desempenho exigido.

Existem três tipos de obsolescência: a funcional, a tecnológica e a económica com diferentes tipos de ocorrência, tal como se mostra no quadro 6.

Quadro 6 - Tipos de obsolescência [66]

<b>Tipos de obsolescência</b>	<b>Ocorrência típica</b>	<b>Exemplos</b>
Funcional	A função para o qual foi construído já não é requerida.	Processo industrial obsoleto, instalações desnecessárias, divisória removida, etc.
Tecnológica	Alternativas actuais com um melhor desempenho, mudança de padrões de uso.	Mudança do isolamento térmico para um melhor desempenho, mudança para caixilharias mais estanques.
Económica	Item ainda totalmente funcional mas menos eficiente e económico que novas alternativas.	Mudança do sistema de aquecimento.



# 3

## PLANEAMENTO DA VIDA ÚTIL

### 3.1. CONSIDERAÇÕES

A sintetização em normas e regulamentos específicos a nível internacional, ao longo dos anos, reflectem a importância da previsão da vida útil de um edifício ou de parte de um edifício.

*“O estudo da durabilidade das construções, entendida como a capacidade de um edifício ou de parte de um edifício de desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo, sob determinadas condições de serviço, exige um conhecimento aprofundado das propriedades dos materiais e componentes da construção e das características dos ambientes a que estes estão sujeitos” [27].*

A introdução de novos materiais e de novas tecnologias aplicadas à actividade da construção conduziu ao desconhecimento do seu desempenho, por isso, a questão da durabilidade é colocada actualmente com maior importância em oposição há três ou quatro décadas atrás na qual a durabilidade estava associada à resistência e à estabilidade de determinado edifício.

*“Numa altura em que o projecto dos edifícios caminha em direcção a uma progressiva especialização” [27] e as preocupações ambientais são mais presentes, nomeadamente a adequada utilização dos recursos existentes, conceber as construções com durabilidade coloca-se com maior importância.*

Em consequência do mencionado, é importante que nos procedimentos de projecto seja introduzida, de forma sistemática, a temática da durabilidade. De seguida aborda-se a metodologia de planeamento da vida útil de um edifício (“Service Life Planning”) proposta pela norma ISO 15686-1 que *“se baseia em trabalhos do CIB/RILEM, em estudos realizados em vários países, nomeadamente os publicados no Reino Unido, Japão, Canadá e nos Estados Unidos da América” [67].*

## 3.2. PROPOSTA DA NORMA ISO 15686

### 3.2.1. INTRODUÇÃO

De forma a integrar a problemática da durabilidade nas escolhas de projecto e garantir, dentro do possível, que a vida útil de um edifício iguale ou exceda a vida útil considerada como base na fase de projecto tendo em conta os custos de vida cíclica do edifício (*“life cycle cost”*) deve ser efectuada o planeamento da vida útil de um edifício na fase de projecto. A esta duração de vida considerada como base na fase de projecto chama-se *“vida de projecto”*.

Esta norma surge da necessidade de previsão e controlo dos custos da propriedade que o proprietário terá ao longo da vida útil do seu edifício tendo como objectivo a redução do custo da propriedade. De acordo com a metodologia apresentada, a redução de custos, é obtida através da avaliação da durabilidade, segundo pormenorização e especificação adequada para determinado produto aplicado no edifício. A avaliação da durabilidade dos produtos da construção permite também prever quais as necessidades de manutenção, dando origem a um plano de manutenção e segundo este, prever quais os encargos ao longo da vida útil do edifício.

A norma constitui uma ferramenta que permite comparar, na fase de projecto, diferentes soluções construtivas e verificar se o desempenho dos produtos aplicados se mantém aceitável ao longo da vida estimada, já que, a primeira parte da mesma (ISO 15686 –1:2000 [67]) contém uma metodologia para estimar o tempo de vida útil de um edifício ou parte de um edifício considerando as acções de manutenção e reparação dos produtos da construção aplicados no edifício.

De forma a assegurar, com maior realismo, que o tempo de vida útil do edifício seja, no mínimo, igual à vida do projecto, ou seja, à *“vida útil considerada pelo projectista como base para as suas especificações”* [67], torna-se necessário a sistematização das circunstâncias específicas em que se insere cada construção, conseguindo-se consequentemente um correcto planeamento.

O tempo de vida útil de um edifício ou de parte de um edifício, segundo a norma ISO 15686-1 [67], “é o período de tempo, após a conclusão da obra, durante o qual é atingido ou excedido o desempenho que lhe é exigido, procedendo-se a uma manutenção de rotina”, e por isso, de acordo com esta definição, para o planeamento, torna-se então necessário considerar e caracterizar um conjunto de condições e factores que vão ter implicações no desempenho ao longo do tempo, quer nos produtos aplicados à construção, quer à globalidade do edifício, nomeadamente a acção dos agentes de degradação.

### 3.2.2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Segundo a referida norma é possível aplicar a metodologia de planeamento para a vida útil de um edifício a edifícios novos e a edifícios existentes, contudo nos últimos a avaliação da durabilidade dos produtos da construção aplicar-se-á, principalmente, à vida útil residual dos produtos que não irão ser substituídos.

Excluem-se do âmbito de aplicação da metodologia as edificações consideradas históricas já que nestes casos, na actividade de reabilitação, as necessidades de preservação de determinadas características e autenticidades sobrepõem-se às preocupações de durabilidade.

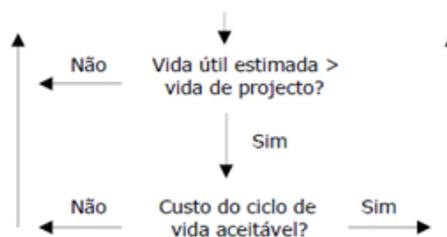
### 3.2.3. INTEGRAÇÃO DO PLANEAMENTO DA VIDA ÚTIL NA ACTIVIDADE DE PROJECTO

#### 3.2.3.1. Considerações

O planeamento da vida útil, integrado como critério de projecto, trata-se de um procedimento bastante vantajoso. De seguida, no quadro 7, apresenta-se o esquema representativo dessa integração proposto na norma.

Quadro 7 - Integração do planeamento da vida útil na actividade de projecto [67]

1ª FASE	2ª FASE	3ª FASE	4ª FASE	5ª FASE
Programa Base	Estudo Prévio	Projecto	Estimativa da Vida Útil	Preparação de documentação
• Desempenho e garantias requeridas;	• Identificar a vida de projecto das diversas partes do edifício;	• Base do projecto e especificações;	• Identificar dados de ensaio;	• Instruções de execução;
• Definição da vida de projecto do edifício;	• Identificar os parâmetros de desempenho e manutenção;	• Disponibilidade de dados de investigação para elaborar prognósticos;	• Identificar dados inapropriados ou limitados;	• Instruções de manutenção e exploração;
• Disponibilidades orçamentais.	• Estimativa dos custos iniciais;	• Estimativa de custos detalhada.	• Identificar vidas úteis de referência e factores a aplicar;	• Instruções de demolição e substituição.
	• Ensaio de produtos especificamente concebidos para essa obra. (eventualmente)		• Verificar se as especificações dão resposta aos critérios de desempenho e manutenção.	



Sabe-se que o objectivo do planeamento da vida útil de um edifício é o de garantir, com a maior exactidão possível, que a vida útil estimada iguale ou exceda a vida útil de projecto. Contudo, a estimativa da vida útil de um edifício não pode ser conhecida com rigor, pelo que o objectivo é obter a combinação mais vantajosa dos custos iniciais, de manutenção e de exploração ao longo da vida útil de edifício, fazendo um prognóstico fiável usando os dados disponíveis.

O resultado pretendido na fase do planeamento deve corresponder a um conjunto de valores previstos para a vida útil dos diversos produtos da construção e a uma projecção das necessidades de manutenção (reparação e/ou substituição) que devem ser expressas numa calendarização.

### 3.2.3.2. Etapas a considerar no projecto

O desenvolvimento de um projecto, neste contexto, pressupõe a existência de cinco fases: Programa Base, Estudo Prévio, Projecto, Estimativa da Vida Útil e Preparação da Documentação. De seguida, apresenta-se uma breve descrição das etapas que deverão ser cumpridas na elaboração de um projecto nas diferentes fases.

Na 1ª Fase é elaborado o Programa Base onde deverão ser discutidas entre o dono de obra e o projectista determinadas condições decisivas em todo o processo de projecto pelo que deverá ser estabelecido o seguinte:

- a vida de projecto do edifício e o desempenho funcional requerido de todas as suas partes ao longo desse período de tempo;
- critérios mensuráveis de desempenho funcional, incluindo uma definição dos níveis não aceitáveis desse desempenho que implicarão a substituição do item em causa;
- quais as partes do edifício que deverão ser reparáveis, susceptíveis de manutenção ou substituíveis ao longo da vida de projecto do edifício.

A 2ª Fase é caracterizada pelo Estudo Prévio e as escolhas de projecto deverão verificar:

- se a vida de projecto pode ser alcançada no âmbito dos condicionamentos do projecto (disponibilidades orçamentais, prazo de execução, exigências de desempenho, manutenção e características específicas do local);
- se o projecto satisfaz as exigências de desempenho definidas pelo cliente, na fase de programa (por exemplo, para componentes não substituíveis);
- se foi tido em consideração que acções de substituição, manutenção ou melhoria não deverão causar interrupções desnecessárias na utilização do edifício (elementos inacessíveis ou dificilmente acessíveis deverão ter uma vida útil pelo menos igual à do edifício).

Como consequência destas verificações poderá haver necessidade de rever determinadas exigências definidas na 1ª Fase e/ou rever as opções do projecto.

É na fase de Projecto que a selecção por parte dos projectistas dos produtos a aplicar num edifício é definida com maior rigor nesta fase pelo que o cumprimento do desempenho requerido deverá ser verificado. Para uma correcta verificação deverá ser tido em conta que o desempenho, ao longo tempo, da construção depende:

- Das condições ambientais;
- Do projecto e da qualidade das suas especificações;
- Do tipo de materiais escolhidos;
- Do nível de qualidade da execução;
- Das acções de manutenção levadas a cabo;
- Do uso.

Salienta-se que *“a interface entre diferentes materiais e componentes é uma característica crítica para o desempenho do conjunto, na medida em que, para um determinado material ou componente, as características dos restantes elementos do edifício determinam, em grande parte, as condições ambientais a que o primeiro vai estar sujeito. Assim, as interfaces serão um importante aspecto a ter em conta na avaliação do desempenho esperado para o conjunto”* [27].

Na 4ª fase, na Estimativa da vida útil, deverá ser verificado se as escolhas efectuadas na fase anterior salvaguardam a vida de projecto definida nas 1ª e 2ª fases.

Se a vida útil estimada for igual ou superior à vida de projecto definida e se o custo do ciclo de vida da edificação for aceitável poderá passar-se para a 5ª fase. Se a vida útil estimada for inferior à vida de projecto ou se o custo do ciclo de vida não for aceitável, deverão ser revistos os procedimentos e escolhas efectuadas na 3ª fase.

A fase de Preparação da documentação é a última fase e representa o cumprimento total da integração do planeamento da vida útil nas diferentes fases de projecto e traduz-se pela preparação de toda a documentação de projecto necessária para a execução da obra.

#### 3.2.4. ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL DAS CONSTRUÇÕES

O objectivo primordial da aplicação da metodologia descrita na norma ISO15686 e, por isso, da estimativa da vida útil de um edifício é verificar se o edifício iguala ou excede a vida útil de projecto com alguma fiabilidade e, para isso, esta estimativa deve reduzir as incertezas; procurar utilizar dados disponíveis de qualidade reconhecida; ter em conta a variabilidade; ser usado para servir de orientação e não de prescrição.

É necessário ter em conta que nesta estimativa a fiabilidade e a precisão podem nem sempre atingir o rigor desejado, na medida em que, a avaliação do tempo de vida útil das construções pressupõe a consideração de um grande número de parâmetros.

Uma vez que, a fiabilidade da estimativa depende do tipo de dados disponíveis e da sua sistematização, recomenda-se a avaliação da necessidade de considerar a incerteza da previsão como um dado para o planeamento da vida útil.

De um modo geral, é aceitável um nível mais baixo de fiabilidade da previsão para os produtos da construção reparáveis e/ou substituíveis. Tendo em consideração que a vida útil dos edifícios é limitada pela degradação dos elementos da construção não substituíveis, para os elementos cuja vida útil deva igualar a vida útil do edifício, torna-se muito importante elaborar uma estimativa muito fiável.

As soluções construtivas adoptadas deverão ser aquelas para as quais as estimativas da vida útil determinem uma duração superior à vida de projecto, de modo a cobrir os possíveis erros de previsão.

No que se refere à variabilidade de comportamentos, é considerado previsível a existência de alguma variabilidade no desempenho e na duração da vida útil de soluções construtivas idênticas.

Pelo exposto, salienta-se que as previsões deverão ser encaradas como indicativas e orientadoras e que os planos de manutenção estabelecidos com base nessas previsões deverão ser actualizados à medida que se vai conhecendo mais informação sobre o desempenho do edifício e dos seus constituintes.

#### 3.2.5. NORMA APLICÁVEIS

##### 3.2.5.1. Metodologia para o Planeamento da Vida Útil do Edifício

A previsão da vida útil de um determinado produto de construção diz respeito a um determinado conjunto de condições que raramente coincidirão com as condições de serviço. O método factorial permite introduzir modificações ao valor previsto, em função das condições específicas de uma

determinada construção, ou seja, permite determinar uma estimativa da vida útil de um determinado produto da construção sob determinadas condições.

A norma ISO 15686-1 apresenta uma metodologia para o planeamento da vida útil de um edifício, necessitando de um vasto conjunto de informação de proveniência variada. A figura 5 que se apresenta a seguir proveniente da parte 1 da referida norma, sintetiza a ideia do tipo de informação e organização necessárias a estes estudos e o enquadramento das restantes partes da norma e de outras relacionadas.

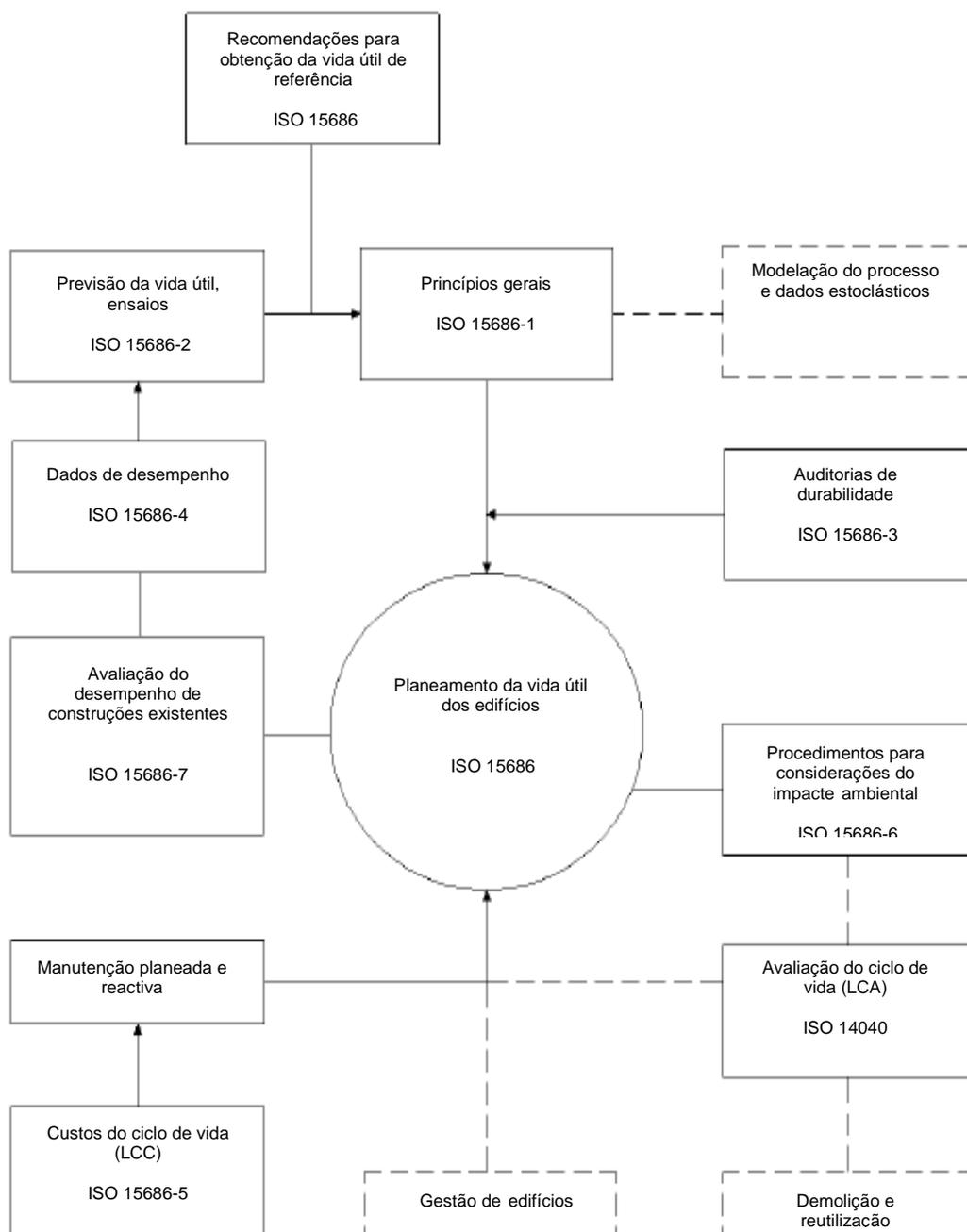


Figura 5 – Metodologia para o planeamento da vida útil do edifício

### 3.2.5.2. Terminologia

Esta norma possui diferentes definições relacionadas com o tema da durabilidade; de seguida, apresentam-se as mais pertinentes neste contexto, podendo as restantes ser consultadas em anexo:

- **Vida útil** de um edifício ou de uma parte de um edifício é o período de tempo, após a conclusão da construção, durante o qual é atingido ou excedido o desempenho que lhes é exigido, mediante uma manutenção de rotina;

- **Vida útil de referência** é a vida útil padrão que serve de base para a estimativa da vida útil de um edifício ou de parte de um edifício;

- **Vida útil estimada** é o resultado da multiplicação da vida útil de referência por factores relativos a um contexto específico, como por exemplo, as características do projecto, as condições ambientais, o uso, a manutenção prevista, etc.;

- **Ensaio de envelhecimento** é a combinação entre uma exposição ao envelhecimento e uma avaliação do desempenho, usada para estudar as alterações nas propriedades críticas, com o propósito de prever a vida útil;

- **Agente de degradação** é tudo o que actue sobre um edifício ou parte dele, afectando negativamente o seu desempenho;

- **Mecanismos de degradação** são a forma de alteração química, física ou mecânica que produz efeitos negativos em propriedades críticas dos produtos de construção;

- **Degradação** é a alteração ao longo do tempo da composição, microestrutura e propriedades de um produto (material ou componente) que resulta numa redução do seu desempenho;

- **Avaliação do desempenho** é a avaliação das propriedades críticas com base em medições ou inspecções;

- **Desempenho em serviço** é a aptidão de um edifício ou de uma parte de um edifício para cumprir a função que lhe é exigida nas condições de serviço;

- **Desempenho exigido ou critério de desempenho** é o nível quantitativo ou qualitativo de desempenho exigido para uma determinada propriedade crítica;

- **Desempenho ao longo do tempo** é a descrição da variação de uma propriedade crítica ao longo do tempo, sob influência dos agentes de degradação.

No âmbito desta temática, os conceitos durabilidade e tempo de serviço, apesar de intrinsecamente relacionados, apresentam definições diferentes.

A definição e classificação da durabilidade de determinado produto da construção foi possível graças à resistência que o material oferece às diferentes condições atmosféricas e à sua capacidade de duração quando exposto aos agentes de degradação. Este facto, possibilita a selecção dos materiais de acordo com o seu desempenho e a sua capacidade de duração ao longo do tempo, ou seja, de acordo com o seu tempo de serviço.

Esta distinção entre estes dois conceitos é feita em diversos documentos, como se evidencia a seguir.

Na norma internacional ISO 15686-1 [67] (*Buildings and constructed assets – Service life planning: general principles*) os termos durabilidade (*durability*) e tempo de serviço (*service life*), são descritos, respectivamente, do seguinte modo:

“*capacidade de um edifício ou de uma parte de um edifício desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo sob determinadas condições de serviço*”;

“*período de tempo após conclusão da construção, em que o edifício ou os seus elementos igualam ou excedem os requisitos mínimos de desempenho*”.

Na norma Canadiana S478-95 (*Guideline on Durability in Buildings*) [113], os mesmos termos são definidos respectivamente como:

*“capacidade de um edifício ou de qualquer componente do edifício de desempenhar as funções requeridas (requisitos mínimos) em condições de serviço, durante um intervalo de tempo, sem qualquer custo imprevisto, de manutenção ou de reparação”;*

*“período de tempo durante o qual qualquer edifício ou componente do edifício, desempenham as funções requeridas (requisitos mínimos) sem qualquer custo imprevisto, de manutenção ou de reparação”.*

Na norma Americana ASTM E632 (*Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life Building Components and Materials*), o termo durabilidade é definido como:

*“capacidade de manter um produto, componente, sistema ou construção em serviço durante um período definido de tempo”.*

No mesmo documento, tempo de serviço (*service life*), é definido como:

*“período de tempo, depois da instalação, durante o qual todas as propriedades do material ou componente do edifício, excedem os valores mínimos aceitáveis, quando sujeitos à manutenção adequada”.*

No documento da EOTA GD 002 (*Assumption of Working Life of Construction Products in Guidelines for European Technical Approvals*) [38], a definição para o termo vida útil (*working life*) traduz-se como:

*“período de tempo durante o qual o desempenho dos produtos se mantém a um nível compatível com a satisfação dos requisitos essenciais”.*

Assim, estes termos podem ser definidos da seguinte forma:

- **Vida útil prevista** é o resultado da previsão da vida útil através do tratamento de dados de desempenho ao longo do tempo provenientes, por exemplo, de modelos do processo de degradação ou de ensaios de envelhecimento;

- **Durabilidade** é a capacidade de um edifício ou de uma parte de um edifício de desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo, sob a acção dos agentes presentes em serviço. Importa acrescentar que a durabilidade não é uma propriedade intrínseca de um produto ou componentes mas sim uma característica que depende das condições a que está sujeito em serviço.

Pelo conjunto de definições apresentadas, entende-se a importância de conhecer as características dos produtos, as propriedades dos materiais ou componentes da construção, as características do ambiente que mais condicionam o seu desempenho, tidas como propriedades críticas, bem como os seus níveis de desempenho exigidos de forma a permitir caracterizar um conjunto de condições e factores que vão ter implicações no seu desempenho ao longo do tempo, quer nos produtos aplicados à construção, quer à globalidade do edifício.

### 3.2.5.3. Método de Previsão da Vida Útil do Material ou Componente

O Método Factorial serviu de base para o desenvolvimento da norma ISO 15686-2. Na figura 6 apresenta-se o esquema do método de previsão da vida útil preconizado nesta norma, para obtenção do valor de referência a considerar no método factorial.

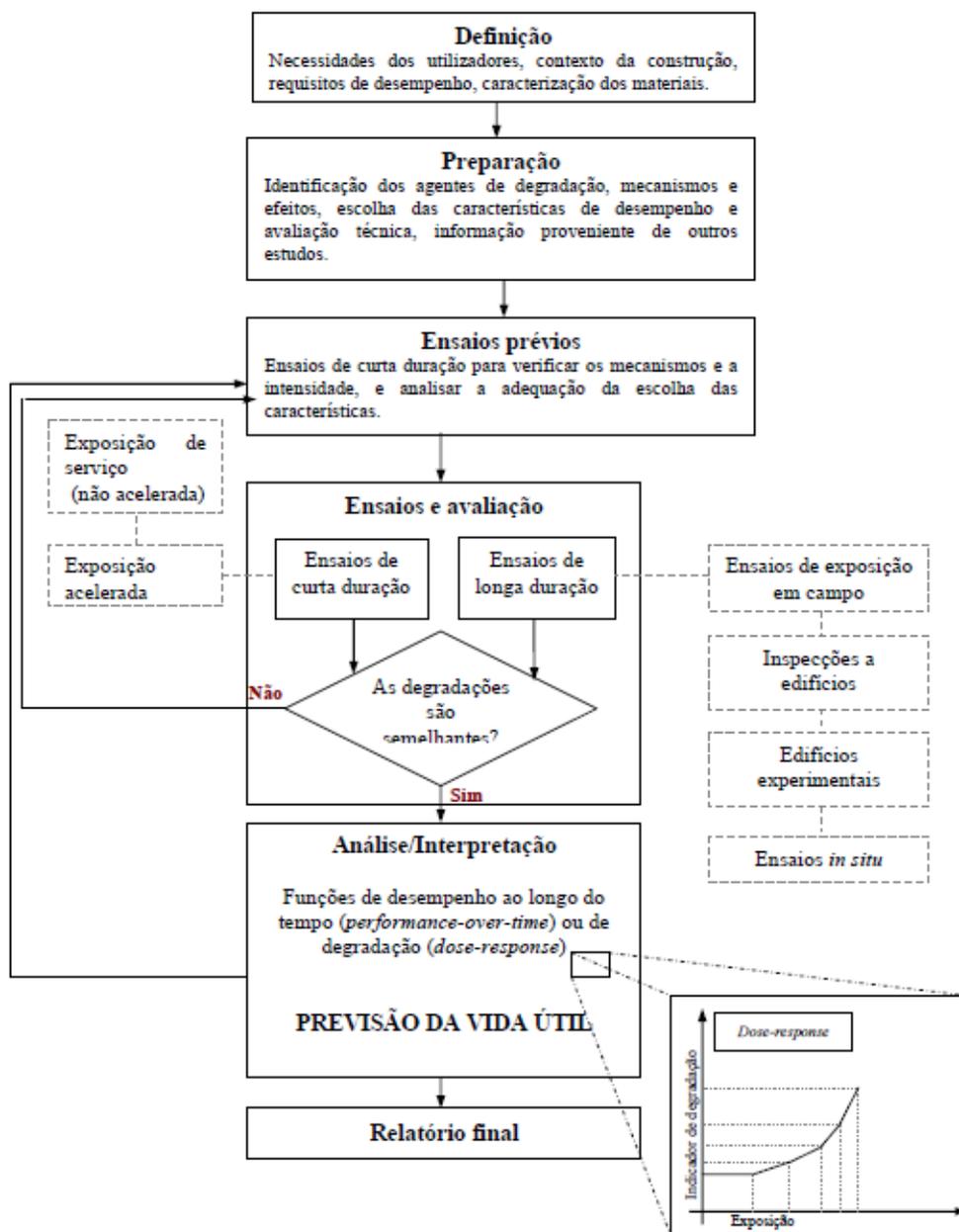


Figura 6 - Método para previsão da vida útil segundo ISO 15686-2

#### 3.2.5.4. Ensaio de Envelhecimento

Conhecer a vida útil de referência do material a aplicar é um passo fundamental para poder avaliar a vida útil estimada que lhe é atribuída em determinado contexto.

Os ensaios levados a cabo para prever a vida útil de um determinado produto de construção podem ser de curta duração, acelerados ou não, de longa duração ou naturais.

O ideal é utilizar uma combinação dos dois tipos de ensaios. Isto porque os ensaios de longa duração, em condições de serviço, permitem aferir o realismo dos resultados de envelhecimento acelerado. Estes são de extrema importância, principalmente nos casos em que se pretende determinar a vida útil

de referência dos materiais que ainda não se encontram no mercado há tempo suficiente para a realização dos ensaios de envelhecimento natural.

A principal desvantagem dos ensaios de longa duração é a sua morosidade. A execução de ensaios de envelhecimento acelerado tem como objectivo a rápida obtenção de uma previsão.

Contudo, a sua correlação com o ritmo natural nem sempre é fácil.

Os meios de obter dados sobre o envelhecimento a longo prazo dos elementos, componentes e materiais de construção, segundo a ISO15686-2 [6N], são os seguintes:

- ensaios de campo; (os elementos a avaliar são expostos ao ambiente natural para envelhecimento, neste caso é essencial registar as condições ambientais durante o ensaio bem como os efeitos dessas condições, uma vez que os resultados são específicos a uma determinada localização e a um determinado período de tempo);

- ensaios de longa duração *in situ* (condições de serviço); (a vida útil do componente é avaliada através da exposição deste às suas condições normais de utilização, este tipo de ensaios têm particular interesse quando a degradação esperada for causada pelo uso);

- ensaios em edifícios experimentais; (trata-se de edifícios especificamente concebidos para ensaiar materiais e componentes, expostos a condições monitorizadas e controladas, fornecem informação importante sobre a degradação dos produtos ensaiados e permitem, em geral, tirar conclusões sobre a fiabilidade dos dados);

- inspecção de edifícios. (no estudo devem ser integrados o maior número de edifícios possível, fazendo um tratamento estatístico dos resultados, contudo, a inspecção a edifícios em serviço fornece dados cujo alcance pode ser limitado pela ausência de informação sobre a história do edifício e pela dificuldade de caracterizar com precisão as condições ambientais do edifício)

A acção dos efeitos dos agentes de degradação do meio ambiente é um processo longo e demorado, pelo que os ensaios de exposição natural nem sempre fornecem resultados práticos, num período de tempo suficientemente curto, sobre o comportamento dos materiais.

No Brasil, em 2002, foi proposto um projecto denominado “Estruturação de rede nacional de estações de envelhecimento natural para o estudo da durabilidade de materiais e componentes de construção civil” com o objectivo de criar uma rede nacional de estações de envelhecimento para o estudo de materiais e componentes de construção. Consistia numa implantação de uma infra-estrutura para o estudo da durabilidade de materiais e componentes no clima brasileiro e, com isso, possibilitar o desenvolvimento tecnológico de produtos já existentes e a produção de novos materiais, além de colaborar com a normalização de métodos de exposição ao envelhecimento. Esta iniciativa foi coordenada pela Escola Politécnica da USP e teve participação da Universidade Federal do Pará (UFPR) e da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Foram construídas estações de envelhecimento natural em três localidades em diferentes condições ambientais: Belém (PA), com intensa incidência da radiação solar, elevadas temperaturas e humidades relativas durante o ano todo; São Paulo (SP) com elevado teor de agentes poluentes no ar e Rio Grande (RS), cidade litoral, com atmosfera salina.

“ *Esperamos que os métodos desenvolvidos com o suporte dessa infra-estrutura sejam propostos como normas técnicas brasileiras para a exposição ao envelhecimento natural de materiais orgânicos e não-metálicos*” [154], explicou à data a professora Neide M. N. Sato, sub-coordenadora do projecto. Segundo a professora, o sector produtivo também iria beneficiar com o projecto, ao deixar de utilizar estações de envelhecimento de outros países para aperfeiçoamento de materiais existentes e

desenvolvimento de novos. A infra-estrutura ainda poderia ser disponibilizada para a comunidade em geral, para o desenvolvimento de projectos de pesquisa de novos materiais.

No Brasil, esta implantação de rede de envelhecimento natural foi pioneira. Contudo, nos países desenvolvidos, há trabalhos neste campo há mais de três décadas. São estes estudos que estabeleceram as bases para a previsão da durabilidade e da vida útil de produtos da construção civil. Com efeito, nestes países, desde a década de 90, existem algumas normas e códigos de prática relativos à previsão da vida útil. A pressão no sentido de criar normas específicas a respeito do assunto é mundial.

A referida professora defende que, no início, os estudos de durabilidade foram motivados pela necessidade de avaliação do desempenho económico dos diferentes produtos, bem como de planeamento da manutenção. Mas com o paradigma de desenvolvimento sustentável, a durabilidade ganhou uma nova dimensão, pois a ampliação da vida útil dos edifícios é uma forma efectiva de redução do impacto ambiental. Com isso, as pesquisas na área ganharam novo impulso.

O envelhecimento artificial acelerado, por sua vez, consiste na exposição acelerada de materiais em laboratório, onde os agentes de degradação são controlados de maneira a simular o mais possível o ambiente natural. Deve ter-se também em consideração que, devido a alguns agentes de degradação reagirem de um modo sinérgico no meio ambiente, não se pode esperar uma correlação directa entre as variações observadas nas condições controladas no laboratório com as variações verificadas no meio ambiente [32].

O envelhecimento acelerado pode ser empreendido de diferentes formas. O método mais apropriado depende da natureza e uso pretendido do produto. Em geral são utilizadas simulações das condições reais de envelhecimento. Os métodos de simulação de envelhecimento são aqueles em que as solicitações tentam simular as condições naturais, apenas com uma aceleração dos factores.

Como exemplo de métodos de envelhecimento temos [4N]:

- exposição artificial às condições atmosféricas;
- envelhecimento por calor;
- ciclos gelo/degelo;
- exposição para avaliar a resistência à água;
- exposição para avaliar a resistência química.



# 4

## MÉTODO FACTORIAL

### 4.1. INTRODUÇÃO

*“O Método Factorial é provavelmente o método mais conhecido para a previsão de vida útil de componentes de construção.” [21]*

Partindo de uma duração da vida útil de referência, esperada em condições padrão, obtém-se uma estimativa da vida útil para as condições particulares pretendidas através da multiplicação da vida útil de referência por uma série de factores relacionados com diversos aspectos determinantes para a durabilidade.

Os factores a considerar são os seguintes:

- Factor A – Qualidade do produto de construção
- Factor B – Nível de qualidade do projecto
- Factor C – Nível de qualidade da execução
- Factor D – Características do ambiente interior
- Factor E – Características do ambiente exterior
- Factor F – Características do uso
- Factor G – Nível de manutenção

*“Este método permite uma estimativa da vida útil a ser feita para um componente particular ou um conjunto de componentes em condições específicas.” [21]*

O método para estimar a vida útil de determinado produto da construção expressa-se pela seguinte fórmula:

$$\text{Vida útil estimada (VUE)} = \text{Vida útil de referência (VUR)} \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \quad (1)$$

## 4.2. VIDA ÚTIL DE REFERÊNCIA

A previsão da vida útil de um determinado produto de construção diz respeito a um determinado conjunto de condições as quais raramente coincidirão, exactamente, com as condições de serviço.

À “vida útil padrão que serve de base para a estimativa da vida útil de um edifício ou de uma parte do edifício” [67] denomina-se de “vida útil de referência”.

*“O Método Factorial é baseado numa vida de referência que é uma vida útil esperada para um conjunto de condições padrão em uso e uma série de factores modificadores que têm em conta o desvio a partir da referência em cada caso específico.” [28]*

Os dados disponíveis para usar na previsão poderão ser provenientes da observação ou medição do desempenho em ensaios de curta ou longa duração, em laboratório ou em serviço.

Sempre que possível o valor da vida útil de referência deverá ser obtido através da metodologia de previsão da vida útil sugerida pela norma, a qual se apresenta na figura já apresentada.

Independentemente do método utilizado para chegar a uma previsão da vida útil, deverão ser considerados alguns aspectos que são sempre relevantes para essa avaliação, nomeadamente:

- os agentes de degradação;
- os efeitos da intensidade e da variação da acção desses agentes;
- a sobreposição dos efeitos da acção de vários deles.

Para o planeamento da vida útil, os agentes de degradação a considerar são aqueles que provocam uma degradação gradual ao longo da vida útil do produto da construção. Causas acidentais de degradação total súbita não se enquadram no âmbito da metodologia [67].

Diferentes produtos “vão estar sujeitos a diferentes agentes de degradação. Deste modo, torna-se fundamental identificar, para cada elemento em estudo, qual ou quais os agentes relevantes. Serão considerados relevantes os agentes que actuem na construção (ou parte da construção) e que possam dar início a um dos possíveis mecanismos de degradação dessa construção” [27]. Quando identificados esses agentes, deverá ser determinada a sua intensidade e variação, bem como os valores máximos, médios, mínimos e periodicidade de actuação.

Pela raridade de actuação isolada de um único agente de degradação, deverão também ser considerados, caso se conheça, os dados de acção combinada de dois ou mais agentes.

Da adequação do valor da vida útil de referência depende a fiabilidade do valor a calcular no Método Factorial pelo que, não sendo possível determinar o valor da vida útil de referência segundo a metodologia descrita, o valor a considerar para a vida útil de referência deverá, segundo a norma, ser baseado no seguinte:

- dados fornecidos pelo fabricante ou resultados de um laboratório de ensaios (para um produto novo, normalmente, apenas se tem acesso a dados do fabricante);
- dados de experiências anteriores ou observações de construções similares ou que se encontram em condições similares;
- informação contida em Documentos de Homologação ou outra documentação desse tipo;
- informação recolhida em bibliografia relacionada com o tema da durabilidade.

Quando os dados utilizados forem fornecidos pelos fabricantes ou fornecedores deverá tentar-se conhecer as condições relativas às suas previsões e quais os métodos utilizados para que não se duplique a quantificação do efeito de determinadas variáveis.

“Tanto quanto possível, o valor da vida útil de referência deverá aplicar-se a condições ambientais próximas ou comparáveis com as específicas da situação a estimar. Assim, os factores a adoptar na estimativa serão o mais próximos possível da unidade, minimizando os erros introduzidos pelo método” [27].

No sentido de sistematizar a vida útil de referência dos produtos da construção, tem vindo a ser desenvolvido pela “Housing Corporation”, nomeadamente através do grupo de trabalho “Building LifePlans” (BLP), uma base de dados que permite identificar a vida útil de referência de mais de 900 produtos da construção. Estando esta base de dados disponível para consulta on-line, considera-se esta ferramenta bastante útil principalmente quando não se consegue, por algum motivo, obter o valor da vida útil de referência através da metodologia de previsão da vida útil sugerida pela norma ISO 15686-1 [67]. Neste momento o acesso público é negado.

Uma outra comissão técnica que potenciou o desenvolvimento de metodologias de previsão da vida útil de materiais e componentes de edifícios foi a entidade CIB W80, que já foi referida atrás.

Das comissões técnicas conjuntas CIB W80 / RILEM 71-PSL resultaram os trabalhos de Masters e Brandt (Masters et al., 1987, Masters et al., 1989). Estes autores apresentam um *state-of-the-art* das metodologias de previsão da vida útil (Masters et al., 1987), e sugerem uma metodologia geral de previsão da vida útil de materiais e componentes, identificando ainda algumas necessidades de investigação nesse domínio (Masters et al., 1987, Masters et al., 1989). Este grupo defende que a durabilidade dos materiais é a capacidade de um produto, componente ou construção manter o seu desempenho acima dos níveis mínimos especificados para que atendam as exigências dos usuários, em cada situação.

Ainda no âmbito da vida útil de referência, J. Paulsen (Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden) criou um documento inserido nas publicações do NRC (NRC Research Press, ano 1999) com o título “Service life prediction for floor coverings”, no volume dois da edição “Durability of Building Materials and Components”.

O documento refere-se a um estudo sobre a vida útil de referência de revestimentos elaborado na Suécia no ano de 1998 nos edifícios do sector público.

É inicialmente salientado a falta de estudos sobre esta matéria. O estudo efectuado tem o intuito de identificar os vários tipos de vida útil de referência existentes e que poderão condicionar a escolha do material.

Segundo o documento existem diferentes tipos de vida útil de referência:

- technical (functional) service life – máxima vida útil de referência para um revestimento de pavimentos, não poderá ser excedida sem consequências graves para o material constituinte;
- aesthetic service life (type 1) – a vida útil de referência dependente da actividade/localização da actividade no local e da tendência da *moda*. É baseada numa avaliação subjectiva dependendo de opções individuais;
- aesthetic service life (type 2) – a vida útil de referência depende de situações onde a substituição do revestimento é efectuada envolvendo um *novo interveniente*;
- economic service life – a vida útil de referência económica é baseada numa relação monetária entre custos para manutenção no tempo corrente e custos de substituição de um revestimento do pavimento novo com custos de manutenção mais baixos;
- ecological service life – é determinada de forma idêntica que a economic service life, mas baseada principalmente nos aspectos de natureza ambiental.

É de referir que o autor fez uma análise mais aprofundada destes conceitos, mas que não serão de importância relevante para este trabalho e que não serão mencionados.

Os factores, que segundo o autor, influenciam a vida útil de referência são: as características dos materiais, a manutenção e os factores relacionados com o edifício.

Os parâmetros que influenciam as características dos materiais são as propriedades dos materiais de revestimento e a substituição dos revestimentos. De facto, os diferentes tipos de revestimentos de pavimentos têm diferentes características que nos darão informação sobre quais as circunstâncias que poderão vir a afectar a vida útil dos diferentes materiais e alguns tipos de revestimentos de pavimentos poderão ser substituídos, caso o uso afecte as exigências de durabilidade em função do uso ou as exigências estéticas.

Em relação à manutenção, sabe-se que uma manutenção incorrecta poderá provocar estragos no revestimento de pisos em apenas alguns meses e que a manutenção frequente irá proteger o revestimento de piso em relação ao uso reduzindo os custos de limpeza.

Relativamente aos factores relacionados com o edifício, o autor refere que a localização do edifício, a intensidade de tráfego e de cargas e a localização geográfica do edifício afectam também a vida útil de referência.

O uso do revestimento do pavimento é maior a nível térreo do que nos pisos superiores, exigindo assim um revestimento de melhor qualidade para estas zonas e de uma manutenção mais intensa. Nas zonas comuns de um edifício será necessária a utilização de um material de revestimento de piso de melhor qualidade. A localização de um edifício tem um papel importante, o ambiente exterior tem uma grande influência na quantidade e tipos de matérias/sujeiras que irão ser transportadas para dentro do edifício podendo afectar os revestimentos do pavimento.

Em termos conclusivos, o autor menciona que é quase impossível prever a vida útil de referência de revestimentos de pavimentos considerando apenas os materiais e que existe um conjunto de factores que não são constantes que terão de ser considerados em cada caso de escolha de revestimento do pavimento.

### **4.3. FACTORES MODIFICADORES**

#### **4.3.1. INTRODUÇÃO**

Tal como já foi mencionado, a norma ISO 15686-1 prevê o recurso ao Método Factorial para estimar a vida útil dos elementos de construção sob determinadas construções. Partindo de uma duração da vida útil de referência, esperada em condições padrão, obtém-se uma estimativa da vida útil para as condições particulares pretendidas através da multiplicação da vida útil de referência por uma série de factores relacionados com diversos aspectos determinantes para a durabilidade. Esses factores denominam-se por factores modificadores.

Os valores a utilizar como factores modificadores devem ter por base experiências anteriores. Por exemplo, se as condições que prevaleceram num determinado caso levaram à deterioração ou ao aumento da durabilidade de um produto de construção, as mesmas condições, noutra localidade, devem servir de referência aos valores dos factores modificadores.

A norma prevê para os factores modificadores uma classificação em três níveis de acordo com o grau de influência que esta vai exercer sobre esse mesmo produto. Os valores sugeridos representam um

desvio em relação às condições de referência (vida útil de referência) e, por isso, apresentam-se sempre próximos do valor 1,0.

Os valores de desvio sugeridos pela norma ISO 15686–1 em relação à condição de referência são os apresentados no quadro 8:

Quadro 8 – Valor de desvio sugeridos pela norma ISO

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

A classificação dos níveis de influência em relação às condições de referência deverá ser efectuada com o cuidado de não duplicar a contabilização da influência de uma determinada condição.

Apresentam-se de seguida, no quadro 9, as descrições dos factores modificadores propostos na norma ISO 15686-1.

Quadro 9 – Principais factores modificadores da vida útil - norma ISO 15686-1

Factores Modificadores da Vida Útil	Condições Relevantes (exemplos)
<b>Factores de Qualidade</b>	<b>A - Qualidade dos Componentes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualidade e características das placas e das fixações</li> <li>• Qualidade da empresa</li> <li>• Condições de fabrico</li> <li>• Aplicação de acabamentos</li> <li>• Processos de qualidade implementados</li> </ul>
	<b>B - Qualidade do Projecto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualidade das peças desenhadas e escritas</li> <li>• Nível de detalhe do projecto</li> <li>• Compatibilidade do sistema ao edifício</li> <li>• Qualificação do projectista para o sistema em causa</li> <li>• Apoio técnico dos fabricantes</li> </ul>
	<b>C - Qualidade da Execução</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualificação da mão-de-obra</li> <li>• Processos de aplicação</li> <li>• Adequabilidade das ferramentas</li> <li>• Condições climáticas aquando da aplicação</li> <li>• Apoio do projectista</li> <li>• Nível de fiscalização</li> </ul>
<b>Factores Ambientais</b>	<b>D - Características do Ambiente Interior</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Humidade</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Condições de ventilação</li> </ul>
	<b>E - Características do Ambiente Exterior</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Humidade</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Água</li> <li>• Gelo</li> </ul>

Factores Modificadores da Vida Útil		Condições Relevantes (exemplos)
Factores Operacionais	F - Condições de Uso	• Chuvas Ácidas
		• Vento
		• Exposição das fachadas
		• Altura do edifício e presença de sais
Factores Operacionais	F - Condições de Uso	• Choques
		• Impactos
		• Riscagens
		• Tipo de utilizadores
		• Vandalismo
Factores Operacionais	G - Nível de Manutenção	• Existência de plano de manutenção
		• Qualidade e frequência das intervenções
		• Facilidade de acesso
		• Necessidade de produtos especiais
		• Necessidade de apoio técnico

#### 4.3.2. FACTOR A – QUALIDADE DO PRODUTO DE CONSTRUÇÃO

Este factor avalia a qualidade de todos os elementos a aplicar em obra, nomeadamente, materiais ou componentes ou sistemas utilizados na construção. A qualidade dos elementos de construção depende da qualidade e características das matérias-primas utilizadas e das condições de fabrico.

As edificações devem ser construídas para que satisfaçam diversas exigências, por isso, a verificação da qualidade do produto que vai ser aplicado é imprescindível, de forma a atingir, níveis de satisfação em conformidade com os requisitos exigidos ou pretendidos, pelo que, se recomenda que esta deverá constar das especificações do projectista.

Da mesma forma, os meios de transporte e depósito em obra que garantam a manutenção das características do material ou componente até ao momento da sua aplicação devem ser assegurados.

De forma a assegurar estes requisitos, foi transposta para a ordem jurídica interna através do Decreto-Lei 113/93 [33] de 10 de Abril, actualizado por três Decretos-Lei posteriores, a Directiva europeia 89/106/CEE [25] que regula a qualidade dos produtos a aplicar nas construções na União Europeia, na Turquia ou num Estado subscritor do Acordo sobre o Espaço Económico Europeu.

*“Visar definir os procedimentos a adoptar com vista a garantir que os produtos de construção se revelem adequados ao fim a que se destinam, de modo que os empreendimentos em que venham a ser aplicados satisfaçam as exigências essenciais”* [33] é o objectivo da transposição da directiva europeia para a regulamentação interna.

De acordo com o D.L. 4/2007 [33], as construções devem, em condições normais de manutenção, ser satisfatórias durante um período de vida útil economicamente razoáveis e, para além de determinados aspectos económicos, de segurança e de durabilidade, as construções devem garantir um conjunto de seis exigências denominadas como exigências essenciais, tais como: resistência mecânica e estabilidade; segurança contra incêndio; higiene, saúde e ambiente; segurança na utilização; protecção contra o ruído; economia de energia e isolamento térmico. Cumprindo estas exigências, o produto obtém a classificação da qualidade do produto.

De acordo com a Directiva europeia 89/106/CEE [25], “o comprovativo da conformidade para com os requisitos essenciais pode ser emitido pelo próprio fabricante (declaração do fabricante) ou por organismo notificado (organismo de certificação), dependendo do sistema de comprovação que estiver definido para o produto em causa. Poderão ainda participar na comprovação da conformidade outros organismos notificados (laboratórios ou organismos de inspecção)”.

A figura 7 apresenta um exemplo de declaração de conformidade CE do fabricante.

**DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE CE**

**CERÂMICA DO FUTURO, S.A**  
 Sede e Local de Produção:  
 Rua da Esperança  
 0000 - 000 CIDADE INDUSTRIAL  
 Telefone: +351 123 456789 Fax: +351 123 456790  
 Email: ceramica@competitiva.pt

Pavimento Cerâmico Prensado  
 Grupo: BI<sub>1</sub> (Norma EN 14411 Anexo G)  
 Aplicação: Exterior / Interior  
 Tipo: Pavimento Vidrado

**CE** NP EN 14411: 2003  
 PRODUTO: Pavimentos Cerâmicos Prensados  
 UTILIZAÇÃO: Interior e/ou exterior

2003 CERÂMICA DO FUTURO, S.A  
 Coimbra - Portugal

Características	Valores Declarados	Método de Ensaio
Reacção ao Fogo	Classe A1 <sub>s</sub>	S/ Ensaio (Decisão 96/603/CE)
Força de Ruptura	> 1200 N	EN ISO 10545-4
Escorregamento (Coef. de atrito)	> R20	DIN 51130
Anti derrapagem (Para circulação de veículos)	NPD	---
Resistência ao gelo	Cumpre	EN ISO 10545-12

Os produtos cumprem os requisitos essenciais da Directiva 89/106/CE.  
 Esta declaração é baseada no cumprimento integral da norma europeia da especificação de produto EN 14411.

O Responsável

Director Comercial  
 (Nome)

Figura 7 - Exemplo de declaração de conformidade CE do fabricante [9]

Torna-se, portanto, indispensável, a atribuição da marcação CE nos produtos de construção de modo a possibilitar a verificação da sua aptidão para o uso a que se destinam. O símbolo da marcação CE é apresentado na figura 8.



Figura 8 - Símbolo da Marcação CE [33]

Para além de um sistema de comprovação da conformidade dos produtos marcados com Requisitos Essenciais necessário para a circulação de determinados produtos dentro do Espaço Económico Europeu, a marcação CE, sendo obrigatória, “*sobrepõe-se aos sistemas de certificação dos produtos actualmente em vigor. Não é uma marca de qualidade como a marca “Produto Certificado” mas sim um “livre-trânsito” para a circulação dos produtos no Mercado Europeu*” [9].

As exigências da marcação CE serão cumpridas se aos produtos forem atribuídas a marca “*Produto Certificado*” ou para os produtos cujas empresas são certificadas pela norma ISSO 9001 [9], pelo que “*as marcas de qualidade actualmente existentes continuarão a ser utilizadas em paralelo com a marcação CE e permitirão a distinção no mercado dos produtos de maior qualidade*” [9].

Por outro lado, as referidas empresas certificadas segundo a norma EN ISO 9001:2000 [7], têm que efectuar um controlo rigoroso durante a concepção dos seus produtos [114] constituído pelas seguintes fases: controlo das matérias-primas e aditivos; inspecção durante a produção; inspecção do produto acabado; inspecção da garantia de rejeição de produtos com defeito; inspecção de armazenamento e transporte dos produtos acabados; controlo e calibração dos equipamentos de ensaios e inspecção.

A atribuição da marcação CE pressupõe que os produtos de construção foram objecto de uma declaração de conformidade CE e estão isentos da marcação CE os produtos considerados menos importantes no que respeita aos aspectos de saúde e segurança que podem ser aplicados na construção desde que devidamente listados pela Comissão Europeia e desde que: estejam acompanhados de uma declaração de conformidade com as boas práticas técnicas e satisfaçam as disposições nacionais relativas à certificação obrigatória até que as especificações técnicas europeias obriguem à aposição da marcação CE.

Cabe à fiscalização técnica da obra onde vão ser aplicados, o controlo e o rigor, a garantia de aptidão para o uso a que se destinam do conjunto de produtos que são produzidos no local da obra, “*in situ*”.

Em Portugal, devido à carência de mão-de-obra especializada e de uma eficaz fiscalização na maioria das obras, o resultado da produção “*in situ*” pode não ser o ideal, mesmo que tenham sido respeitadas as especificações do projectista.

De acordo com o exposto, um dos critérios estabelecidos para a avaliação da qualidade do produto de construção é a classificação dos produtos segundo o nível de qualidade a que estão sujeitos, como se exemplifica no quadro 10.

Quadro 10 - Índices aplicáveis ao Factor A

<b>Classificação segundo o fornecimento do produto à obra</b>	<b>Índice aplicável</b>
Com declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade	1,2
Com declaração de conformidade CE emitida pelo fabricante ou com Certificado de Qualidade	1,0
Sem declaração de conformidade CE e sem Certificação	0,8

#### 4.3.3. FACTOR B – NÍVEL DE QUALIDADE DO PROJECTO

Este factor avalia a qualidade do nível de projecto, verificando requisitos como o grau de informação fornecido, a facilidade de compreensão e detalhe dos desenhos, a existência de caderno de encargos, especificações técnicas, memória descritiva completa e desenhos à escala adequada.

A classificação deste factor traduz a avaliação das indicações e recomendações técnicas, elaboradas por todos os projectistas envolvidos, para a instalação e aplicação dos produtos de construção, sejam

componentes, sistemas ou materiais produzidos “*in situ*”, bem como medidas de protecção preventivas, para uma adequada solução construtiva.

A avaliação da adequada solução construtiva para uma construção ganha contornos de grande relevância, de acordo com o estudo europeu [24] que atribui uma percentagem de 42% das patologias das construções às incorrecções e deficiências de projecto (figura 9), como se pode verificar na figura seguinte.

De forma a minimizar estas consequências deve ser atribuída aos técnicos projectistas a responsabilidade de produzirem as peças escritas e desenhadas, de forma a, permitir a correcta execução do que projectam.

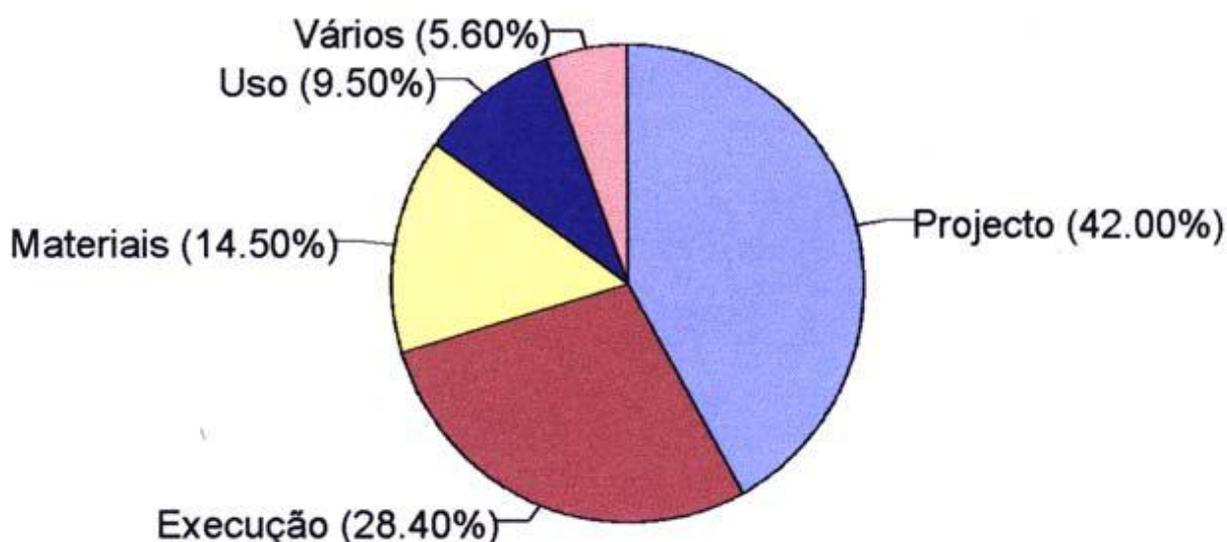


Figura 9 - Causas de patologias (valores médios europeus) [24]

Apesar de obrigatórios na legislação portuguesa desde 2001 [35], os projectos de execução de arquitectura e das várias especialidades, no caso português, ainda não são encarados como elementos indispensáveis à realização de uma obra de qualidade pela maioria dos intervenientes no processo construtivo, sendo o conceito aplicado muitas vezes erradamente.

*“A expressão projecto aplica-se muitas vezes a simples estudos prévios ou ante-projectos, que por si só não permitem garantir uma boa execução (...)”* [120].

Uma melhoria ao nível da qualidade da generalidade dos projectos foi introduzida pela entrada em vigor em 2001 do D.L. 555/99 [35] que constitui um diploma que regula o regime jurídico da urbanização e da edificação. Este decreto, ao incluir como elemento de instrução do processo de licenciamento os pormenores construtivos a esclarecer a *“(...) solução construtiva adoptada para as paredes exteriores do edifício e a sua articulação com a cobertura, vãos de iluminação/ventilação e de acesso, bem como com o pavimento exterior envolvente.”* [91], conduziu a um aumento da qualidade do projecto de arquitectura.

Após a aplicação desta exigência, verificou-se uma melhoria do nível da qualidade de projecto e, por consequência, uma melhoria da qualidade dos edifícios. No entanto, a generalidade dos projectos ainda se encontra muito aquém do nível recomendado.

No seguimento do exposto, durante o ano de 2007, encontrou-se em discussão na Assembleia da República a revogação do D.L. 73/73 [120], diploma que regula a qualificação dos técnicos responsáveis pela elaboração de projectos de obras sujeitas a licenciamento, pelo que, conforme já assumido por todas as associações e ordens que representam os grupos profissionais abrangidos, trata-se de uma legislação completamente descontextualizada da realidade actual. “(...) a progressiva inadequação das normas à realidade existente acaba por produzir lesões ao interesse público na qualidade, técnica e estética, durabilidade e funcionalidade das edificações.” [120].

A insuficiente qualidade da generalidade dos projectos em Portugal encontra-se também “(...) fortemente condicionada pela inexistência ou pelo baixo nível exigencial de documentação normativa ou pró-normativa, em particular aquela que noutros países mais desenvolvidos assume a forma de códigos de boa prática, como é o caso dos “code of practice” ingleses e dos “document technique unifié” (DTU) franceses” [59].

O documento português que mais se aproxima deste conceito, sob a forma de uma aplicação muito alargada, são as Recomendações Técnicas de Habitação Social [36] em que as recomendações propostas destinam-se a servir de guia para a elaboração de projectos e não introduzem constrangimentos significativos de concepção. Distribuindo-se por cinco capítulos, as recomendações [36] dizem respeito a: Promoção habitacional; Empreendimento habitacional; Edifício; Construção; Instalações e equipamentos.

Este documento sugere que as soluções construtivas possuam uma clara identificação segundo uma descrição sistemática da construção segundo os seguintes parâmetros: características gerais da construção; elementos primários (fundações, estruturas, paredes exteriores e interiores, pavimentos, escadas e cobertura); elementos secundários (caixilharias exteriores e interiores, portas interiores, guardas, tectos suspensos, lanternins e outros elementos secundários da cobertura); equipamento fixo da habitação; acabamentos (revestimentos de paredes, pavimentos, rodapés, escadas e rampas, tectos e coberturas); instalações.

De acordo com o referido, a ferramenta de salvaguarda para a qualidade das construções é a melhoria da qualidade dos projectos que deve ser garantida por parte dos técnicos na elaboração do projecto de execução de arquitectura e das várias especialidades.

O artigo 80º, ponto 4, do D.L. 555/99 [35] define a obrigatoriedade da apresentação do projecto de execução de arquitectura e das várias especialidades 60 dias após o início da execução das obras:

*“No prazo de 60 dias a contar do início dos trabalhos relativos às operações urbanísticas referidas nas alíneas c) e d) do nº 2 e c) e d) do nº 3 do artigo 4º deve o promotor da obra apresentar na câmara municipal cópia do projecto de execução de arquitectura e das várias especialidades salvo nos casos de escassa relevância urbanística em que tal seja dispensado por regulamento municipal.”* [35].

Apesar de se encontrar descrita na legislação portuguesa [35] a obrigatoriedade de apresentação dos projectos de execução, esta raramente é exigida. Abrangendo praticamente a totalidade das obras, esta documentação dispensa apenas as obras de urbanização e “(...) as obras de alteração no interior de edifícios não classificados ou suas fracções que não impliquem modificações da estrutura resistente dos edifícios, das cérceas, das fachadas e da forma dos telhados.” [35].

O nível da qualidade de projecto é definido de acordo com o grau de informação que fornecem à obra definindo o índice a aplicar. A título exemplificativo apresenta-se o quadro 11:

Quadro 11 - Índices aplicáveis ao Factor B

Níveis de qualidade do projecto	Índice aplicável
• Projecto sem cumprimento do artigo 80º do D.L. 555/99	0,8
• Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução memória descritiva com descrição sistemática das principais soluções construtivas adoptadas	1,0
• Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução os Desenhos à escala adequada ao trabalho a executar em obra, a definição de todos os produtos a aplicar, bem como, Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas	1,2

#### 4.3.4. FACTOR C – NÍVEL DE QUALIDADE DA EXECUÇÃO

Este factor avalia a capacidade de controlo da execução dos trabalhos e o cumprimento das recomendações de aplicação e controlo descritas pelo fabricante. O nível de qualidade da execução depende da qualidade da mão-de-obra, processos e condições de aplicação, condições climáticas aquando da aplicação e do apoio técnico do projectista e fiscalização.

Nos últimos anos assistiu-se a uma grande evolução do desenvolvimento tecnológico e da divulgação de conhecimentos técnico-científicos, no entanto, o nível da qualidade da execução em Portugal não tem acompanhado.

*“Uma das principais causas da falta de qualidade na construção reside no facto da generalidade dos donos de obra privilegiarem a componente preço em detrimento da qualidade, ou seja, mais o custo inicial do produto da construção e menos o custo global associado ao período de vida útil do bem.”* [100].

Por outro lado, de acordo com a Metodologia para a melhoria da qualidade de produção de edifícios – Construção 2004 [31], a baixa qualidade da construção está relacionada com a especulação do sector imobiliário sentido nas últimas décadas: *“A particularidade da situação incentivou a entrada no sector de empresários e/ou grupos de pessoas com o objectivo de obter rapidamente mais valias (... )”* [31].

Se a estes factores juntarmos a *“(...) complexidade crescente das construções, a falta de sistematização do conhecimento, a inexistência de um sistema efectivo de garantias e de seguros, a velocidade exigida ao processo de construção, as novas preocupações arquitectónicas, a aplicação de novos materiais (... )”* [121] temos então descritos alguns dos principais problemas do panorama actual das construções em Portugal.

Em comunicação apresentada no 2º Congresso Nacional de Construção [31], a causa das falhas mais frequentes durante o processo de construção resultam das seguintes hipóteses: defeitos de mão-de-obra e nível de qualificação da mão-de-obra; erros de concepção e de escolha dos produtos e materiais; falta de preparação de obra; distribuição dos documentos; comunicação entre os intervenientes; relações contratuais e responsabilidades e aprovisionamentos. Como se pode verificar, a execução de uma construção pressupõe um conjunto de elementos e tarefas que envolve diversos intervenientes.

O nível da qualificação da mão-de-obra e o nível da gestão técnica em obra são responsáveis pela falta de qualidade na execução das construções, pelo que, os índices aplicáveis a este factor serão atribuídos em função das classificações atribuídas à qualificação da mão-de-obra e ao nível da gestão técnica em obra.

Segundo o Departamento de estudos, prospectiva e planeamento do Ministério da Segurança Social e do Trabalho [100] “(...) das 36 753 empresas de construção existentes, 82,7% empregam menos de 10 pessoas, tendo a sua estrutura um nível de qualificação extremamente deficiente, dado que o pessoal não qualificado representa 28,4% do total, sendo o somatório dos quadros médios e superiores igual a 5,5% do total. Revela-se ainda que em termos de habilitações 50,6% dos trabalhadores tem, no máximo, 4 anos de escolaridade.”

Verifica-se, portanto, que genericamente, em Portugal, o nível de qualificação da mão-de-obra das empresas de construção é extremamente reduzido, o que para além de dificultar a introdução de novas tecnologias também contribui significativamente para a falta de qualidade na execução das obras de construção.

*“A falta de um conhecimento adequado do desempenho em uso e a falta de conhecimento das boas práticas de execução conduz, muitas vezes, a patologias precoces da construção, colocando em risco uma mais longa vida útil estimada”. [28]*

Na análise deste factor, é imprescindível dissociar a mão-de-obra qualificada da mão-de-obra não qualificada sendo que para ser considerada qualificada deverá garantir pelo menos o seguinte:

- o quadro de pessoal activo para as tarefas necessárias à aplicação de determinado produto em obra possui formação profissional específica nessa área de trabalho, pelo que tem conhecimentos técnicos que garantem os procedimentos correctos para a realização das respectivas tarefas;
- o quadro de pessoal activo em determinada tarefa tem como coordenador um elemento que, além de possuir formação profissional específica nessa área de trabalho, possui formação suficiente para garantir uma correcta interpretação dos projectos.

Além de depender da qualificação da mão-de-obra, a garantia da qualidade de execução, conforme exposto, depende significativamente do apoio conjunto e coordenado dos serviços técnicos em obra de modo a acompanharem devidamente os trabalhos a executar, isto é, a fiscalização.

A direcção técnica da obra, a fiscalização da obra, a gestão da obra e a assistência técnica em obra constituem as diversas áreas de trabalho distribuídas por vários técnicos com distintas responsabilidades e representam a gestão técnica em fase de execução.

Em comunicação apresentada no 2º congresso nacional da construção (Construção 2004) [56], com vista a clarificar estas funções e as suas relações, foi proposta uma subdivisão segundo a óptica da clarificação de interesses. Assim, entendem os seus autores que *“a forma de clarificação dessas relações é consubstanciada através da implementação de procedimentos que se podem subdividir em grupos afins a que se convencionou atribuir a denominação de Áreas Funcionais ou Áreas Prestativas.”*

O quadro 12 apresenta a subdivisão em sete áreas funcionais sugerida no documento referido.

Quadro 12 - Áreas funcionais e seus objectivos [56]

Área Funcional	Objectivos
Conformidade	Implementar mecanismos destinados a "garantir" a igualdade entre o projecto e a obra e garantir que a totalidade do projecto é executado.
Economia	Tratar das questões relacionadas com os custos e facturação e integrar procedimentos relacionados com o registo e tratamento de informação.

Área Funcional	Objectivos
Planeamento	Tratar das questões relacionadas com os prazos e encerrar um conjunto de procedimentos destinados a conhecer, controlar e prever a evolução da obra no tempo.
Informação / Projecto	Garantir a condução e registo de toda a informação: arquivos de obra (projectos, correspondência,...) reuniões, gestão de assuntos e emissão de relatório síntese.
Licenciamento / Contrato	Conduzir, registar e implementar actos administrativos.
Segurança	Motivar e implementar o Plano de Segurança.
Garantia de Qualidade	Implementar mecanismos de garantia da qualidade através de procedimentos preconizados nas outras áreas funcionais e que se resumem na Garantia da qualidade dos serviços de fiscalização e na Qualidade dos trabalhos de obra.

De acordo com a legislação nacional é obrigatório a existência de um director técnico de obra, normalmente a cargo do empreiteiro, e com a inclusão, por parte dos projectistas, da assistência técnica em obra nos honorários dos respectivos projectos, ou seja, considera-se como habitual a contratação da direcção técnica da obra e da assistência técnica da mesma

Nas obras de pequena e média dimensão apoiadas apenas por estes dois serviços técnicos, verifica-se, geralmente, que a assistência técnica desenvolvida pelos projectistas cinge-se apenas ao esclarecimento de dúvidas e omissões do respectivo projecto, enquanto a direcção técnica cumpre os actos burocráticos previstos na legislação, tais como o preenchimento do livro de obra, pelo que a prestação destes dois serviços é claramente insuficiente para a satisfação dos objectivos definidos na tabela apresentada.

Pelos motivos já enunciados torna-se indispensável a existência de fiscalização de obra e da gestão de obra. A estes compete a eliminação da maioria das falhas mais frequentes durante o processo de construção, nomeadamente, a preparação de obra, a distribuição dos documentos, a comunicação entre os intervenientes, as relações contratuais e a definição rigorosa de responsabilidades, bem como tornar eficaz o esclarecimento das dúvidas colocadas pelos coordenadores das equipas de trabalho e garantir a execução da obra em conformidade com os projectos executados.

A actividade de Fiscalização constitui a área de intervenção durante o processo de construção, que tem como competência principal defender os *lícitos interesses do dono-de-obra* [56] pelo que contempla a seu cargo as principais áreas funcionais do ponto de vista da garantia da qualidade da obra.

Assim, visto as áreas funcionais em questão (“Conformidade”, “Segurança” e “Garantia da Qualidade”), abarcarem trabalhos que implicam um acompanhamento extremamente próximo da obra, este serviço será classificado segundo a regularidade desse mesmo acompanhamento.

Dependendo da dimensão e do tipo de obra em estudo, o nível de acompanhamento necessário por parte do serviço técnico Fiscalização, pode ser distinguido apenas segundo três parâmetros de âmbito geral. Assim, a Fiscalização será considerada como ausente se não for contratada pelo dono-de-obra; como regular se a contratação deste serviço incluir a deslocação diária à obra e como pontual se for contratada mas as deslocações à obra não forem diárias.

É de notar que, a calendarização contratada pelo dono-de-obra implica variações significativas na disponibilidade de tempo para satisfazer as necessidades deste serviço, podendo ser necessária a permanência da Fiscalização em obra durante o horário completo dos trabalhos na mesma, dependentemente do tipo e dimensão da obra

Assim, conforme referido, a Fiscalização será classificada como ausente, pontual e regular segundo os pressupostos definidos partindo do princípio que a disponibilidade de tempo necessário será ajustada às variáveis referidas de modo a garantir a satisfação dos objectivos definidos na tabela apresentada.

Segundo o exposto, para a avaliação da qualidade da execução, optou-se então por salientar o nível de qualificação da mão-de-obra e a regularidade da fiscalização em obra. A título exemplificativo apresentam-se os parâmetros que podem ser avaliados neste factor (quadro 13).

Quadro 13 - Índices aplicáveis ao Factor C

Regularidade da fiscalização em obra	Qualificação da mão-de-obra	
	Qualificada	Não qualificada
Regular	1,2	1,0
Pontual	1,0	0,8
Ausente	0,8	0,8

#### 4.3.5. FACTOR D – CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE INTERIOR

A avaliação deste factor tem importância para todos os produtos de construção que após a sua aplicação tenham contacto permanente com o interior dos edifícios. Para os restantes produtos da construção deverá ser aplicado o índice 1,0 por se considerar que as características deste factor têm uma influência pouco relevante na estimativa do seu tempo de vida útil.

As principais acções a que os elementos de construção estão sujeitos no ambiente interior são devido às solicitações higrotérmicas.

*“A manifestação de humidades nos edifícios dá, em regra, lugar a graves perturbações funcionais, causando redução apreciável da durabilidade dos materiais (...)”* [89].

A humidade é a mais comum das patologias; as suas formas de manifestação nos edifícios são diversas, mas relativamente à caracterização do ambiente interior e sua influência sobre a durabilidade dos produtos de construção serão de destacar as seguintes:

*“– humidade de condensação - proveniente do vapor de água que se condensa nos paramentos expostos ou no interior dos elementos de construção”;*  
*- humidade devida a fenómenos de higroscopicidade”* [89].

*“O conhecimento das características higroscópicas dos materiais permite efectuar a escolha mais conveniente em função das condições termo-higrométricas do ambiente em que se prevê a utilização.”* [48].

Não é possível considerar que uma correcta selecção exigencial eliminará as consequências negativas, do ponto de vista da durabilidade, que as solicitações higrotérmicas provocam já que, o conhecimento actual das propriedades higrotérmicas dos mesmos é ainda limitada.

Por outro lado, será de salientar que a selecção de produtos com características higroscópicas mais favoráveis à durabilidade do mesmo, podendo até serem considerados não-higroscópicos, conduzem ao aumento do risco de ocorrências de condensações, visto poderem reduzir significativamente a *inércia higríca* desses locais interiores [47].

Para a avaliação da influência do ambiente interior sobre a vida útil dos produtos considera-se a actividade da humidade sobre os produtos como a característica mais relevante. Esta selecção está

relacionada com o facto de a acção da humidade nos produtos de construção pode conduzir a variações dimensionais e a modificações das propriedades químicas, físicas e/ou biológicas, e que, no mesmo edifício, existem locais com exposição à humidade completamente distintos.

Para essa avaliação, torna-se necessário distinguir os produtos que sofrem uma influência significativa desta acção dos restantes.

*“A Higroscopicidade é um parâmetro que caracteriza a capacidade de determinado material para fixar água por adsorção e de a restituir ao ambiente em que se encontra, em função das variações de temperatura e de pressão parcial de vapor de água” [49].*

*“Um material diz-se higroscópico quando o seu teor de humidade varia em função da humidade relativa do ar.” [48].*

Contudo, alguns produtos, apesar de higroscópicos na sua base passam a ser considerados como não-higroscópicos segundo o seu acabamento superficial, tais como os elementos cerâmicos vitrificados.

As madeiras e os rebocos, apesar de higroscópicos, podem não estar em contacto directo com o ambiente interior consoante o tipo de vernizes e pinturas aplicadas, mas será de salientar o referido relativamente à redução da *inércia hídrica*.

De acordo com o referido há que classificar os ambientes interiores segundo à acção da humidade.

O equilíbrio entre a produção de vapor de água no interior dos edifícios e o seu caudal de ventilação traduz, genericamente a humidade relativa do ar interior.

É possível classificar os locais interiores de uma edificação segundo a produção de vapor de água em determinado espaço interior, a sua taxa horária de renovação de ar, a sua consequente higrometria, bem como segundo a exposição das suas paredes à água no decurso da utilização normal e dos métodos utilizados na limpeza e conservação das mesmas; o descrito pode ser verificado no quadro 14.

Quadro 14 - Classificação dos locais interiores segundo a exposição à humidade [9]

Tipo de Local	Higrometria do Local	Exposição das paredes à água	Conservação - limpeza	Alguns exemplos dos locais
<b>EA</b> Locais secos ou pouco húmidos	Higrometria fraca	As paredes não são expostas à água	A água intervém apenas para conservação e limpeza, mas nunca sob a forma de jactos de água. A limpeza é feita com métodos não agressivos.	Locais normalmente ventilados e aquecidos: • Quartos; • Escritórios; • Espaços de circulação.
<b>EB</b> Locais mediamente húmidos	Higrometria média	No decurso da utilização do local, a água intervém pontualmente sob a forma de jactos de água descontínuos sem escorrimento.	A água intervém apenas para conservação e limpeza, mas nunca sob a forma de jactos de água sob pressão. A limpeza é feita segundo métodos e com meios não agressivos.	Locais normalmente ventilados e aquecidos: • Sala de aulas; Locais de uso privado: • Locais com um pouco de água (cozinhas e instalações sanitárias); • Cave aquecida; • Cozinha privada.

Tipo de Local	Higrometria do Local	Exposição das paredes à água	Conservação - limpeza	Alguns exemplos dos locais
<p><b>EB+</b></p> <p>Locais privados</p> <p>Locais húmidos de uso privado</p>	Higrometria Forte	No decurso da utilização do local, a água é projectada de vez em quando sobre pelo menos uma parede (escorrimento).	A água intervém apenas para conservação e limpeza, mas nunca sob a forma de jactos de água. A limpeza é feita segundo métodos e com meios não agressivos.	<p>Locais normalmente ventilados e aquecidos:</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quarto de banho com um chuveiro e/ou banheira;</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cave não aquecida, garagem;</li> <li>• Chuveiro ou quarto de banho privado em locais de acolhimento público: hotéis, lares de idosos, hospitais;</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sanitários de escritório para o uso privado.</li> </ul>
<p><b>EB ++</b></p> <p>Locais colectivos</p> <p>Locais Húmidos de uso colectivo</p>	Higrometria Forte	No decurso da utilização do local, a água intervém sob a forma de projecção ou escorrimentos e actua de forma descontínua durante períodos mais longos que no caso EB+ privativo. O acumulado dos tempos de escorrimento em cada 24h não ultrapassa as 3h.	A água intervém apenas para conservação e limpeza. Apenas é admissível a limpeza a jactos de água quando a concepção global do local, pavimento incluído, é adequada (ex: sifão de pavimento, ...) excluindo a limpeza a jacto de alta pressão. A limpeza (de frequência geralmente diária) é feita com produtos de $5 < \text{pH} < 9$ a uma temperatura $\leq 40^{\circ}\text{C}$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chuveiro individual de uso colectivo em locais tipo internatos, fábricas;</li> <li>• Vestiários colectivos, sem comunicação directa com um local do tipo EC;</li> <li>• Cozinhas colectivas* em função do tipo de conservação e limpeza;</li> <li>• Locais húmidos de uso privado, com jacto de hidromassagem no chuveiro e/ou banheira;</li> <li>• Lavandarias colectivas sem carácter comercial (escola, hotel, centro de férias, ...);</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sanitários públicos em locais do tipo: (escolas, hotéis, aeroportos, ....).</li> </ul>
<p><b>EC</b></p> <p>Locais muito húmidos em ambiente não agressivo</p>	Higrometria muito forte	A água intervém de forma quase contínua no estado líquido, pelo menos, sobre uma parede.	É admissível a limpeza com jactos de alta pressão. A limpeza (de frequência geralmente diária) pode ser feita com produtos agressivos (alcalinos, ácidos com cloro, ...) e/ou a uma temperatura $\leq 60^{\circ}\text{C}$ . Os revestimentos de acabamento das paredes do local e das interfaces (mástiques, guarnições de juntas,) devem ser compatíveis com a agressividade dos produtos de conservação (pH), da limpeza (pressão dos aparelhos) e da temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chuveiros colectivos, com várias pessoas no local ao mesmo tempo: estádios, ginásios, ...;</li> <li>• Cozinhas colectivas* e sanitários acessíveis ao público, se estiver prevista limpeza a jacto de alta pressão e/ou com produtos agressivos;</li> <li>• Lavandarias colectivas com carácter comercial e destinadas a uso intensivo;</li> <li>• Lavandaria central de hospital;</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro aquático, piscina (excepto as paredes do tanque), incluindo locais de comunicação directa com o tanque.</li> </ul>

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

Torna-se pertinente a apresentação da classificação dos locais segundo a sua higrometria, já que, um dos parâmetros da classificação apresentada é a higrometria do local.

A “(...) higrometria traduz o aumento da pressão do vapor de água no interior de um local em relação ao exterior e, conseqüentemente, define o gradiente de pressão de vapor de água a que se encontra submetida a sua envolvente. O valor deste parâmetro corresponde à relação entre a produção de vapor de água no interior de um local e o caudal de ventilação.” [49]

A classificação apresentada no quadro 15 encontra-se baseada no Cahier 3335 do CSTB [22].

Quadro 15 - Classificação dos locais em função da sua higrometria [9]

Classe	Higrometria	Tipos de locais
Fraca higrometria	$\leq 2,5 \text{ g/m}^3$	Locais equipados com ventilação mecânica controlada e sistemas próprios para a exaustão dos pontos de produção de vapor de água.
Média higrometria	$> 2,5 \text{ g/m}^3$ e $\leq 5 \text{ g/m}^3$	Locais não sobreocupados, correctamente aquecidos e ventilados.
Forte higrometria	$> 5 \text{ g/m}^3$ e $\leq 7,5 \text{ g/m}^3$	Locais com ventilação deficiente ou sobreocupados.
Muito forte higrometria	$> 7,5 \text{ g/m}^3$	Locais especiais onde a actividade desenvolvida mantém uma humidade relativa elevada.

Apresentam-se de seguida os índices aplicáveis segundo a higroscopicidade dos produtos e a sua exposição à humidade nos locais interiores.

Os produtos higroscópicos aplicados em ambientes interiores que provoquem frequentemente uma fixação de água por adsorção nos mesmos estão sujeitos a significativas alterações das suas características iniciais e, conseqüentemente, a uma redução substancial da sua vida útil de referência. Para estes mesmos produtos, quando aplicados em locais não sujeitos a este tipo de acção provocada pelo vapor de água, pode ser considerado que a sua vida útil estimada será superior à de referência visto a vida útil de referência dos produtos pressupor situações padrão e estar frequentemente baseada em médias. Apesar das considerações referidas quanto à dificuldade de selecção dos produtos de acordo com estas acções, normalmente, segundo uma correcta selecção exigencial, estes produtos não são aplicados em locais classificados como EC.

Será de salientar que relativamente aos produtos não-higroscópicos a atribuição do índice 1,0 para todos os locais baseia-se no princípio de que esses produtos não são sujeitos a uma influência relevante segundo a sua exposição à humidade, pelo que, independentemente do local da sua aplicação no interior dos edifícios, mantém inalterada a sua vida útil de referência.

Os índices a aplicar ao Factor D podem ser, por exemplo, os expressos no quadro 16.

Quadro 16 - Índices aplicáveis ao Factor D

Higroscopicidade do produto	Exposição à humidade em locais interiores				
	EA	EB	EB+	EB+ +	EC
Higroscópicos	1,2	1,0	0,8	0,8	---
Não higroscópicos	1,0	1,0	1,0	1,0*	1,0*

\* Relativamente aos índices aplicáveis aos produtos não-higroscópicos em locais dos tipos EB++ e EC, será de referir que alguns produtos, tais como os metais, apesar de não-higroscópicos e partindo do pressuposto de uma correcta selecção exigencial, serão sujeitos a uma humidade superficial muito elevada, pelo que para este tipo de produtos (não-higroscópicos mas particularmente susceptíveis à humidade superficial) colocados nestes locais deverá considerar-se o índice 0,8.

#### 4.3.6. FACTOR E – CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE EXTERIOR

Na avaliação das características do ambiente exterior deverão ser considerados todos os produtos da construção que após a sua aplicação tenham contacto permanente com o exterior e para os restantes produtos da construção deverá ser aplicado o índice 1,0 por se considerar que as características deste factor têm uma influência pouco relevante na estimativa do seu tempo de vida útil.

Os produtos de construção aplicados na envolvente exterior dos edifícios estão sujeitos a inúmeras solicitações mas a uma em particular com maior incidência.

Na matriz de durabilidade opta-se por incluir, devido a esta diversidade, as solicitações apresentadas na ISO 15686-4. Este documento sugere uma avaliação que pretende, de modo genérico e sistemático, considerar as solicitações permanentes e de grande relevância na degradação de todo o tipo de produtos aplicados na envolvente exterior [58]. Deste modo, são apresentadas na tabela com os Índices aplicáveis as acções consideradas como as mais relevantes, ou seja as solicitações higtotérmicas temperatura e precipitação bem como a poluição e a influência marítima. Estas classificações abrangem a generalidade das situações mas existem outros tipos de acções, combinadas ou não, que podem afectar o tempo de vida útil dos produtos de construção.

A informação relativa às características do ambiente exterior de Portugal continental é superior à informação existente dos arquipélagos, daí que, as classificações a utilizar reportam-se apenas ao continente [10;122;123].

No novo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [94], no Anexo III – Zonamento Climático, é apresentado um mapa de Portugal dividido em três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e em três zonas climáticas de Verão (V1, V2 e V3). A delimitação destas zonas é a indicada na figura 10.

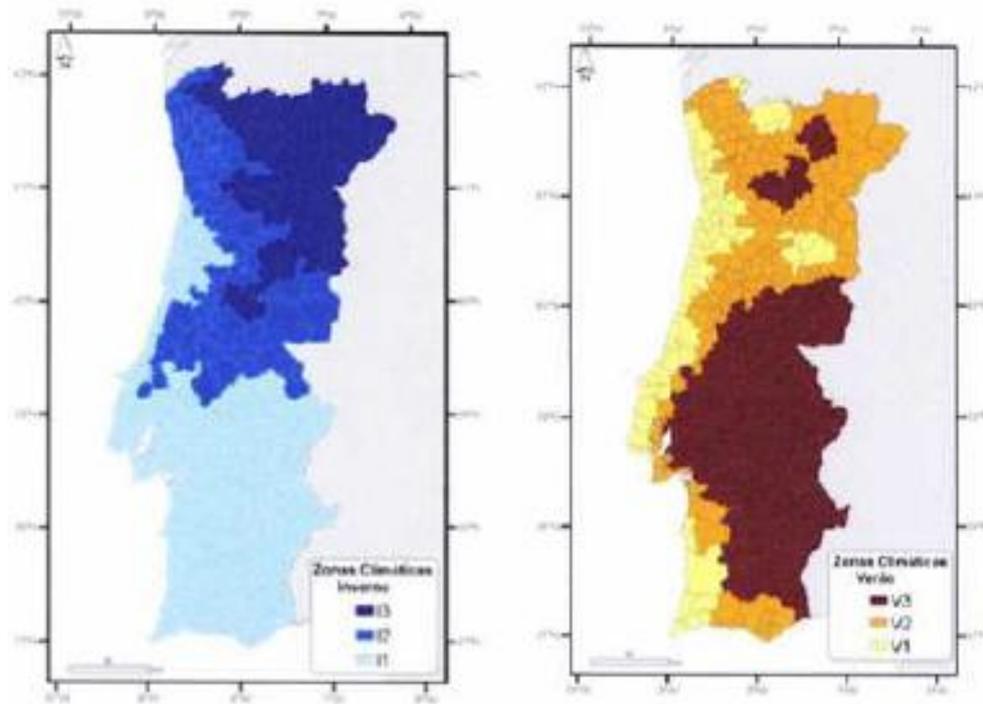


Figura 10 – Zonamento Climático de Inverno Verão [94]

A distribuição dos concelhos de Portugal Continental segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência, encontra-se no Anexo III, Quadro III.1, do RCCTE. Nesse quadro constam, ainda, os seguintes dados climáticos de referência de Inverno e de Verão: Número de graus-dias de aquecimento (na base de 20°C) correspondente à estação convencional de aquecimento; Duração da estação de aquecimento; Temperatura exterior de projecto de Verão e Amplitude térmica média diária do mês mais quente.

Os quadros 17 e 18 indicam as alterações, em função da altitude dos locais, a introduzir relativamente ao zonamento e aos dados climáticos de referência indicados no quadro III.1, do RCCTE.

Quadro 17 – Zonamento Climático de Inverno [94]

Zona climática de Inverno do concelho (segundo o quadro III.1)	Altitude (z) do local (m)					
	z > 400 e z ≤ 600		z > 600 e z ≤ 1 000		z > 1 000	
	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus-dias (°C.dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus-dias (°C.dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus (°C.dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)
I <sub>1</sub> .....	I <sub>2</sub>	z + 1 500 — 6,7	I <sub>3</sub>	z + 1 700 — 7,3	I <sub>3</sub>	z + 1 900 — 8
I <sub>2</sub> .....	I <sub>2</sub>	Quadro III.1 —	I <sub>3</sub>	z + 1 700 — 7,3	I <sub>3</sub>	z + 1 900 — 8
I <sub>3</sub> .....	I <sub>3</sub>	Quadro III.1	I <sub>3</sub>	Quadro III.1	I <sub>3</sub>	z + 1 900 — 8

Quadro 18 - Zonamento Climático de Verão [94]

Zona climática de Verão do concelho	Altitude (z) do local (m)							
	z > 600 e z ≤ 800		z > 800 e z ≤ 1 000		z > 1 000 e z ≤ 1 200		z > 1 200	
	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)
V <sub>1</sub> .....	V <sub>1</sub>	Quadro III.1	V <sub>1</sub>	30	V <sub>1</sub>	29	V <sub>1</sub>	27
V <sub>2</sub> .....	V <sub>2</sub>	Quadro III.1	V <sub>1</sub>	31	V <sub>1</sub>	29	V <sub>1</sub>	27
V <sub>3</sub> .....	V <sub>2</sub>	33	V <sub>1</sub>	31	V <sub>1</sub>	29	V <sub>1</sub>	27

Em relação à classificação dos ambientes exteriores segundo o factor climático precipitação, “A precipitação média anual em Portugal continental é cerca de 900 mm apresentando grande variabilidade espacial, com os maiores valores observados no Minho (3000 mm), e os menores, inferiores a 400 mm, numa região restrita da Beira Interior (a sul do Douro) e mais extensivamente no interior do Alentejo, com valores inferiores a 600 mm.” [123].

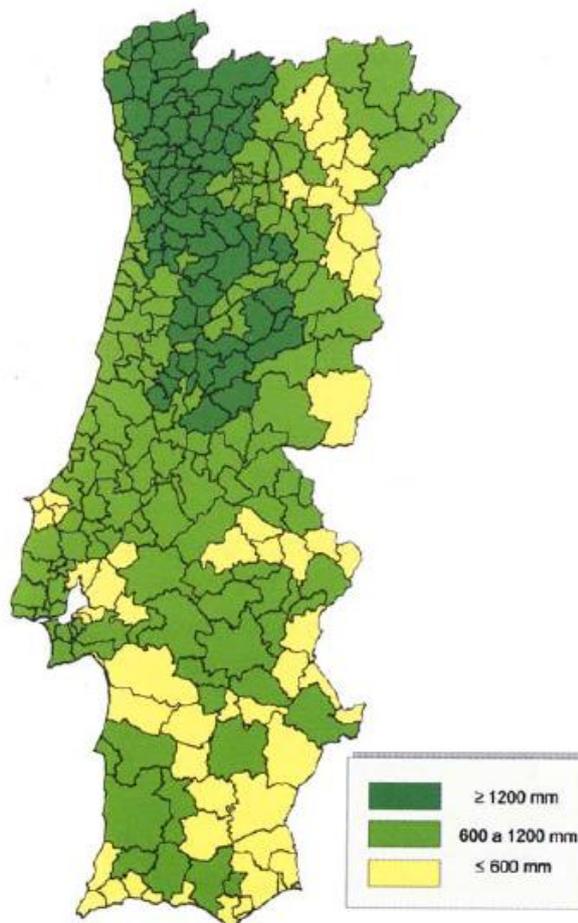


Figura 11 - Distribuição da quantidade de precipitação em Portugal continental [10]

De acordo com a figura 11, Portugal continental é dividido em três zonas de precipitação distintas e nos seguintes intervalos (quadro 19):

Quadro 19 - Zonamento de Portugal continental em função da precipitação média anual

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

Através da interpretação da tabela pode verificar-se que as zonas localizadas acima dos 1200 metros apresentam uma precipitação muito intensa, as zonas situadas entre os 600 e os 1200 metros têm uma precipitação moderada, enquanto as zonas com uma altitude inferior aos 600 metros são pouco pluviosas.

A classificação proposta pela Association Française de Normalisation (AFNOR) [86], permite avaliar as solicitações face à poluição e à influência marítima a que os produtos estão sujeitos (quadro 20).

Este documento propõe dividir as atmosferas exteriores em dois grupos de acordo com a sua exposição à água da chuva (protegida e não protegida).

Há que referir que, a classificação proposta pela AFNOR [86] será adaptada tendo em conta que a exposição dos produtos à precipitação será considerada independentemente na tabela com os índices a aplicar a este factor, de modo a não duplicar a influência do mesmo factor, descrevendo apenas os diferentes tipos de atmosferas exteriores sem distinção da sua exposição à água.

Quadro 20 - Definição das atmosferas exteriores em função dos índices de poluição do ar e da influência marítima [86] – adaptado

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

Tal como foi referido, a temperatura, a precipitação, a poluição e a influência marítima a que o produto de construção está exposto, são as solicitações consideradas na avaliação deste factor a que os materiais aplicados estarão sujeitos no ambiente exterior. Na tabela seguinte apresentam-se os índices aplicáveis em função das características do ambiente exterior segundo as principais solicitações referidas.

Em termos indicativos, a atmosfera exterior E9 não influi nos índices, já que, os principais factores climáticos estarão já a intervir no índice a aplicar, pelo que a sua influência é considerada como E8.

Maria José da Silva Matos apresenta em “Durabilidade como Critério de Projecto – O Método Factorial no Contexto Português” [80], uma proposta dos índices a aplicar ao Factor E expressa no quadro 21. Trata-se de um exemplo possível.

Quadro 21 - Índices aplicáveis ao Factor E [80]

Precipitação	Atmosfera	Zona Climática de Verão									
		V1			V2			V3			
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
Zona climática de Inverno	I1	E1*, E1+E4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0
		E2*, E2+E4	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,2	1,0	0,8
		E3*, E3+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E1+E5, E2+ E5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8
		E8, E9	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	I2	E1*, E1+E4	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		E2*, E2+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E3*, E3+E4	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E1+E5, E2+ E5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		E8, E9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	I3	E1*, E1+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E2*, E2+E4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
		E3*, E3+E4	1,0	1,0	8,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		E1+E5, E2+ E5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		E8, E9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

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

Além das acções consideradas na tabela anterior, existem outro tipo de acções, combinadas ou não, que podem afectar o tempo de vida útil dos produtos de construção, nomeadamente a acção da radiação solar, a acção combinada temperatura/geada e a acção combinada vento/precipitação que deverão ser consideradas no projecto.

Estas solicitações não constam na ISO 15686-4 e não são, por isso, consideradas como mais relevantes na avaliação das características do ambiente exterior no âmbito da sua influência sobre a durabilidade dos produtos de construção. Contudo, estas solicitações devem ser consideradas no projecto em situações pontuais já que podem ser desfavoráveis à vida útil dos produtos, bem como salientar que algumas opções de projecto podem influenciar significativamente na durabilidade dos produtos, nomeadamente a cor das superfícies exteriores e sua relação com a implantação do edifício. Desta forma, apresentam-se, de seguida, meios de avaliação relativos a estas acções.

Relativamente à acção solar, a envolvente exterior dos edifícios encontra-se sujeita a uma série de patologias, nomeadamente a tensões e deformações, que podem ser elevadas, consoante o tipo de movimentos e as propriedades físicas dos produtos de construção devido a amplitudes térmicas que podem ser, ao longo do ano, superiores a 50°C.

A intensidade de radiação solar a que os produtos da construção estão sujeitos é igualmente um factor a considerar na avaliação dos ambientes exteriores, para além da temperatura exterior de projecto. A superfície exterior de um produto exposto à radiação solar vai apresentar valores de temperatura superiores à temperatura ambiente (temperatura exterior de projecto).

Na figura 12 é possível distinguir quais as zonas que apresentam uma maior incidência da radiação solar em Portugal através de um gradiente de cores.

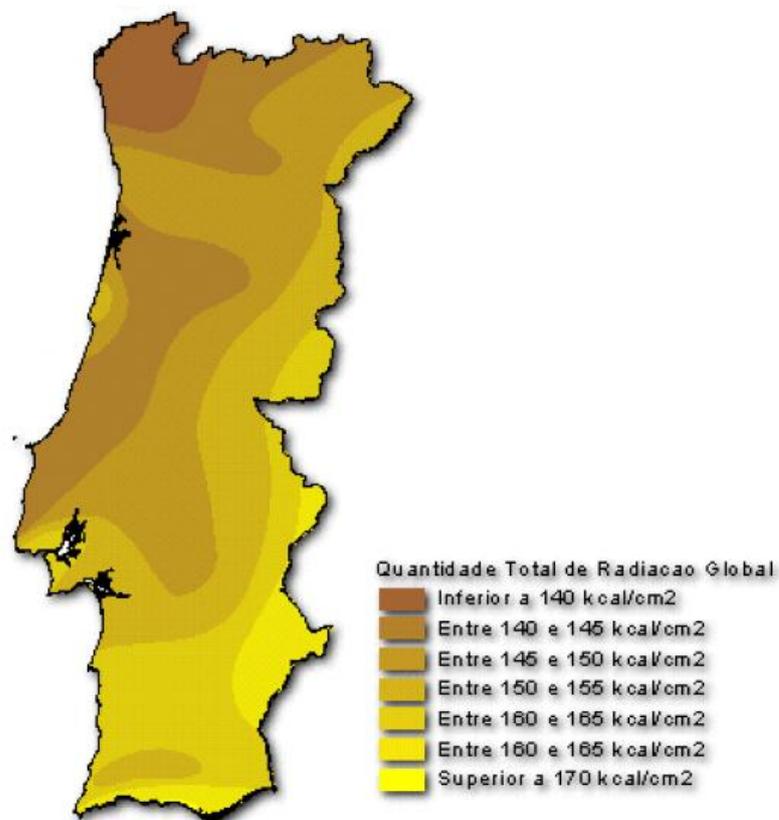


Figura 12 - Radiação solar média anual em Portugal continental [122]

De um modo geral, para Portugal continental, os valores máximos de radiação global incidente sobre superfícies exteriores são os seguintes (quadro 22):

Quadro 22 - Valores máximos de radiação global incidente sobre superfícies exteriores em Portugal continental [9]

Estações do ano	Radiação solar global máxima - R [W/m <sup>2</sup> ]						
	Orientação						
	N	E	SE	S	SO	O	H*
Inverno	90	680	940	1050	920	670	750
Primavera / Outono	150	720	980	790	940	700	---
Verão	180	900	880	460	800	780	1100

\*Superfície horizontal, com inclinação entre 0° e 15°.

A escolha da cor da superfície exposta do produto utilizado é muito importante, na medida em que, condiciona o valor do coeficiente de absorção da radiação solar; para uma maior durabilidade, a escolha da cor na fase de projecto deve ter em consideração os valores apresentados no quadro 23.

Quadro 23 - Valores do coeficiente de absorção da radiação solar em função da cor [9]

Cor da superfície	Valor do coeficiente de absorção da radiação solar
Branco	0,2 a 0,3
Amarelo, Cor-de-laranja, Vermelho claro	0,3 a 0,5
Vermelho escuro, Verde claro, Azul claro	0,5 a 0,7
Castanho, Verde escuro, Azul vivo, Azul escuro	0,7 a 0,9
Castanho escuro, Preto	0,0 a 1,0

Segundo o exposto, se os produtos da construção que estão no âmbito da caracterização do Factor E obtiverem um resultado para a sua vida útil estimada pouco superior ao mínimo estipulado, deverá ser considerado como critério de projecto o seguinte: para produtos com vida útil estimada aceitável mas muito próximo do período mínimo a considerar, quando em análise para aplicação em zona de insolação solar igual ou superior a 150 Kcal/cm<sup>2</sup> não deverão ser seleccionados se possuírem um coeficiente de absorção da radiação solar igual ou superior a 0,7 [9], excepto se estes estiverem protegidos pelo efeito de sombreamento, por outros edifícios ou por elementos da própria construção, ou se estiverem exclusivamente expostos ao quadrante solar norte.

Relativamente à acção combinada temperatura/geada, é necessário ter conhecimento da gelividade da zona. Este pode ser determinante do ponto de vista da durabilidade, na medida em que, os valores de resistência ao gelo variam de produto para produto.

Produtos com porosidade aberta, ou seja, produtos com vazios abertos ligados directamente à superfície [48], tais como, grande parte dos elementos cerâmicos e pétreos, são influenciados pela acção combinada temperatura/geada.

Apresenta-se de seguida a figura 13 na qual se podem verificar intervalos definidos pelo número de dias no ano com geada em Portugal continental.

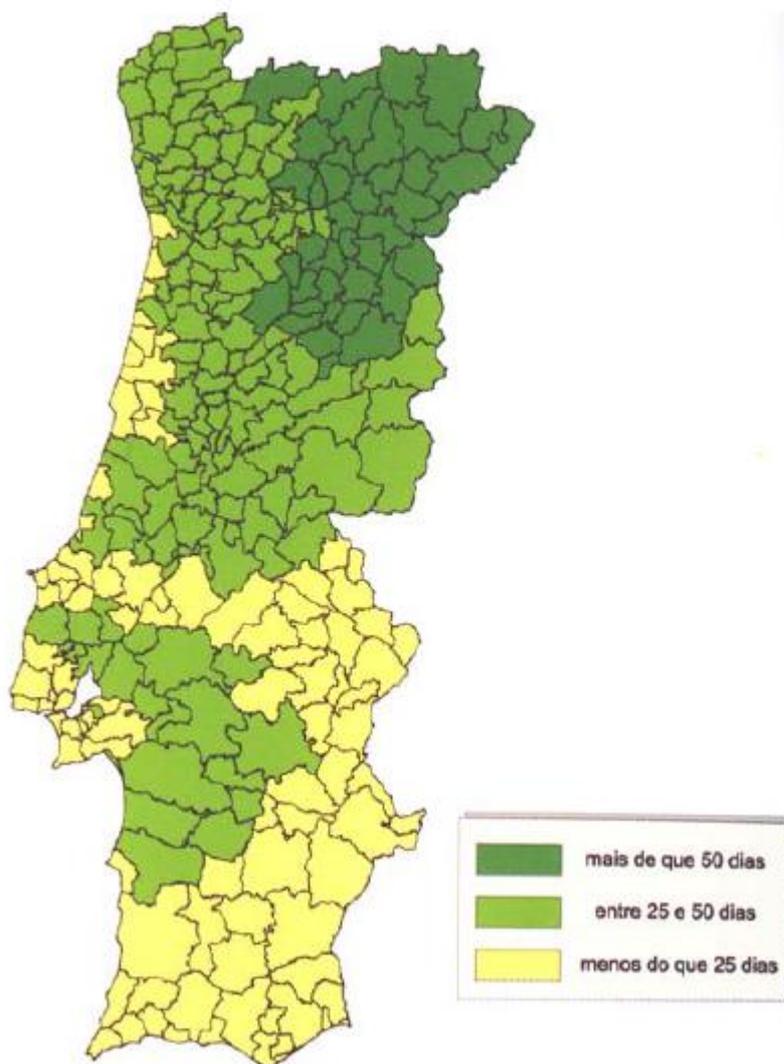


Figura 13 - Número médio anual de dias com geada [10]

Segundo o exposto, se os produtos da construção que estão no âmbito da caracterização do Factor E obtiverem um resultado para a sua vida útil estimada pouco superior ao mínimo estipulado, deverá ser considerado como critério de projecto o seguinte: para produtos com vida útil estimada aceitável mas muito próximo do período mínimo a considerar, quando em análise para aplicação em concelhos com número médio anual superior a 50 dias com geada, não deverão ser seleccionados se a *porosidade aberta* for uma das suas características, excepto se estes estiverem previstos apenas para locais exteriores mas protegidos da geada, tais como os aplicados em algumas superfícies das varandas.

Relativamente à acção combinada vento/ precipitação, o RSA [34] apresenta, em função do Zonamento do Território e da Rugosidade Aerodinâmica do Solo, a acção do vento (figura 13 e quadro 24).

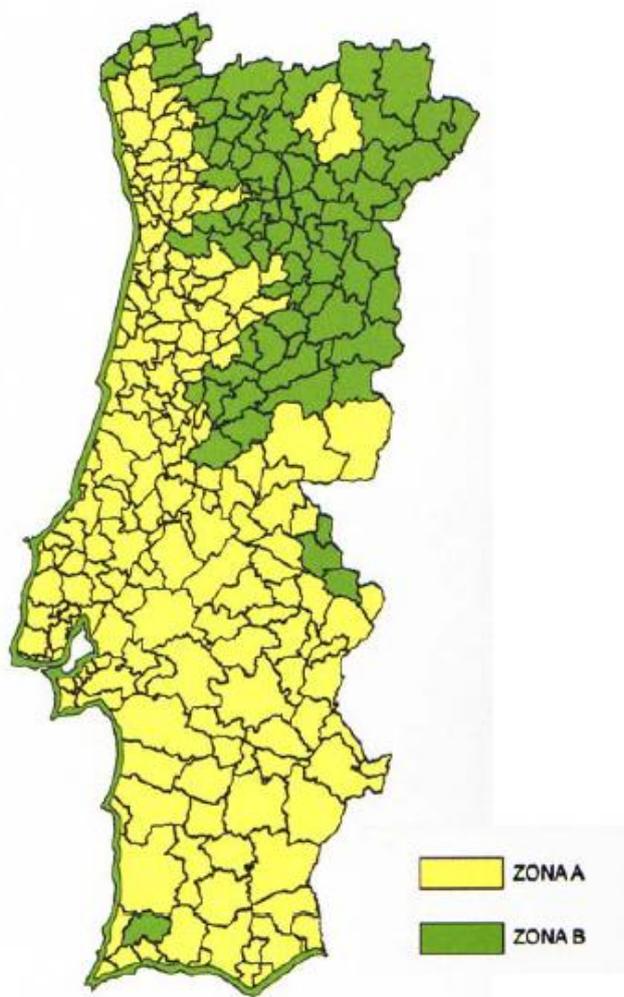


Figura 13 - Zonamento do território de Portugal Continental em função da acção do vento [10]

Quadro 24 - Zonamento segundo a acção do vento definido pelo RSA [34]

<b>Zonamento segundo a acção do vento (RSA)</b>	
<b>Zona A</b>	A generalidade do território, com excepção das regiões pertencentes à zona B
<b>Zona B</b>	Os arquipélagos dos Açores e da Madeira e as regiões do continente situadas numa faixa costeira com 5 Km de largura ou a altitudes superiores a 600 m.

Sabe-se que o efeito de envelhecimento dos produtos de construção pode ser acentuado pela interacção dos factores de degradação e a acção do vento pode desencadear e/ou acelerar a acção desses mesmos mecanismos de degradação, por isso, é importante identificar as construções que se implantam em condições mais desfavoráveis no que concerne à combinação do vento com a precipitação.

Consideram-se, no RSA [101], dois tipos de rugosidade aerodinâmica, para ter em conta a variação da acção do vento com a altura acima do solo, sendo:

-Rugosidade do tipo I – a atribuir aos locais situados no interior de zonas urbanas em que predominem edifícios de médio e de grande porte;

-Rugosidade do tipo II – a atribuir aos restantes locais, nomeadamente zonas rurais e periferias urbanas.

As pressões ou depressões que se exercem sobre as fachadas e coberturas podem se calculadas multiplicando os valores da pressão dinâmica do vento  $w$  (Pa) pelos coeficientes de pressão definidos no RSA [101]. No quadro 25, apresenta-se os valores característicos da pressão dinâmica do vento, segundo o RSA.

Quadro 25 - Valores característicos da pressão dinâmica do vento –  $w$  [Pa], segundo o RSA [101]

Altura Acima do Solo $h$ [m]	<i>Estruturas Identicamente Solicitadas pelo Vento</i>				<i>Restantes Estruturas</i>			
	Zona A		Zona B		Zona A		Zona B	
	Rugosidade		Rugosidade		Rugosidade		Rugosidade	
	Tipo I	Tipo II	Tipo I	Tipo II	Tipo I	Tipo II	Tipo I	Tipo II
0	921	1212	1115	1467	709	932	857	1128
10	921	1212	1115	1467	709	932	857	1128
15	921	1347	1115	1630	709	1036	857	1254
20	1025	1454	1240	1760	788	1119	954	1353
40	1309	1759	1584	2129	1007	1353	1219	1638
70	1616	2064	1956	2498	1243	1588	1505	1921
120	2000	2419	2420	2927	1538	1861	1861	2251

Segundo o exposto, se os produtos da construção que estão no âmbito da caracterização do Factor E obtiverem um resultado para a sua vida útil estimada pouco superior ao mínimo estipulado, deverá ser considerado como critério de projecto o seguinte:

- para produtos com vida útil estimada aceitável mas muito próximo do período mínimo a considerar, quando em análise para aplicação em zona B segundo a figura 13 e o quadro 24 e em zona P3 segundo a figura 10 e o quadro 19, não deverão ser seleccionados se forem considerados produtos susceptíveis à acção combinada vento/precipitação.

- para produtos com vida útil estimada aceitável mas muito próximo do período mínimo a considerar, quando em análise para aplicação na zona B segundo a figura 13 e o quadro 24 e em zona P2 (moderadamente pluvioso) segundo a figura 10 e o quadro 19, deverá ser efectuada nova estimativa da vida útil para os produtos considerados como susceptíveis à acção combinada vento/precipitação, dando entrada no quadro 21 como se estivessem em análise para a zona P3 (muito pluvioso). Se o índice aplicável no factor em análise (factor E) já for 0,8 dando entrada como zona P2, ficará ao critério do projectista a selecção do produto em análise, mas deverá ter consciência que será conveniente optar por outro produto ou melhorar as características do que se encontra em análise de modo a reduzir a sua susceptibilidade a pelo menos uma das condições a que estará sujeito.

#### 4.3.7. FACTOR F – CONDIÇÕES DE USO

Na avaliação das características do uso deverão ser considerados todos os elementos que sejam sujeitos a determinadas acções de desgaste, consoante o uso do local onde sejam aplicados e a sua exposição aos mesmos. Para os restantes produtos da construção, ou seja, para os que não estão sujeitos a distintas acções de desgaste consoante o uso do local, deverá ser aplicado o índice 1,0 visto as características deste factor não terem influência na estimativa do seu tempo de vida útil.

O índice a aplicar a este factor será condicionado pela correcta selecção segundo as características o uso, pelo que, a selecção exigencial assume contornos relevantes neste caso. Esta irá afectar a durabilidade dos produtos de construção.

Será, desta forma, necessário comparar as características do produto seleccionado com as características mínimas exigíveis para o caso particular em estudo.

A variação da exposição à acção dos choques dos revestimentos exteriores varia de edifício para edifício e depende essencialmente da área de actividade do edifício e do tipo de ocupação (privada ou pública). As acções de desgaste mais relevantes são os choques, impactos, riscagens e vandalismo.

A norma BS 8200:1985 define 6 categorias, consoante o tipo de exposição a impactos dos paramentos exteriores dos edifícios. As categorias são as presentes no quadro 26.

Quadro 26 - Categorias associadas aos impactos nos paramentos exteriores da envolvente vertical dos edifícios [17]

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplos</b>
<b>A</b>	Facilmente acessível ao público e a outros e pouco incentivo aos cuidados. Uso propenso ao vandalismo	Paredes externas das casas e edifícios públicos com áreas propensas ao vandalismo
<b>B</b>	Moderadamente acessível ao público e a outros e pouco incentivo aos cuidados. Probabilidade de ocorrência de acidentes e de uso indevido.	Paredes adjacentes a vias de pedestres ou campos de jogos, quando não pertencem à categoria A.
<b>C</b>	Acessível principalmente para aqueles que prestam alguns cuidados. Alguma probabilidade da ocorrência de acidentes e de uso indevido.	Paredes adjacentes para jardins privados abertos. Parte de trás das paredes das varandas.
<b>D</b>	Apenas acessível, mas não perto de uma rota comum, para aqueles com grande incentivo para os cuidados. Pequena probabilidade para a ocorrência de acidentes ou uso indevido	Paredes adjacentes aos jardins limitados por pequenas peças decorativas e sem acesso directo.
<b>E</b>	Zona acima dos impactos das pessoas mas sujeita a impactos de objectos	1,5 m a 6 m acima do nível do chão nos locais das categorias A e B
<b>F</b>	Acima da zona de impacto normal de pessoas e não sujeita a impactos de objectos	Parede de superfície em posições mais elevadas que as definidas em E.

Zona de parede com 1,5 m acima do nível do chão

Nesta tabela pode-se concluir que as zonas dos edifícios com alturas superiores a 6 metros, categoria F, estão mais protegidas em relação a impactos que as restantes categorias.

A título exemplificativo apresenta-se de seguida as classificações aplicáveis aos revestimentos de pavimento e aos revestimentos de paredes exteriores já que constituem produtos com acções de desgaste relevantes pelo efeito de uso corrente.

Relativamente aos revestimentos de pavimento, a classificação UPEC [23] é um método genérico, aplicável a todo o tipo de produtos de revestimento de pavimento e a todo o tipo de edifícios, que tenta garantir, através de operações de limpeza normais, que os pavimentos se conservem de modo satisfatório sem grande deterioração e com uma alteração progressiva e limitada do seu aspecto inicial.

Cada letra da sigla da classificação caracteriza uma classe de acordo com o exposto no quadro 27.

Quadro 27 - Classificação UPEC: descrição das classes [9;23]

Classe	Descrição
Classe U	Traduz os efeitos do uso de circulação no local:
	A noção que está implícita nesta classe é mais ampla que a resistência à abrasão. Para o efeito são consideradas as alterações de aspecto (perda de brilho), de desgaste (perda de matéria) e outros processos diversos.
Classe P	Punçoamento (resistência mecânica):
	Traduz essencialmente as acções mecânicas do mobiliário (efeito estático, arrastamento ou rolagem) e dos objectos (choques).
Classe E	Caracteriza a frequência da presença da água e da humidade sob o piso:
	Frequência da acção da água no pavimento, nomeadamente a relacionada com a utilização.
Classe C	Caracteriza a resistência aos agentes físico-químicos e manchas:
	Caracteriza a incidência destes produtos na durabilidade dos revestimentos de piso.

A cada classe é atribuído um índice numérico (ou alfanumérico), que aumenta de acordo com a severidade do uso de um determinado local ou com o nível de desempenho atingido por determinado produto.

De um modo sistemático a classificação pretende indicar quais os níveis de exigência que os revestimentos de piso devem satisfazer, ou seja, quais os níveis mínimos de desempenho que o revestimento de piso deverá possuir para ser aplicado em determinada situação específica segundo o uso previsto para esse local (quadro 28).

Quadro 28 - Classificação UPEC: níveis das classes [9;23]

Classe	Nível	Atribuição dos locais
Classe U	U2 e U2s	Classificação de locais de utilização doméstica (ou privada)
	U3, U3s e U4	Classificação de locais de utilização pública ou colectiva
Classe P	P2	Locais onde não são previsíveis acções muito intensas: cargas estáticas limitadas a 20 Kg/cm <sup>2</sup> , sem rolagem, excepto de objectos tais como os utilizados nos locais de habitação.

Classe	Nível	Atribuição dos locais
Classe P	P3	Locais tipo escritórios equipados com cadeiras de roletes, corredores (principalmente nos hospitais) ou a circulação de porta paletes e locais submetidos a esforços de intensidade considerável.
	P4	Locais P3 sujeitos a rolagem pesada ( por exemplo: equipamento de manutenção)
	P4s	Locais, com excepção dos locais industriais, submetidos a todo o tipo de cargas, fixas ou móveis
Classe E	E1	Presença de água ocasional; utilização a seco e limpeza a húmido
	E2	Presença de água frequente mas não sistemática: utilização húmida, limpeza por lavagem
	E3	Presença de água frequente prolongada; utilização e lavagem quase se confundem
Classe C	C0	Nestes locais tais produtos não são normalmente utilizados ( ex: átrios de entrada)
	C1	Locais onde o contacto com o solo é acidental (ex: restaurantes)
	C2	Locais onde os produtos são correntemente manipulados (ex: cozinhas)

Apresenta-se de seguida, no quadro 29, a classificação mínima que os produtos devem possuir para serem aplicados em determinado local em função dos seus critérios de uso.

Quadro 29 - Classificação mínima UPEC dos produtos a aplicar segundo os locais [23] – parcial

Locais	Classificação mínima			
	U	P	E	C
<b>Edifícios Unifamiliares</b>				
Entradas	U2s	P2	E1	C0
Cozinhas	U3	P2	E2	C2
Instalações sanitárias	U2	P2	E3	C1
Quartos	U2	P2	E1	C0
Terraços e/ou varandas	U3	P3	E3	C2
<b>Edifícios Colectivos</b>	<b>U</b>	<b>P</b>	<b>E</b>	<b>C</b>
Átrios de entrada	U4	P2	E2	C0
Patamares e escadas	U3	P2	E1	C0
Espaços exteriores	U4	P3	E3	C2
<b>Edifícios comerciais</b>	<b>U</b>	<b>P</b>	<b>E</b>	<b>C</b>
Espaço comercial com pouco movimento	U3s	P2	E2	C1
Espaço comercial com frequência moderada	U4	P3	E3	C2
Espaço comercial em áreas alimentares	U4	P3	E2	C2
Hipermercados	U4	P4s	E3	C2
Galerias de centros comerciais	U4	P3	E3	C2
<b>Edifícios civis ou administrativos, públicos ou privados</b>	<b>U</b>	<b>P</b>	<b>E</b>	<b>C</b>
Espaços colectivos	U3	P3	E1	C0
Salas de reunião e/ou conferências	U3	P2	E1	C0

Locais	Classificação mínima			
	U	P	E	C
<b>Edifícios civis ou administrativos, públicos ou privados</b>				
Salas de reunião públicas	U3s	P3	E1	C1
Restaurantes	U3s	P3	E1	C1
Salas polivalentes	U3s	P3	E2	C1
Átrios de circulação pública	U4	P3	E3	C1
Cozinhas colectivas e anexos de utilização normal ou moderada	U4	P3	E3	C2
Cozinhas colectivas e anexos de utilização intensa	U4	P4s	E3	C2
<b>Edifícios hospitalares</b>	<b>U</b>	<b>P</b>	<b>E</b>	<b>C</b>
Instalações sanitárias colectivas	U3	P3	E2	C2
Quarto do tipo corrente	U3	P3	E3	C2
Salas de atendimento	U4	P4	E3	C2

Em relação aos revestimentos de paredes exteriores, os choques decorrentes da ocupação normal são a principal causa de desgaste produzido neste local.

A área de actividade do edifício e o tipo de ocupação (privada ou pública) são os parâmetros que influenciam a variação da exposição à acção dos choques dos revestimentos exteriores.

O CSTB [9] classifica os edifícios em quatro classes distintas, de modo a verificar qual a exposição à acção dos choques em paredes exteriores, como se pode constatar no quadro 30.

Quadro 30 - Áreas de actividade face à acção dos choques decorrentes da ocupação normal [9]

Área de Actividade	Acesso privado	Acesso público
Sem via pedonal nem área de recreio	AA1	AA3
Com via pedonal ou área de recreio	AA2	AA4

*“O comportamento aos choques dos revestimentos de paredes pode ser avaliado através de ensaios de choque. Estes ensaios são normalmente realizados por impacto pendular de corpos convencionais, cuja energia de choque (expressa em joules) é condicionada pela altura de queda do corpo de ensaio. Os corpos convencionais designam-se de corpos moles, que pretendem simular, por exemplo, o choque de pessoas contra o elemento a ensaiar, e corpos duros, que pretendem representar objectos leves não deformáveis, tais como peças de mobiliário ou de limpeza, que podem chocar contra o elemento a ensaiar.” [9].*

O quadro 31 apresenta a energia de choque\* em ensaios de revestimento de fachadas.

Quadro 31 - Energia de choque\* em ensaios de revestimento de fachada [9]

Classe de exposição aos choques - Q	Corpo de choque*	Energia de choque* [J]	
		Elemento de difícil substituição	Elemento de fácil substituição
Q1	M 50	---	---
	M 3	10	3

Classe de exposição aos choques - Q	Corpo de choque*	Energia de choque* [J]	
		Elemento de difícil substituição	Elemento de fácil substituição
Q1	D 1		
	D 0,5	3	1
Q2	M 50		20
	M 3	60	
	D 1		1
	D 0,5	3	100
Q3	M 50	300	20
	M 3	60	
	D 1		1
	D 0,5	3	130
Q4	M 50	400	20
	M 3	60	3
	D 1	10	
	D 0,5		

\*A energia de choque está directamente relacionada com a altura de queda do corpo de choque.

As classes de exposição à acção dos choques exteriores são normalmente expressas em função da posição da fachada relativamente ao pavimento exterior.

Apresenta-se, no quadro seguinte, a classificação em função da exposição das fachadas aos choques exteriores decorrentes da ocupação normal descrita no documento de referência [9].

Quadro 32 - Classes de exposição das fachadas aos choques exteriores decorrentes da ocupação normal [9]

Situação da fachada	Tipo de áreas de actividade (AAi)			
	AA1	AA2	AA3	AA4
<b>Em piso elevado (altura &gt; 2,5 m)</b>	Q1	Q1	Q1	Q1*
<b>Em rés-do-chão sobrelevado (altura ≥ 1m)</b>	Q1	Q1	Q2	Q2
<b>Recuada</b>	Q1	Q1	Q2	Q3
<b>Em rés-do-chão</b>	Q2	Q3	Q3	Q4

\*Nos casos em que a área de actividade AA4 corresponde a uma "área de recreio com a bola", a classe a adoptar é Q2 até uma altura de 6 m.

De forma a proteger as fachadas face aos choques, é possível implementar alguns elementos de protecção como muros, guarda-corpos ou algum tipo de vegetação.

Apresentam-se de seguida uma possibilidade dos índices aplicáveis segundo a adequação ao uso do produto seleccionado de acordo com os pressupostos definidos, ou seja, um exemplo de aplicação dos

índices segundo a verificação da classificação atribuída ao produto de construção e sua confrontação com a respectiva classificação exigencial (quadro33).

Quadro 33 - Índices aplicáveis ao Factor F

Classificação do produto segundo a sua adequação ao uso	Índice aplicável
Possui classificação superior à exigida em todos os níveis	1,2
Possui a classificação mínima exigida	1,0
Inexistência de classificação de adequação ao uso aplicável ao produto	0,8

#### 4.3.8. FACTOR G – NÍVEL DE MANUTENÇÃO

A vida útil de referência de um elemento é indicada com o pressuposto que existirá um determinado nível de manutenção. O nível de manutenção deve considerar um conjunto de acções aplicadas aos produtos da construção acessíveis a acções de manutenção, reparação e/ou substituição, de modo a permitir que estes desempenhem a sua função durante o período de vida estimado.

A avaliação do nível de manutenção deverá ser considerada para todos os produtos de construção acessíveis a acções de manutenção, reparação e/ou substituição. Para os restantes produtos da construção deverá ser aplicado o índice 1,0 partindo do pressuposto que não serão sujeitos a este tipo de acções.

Os produtos de construção devem desempenhar a sua função de um modo satisfatório durante o período de vida para o qual são previstos na fase de projecto e para que isto seja possível devem ser aplicados de forma preventiva, ou não, um conjunto de acções para que tal seja possível. O nível de manutenção deve considerar precisamente esse conjunto de acções e podem ser entendidas como as operações de limpeza, incluindo lavagens, reparações e substituições de determinados produtos da construção [25].

Os produtos de construção, submetidos a acções decorrentes da utilização normal, devem apresentar, durante a totalidade do seu tempo de vida útil, um nível de desempenho idêntico ao inicial, mesmo que para tal sejam necessárias intervenções de manutenção, de reparação e/ou de substituição parcial de acordo com o definido pelo fabricante.

A periodicidade das intervenções está frequentemente relacionada com a agressividade do meio em que os produtos da construção vão estar inseridos e com a intensidade das solicitações a que os mesmos vão estar sujeitos [80].

Ao nível da manutenção é importante considerar os seguintes pontos para calcular o índice aplicável neste factor:

- se existe um plano de manutenção e encontra-se implementado;
- se as inspecções são ou não realizadas conforme o plano previsto;
- se as intervenções são adequadas em qualidade e em número;
- se o acesso aos componentes da fachada é fácil.

A classificação reVETIR proposta pelo Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) [11] permite avaliar a necessidade de manutenção e a facilidade de reparação em fachadas e esta pode ser divisível em dois grupos:

- **GRUPO I** referente às duas primeiras letras “r” e “e” onde se avalia a conservação;

- **GRUPO II** referente às restantes cinco letras “V”, “E”, “T”, “I” e “R” onde se avalia a aptidão de utilização em diferentes circunstâncias.

As características avaliadas são as seguintes:

**GRUPO I**

- r – Facilidade de reparação
- e - Necessidades de manutenção.

**GRUPO II**

- V - Resistência ao vento;
- E - Estanquidade à água;
- T - Resistência aos choques;
- I - Reacção ao fogo;
- R - Resistência térmica.

A proposta é específica para a avaliação de sistemas de isolamento térmico de fachadas pelo exterior, mas a especificidade da avaliação a este tipo de sistema reside nos critérios apresentados no Grupo II.

No presente estudo só serão considerados os critérios referentes ao Grupo I, na medida em que, se referem a uma classificação de âmbito mais genérico e, por isso, passível de aplicação a diferentes produtos da construção.

Em relação à facilidade de reparação (r), este critério caracteriza a facilidade de reparar e/ou substituir pontualmente um produto da construção. As classes de facilidade de reparação segundo a classificação reVETIR são apresentadas no quadro seguinte.

Quadro 34 - Classes de facilidade de reparação segundo a classificação reVETIR [11]

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

Relativamente às necessidades de manutenção (e), Este critério caracteriza as necessidades de conservação/manutenção de um produto da construção (quadro 35).

Quadro 35 - Classes de necessidades de manutenção segundo a classificação reVETIR [11]

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

Apresentam-se no quadro 36 os índices aplicáveis em função das necessidades de reparação e das necessidades de manutenção do produto de construção, tendo como pressuposto que quanto mais elevadas forem essas necessidades maior será a probabilidade de não serem satisfeitas pelo(s) proprietário(s) e conseqüentemente menor será o tempo de vida útil desses mesmos produtos. É de salientar que se trata apenas de um exemplo possível.

Quadro 36 - Índices aplicáveis ao Factor G

Classe de manutenção - e	Classe de reparação - r			
	R1	r2	r3	r4
e1	0,8	0,8	0,8	1,0
e2	0,8	0,8	1,0	1,2
e3	0,8	1,0	1,2	1,2
e4	0,8	1,0	1,2	1,2

#### 4.4. MATRIZ DE DURABILIDADE

Os índices aplicáveis ao respectivo factor referem-se à informação recolhida e mencionada nos capítulos anteriores, e pretendem adaptar ao caso concreto à proposta da referida norma. O quadro que se apresenta representa uma tabela síntese, denominada matriz de durabilidade, que se apresenta como um exemplo, ou seja, como um possível caso de aplicação deste método.

Quadro 37 – Matriz de Durabilidade

Factor A	Classificação segundo o fornecimento do produto à obra	Índice aplicável
	Com declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade	1,2
	Com declaração de conformidade Ce emitida pelo fabricante ou com Certificado de Qualidade	1,0
	Sem declaração de conformidade CE e sem Certificação	0,8

Níveis de qualidade de projecto		Índice aplicável	
Factor B	Projecto sem cumprimento do artigo 80º do D.L. 555/99	0,8	
	Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução memória descritiva com descrição sistemática das principais soluções construtivas adoptadas	1,0	
	Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução os Desenhos à escala adequada ao trabalho a executar em obra, a definição de todos os produtos a aplicar, bem como, Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas	1,2	

Factor C	Regularidade da fiscalização em obra	Qualificação da mão-de-obra	
		Qualificada	Não qualificada
	Regular	1,2	1,0
	Pontual	1,0	0,8
	Ausente	1,0	0,8

Factor D	Higroscopicidade	Exposição à humidade em locais interiores				
		EA	EB	EB+	EB++	EC
	Higroscópicos	1,2	1,0	0,8	0,8	---
	Não -Higroscópicos	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Factor E	Atmosfera	Zona Climática de Verão									
		V1			V2			V3			
Zona Climática de Inverno	Precipitação	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
	I1	E1*, E1+E4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0
		E2*, E2+E4	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,2	1,0	0,8
		E3*, E3+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E1+E5, E2+ E5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8
		E8, E9	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	I2	E1*, E1+E4	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		E2*, E2+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E3*, E3+E4	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E1+E5, E2+ E5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		E8, E9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	I3	E1*, E1+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E2*, E2+E4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
		E3*, E3+E4	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		E1+E5, E2+ E5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
E8, E9		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	

Factor F	Classificação do produto segundo a sua adequação ao uso		Índice aplicável
		Possui classificação superior à exigida em todos os níveis	1,2
		Possui a classificação mínima exigida	1
		Inexistência de classificação de adequação ao uso aplicável ao produto	0,8

Factor G	Classe de manutenção - e	Classe de reparação - r			
		R1	r2	r3	r4
	e1	0,8	0,8	0,8	1,0
	e2	0,8	0,8	1,0	1,2
	e3	0,8	1,0	1,2	1,2
e4	0,8	1,0	1,2	1,2	

# 5

## RECOLHA DE DADOS

### 5.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objectivo fornecer uma explicação da proveniência e do contexto em que se insere a informação recolhida e analisada que compõem a base de dados proposta.

A recolha e análise de dados é uma importante fonte de informação para este trabalho; trata-se de recompilar e avaliar todos os dados relativos com o tema para posterior integração dessa informação processada num sistema informático.

Os dados analisados provêm de fontes deliberadas que têm por objectivo salvaguardar os dados para o futuro e neles, está verificada a veracidade. Depois da recolha anárquica de dados e de informação foi necessário consolidar o conhecimento adquirido.

Para o efeito, foram analisados diversos documentos relacionados com o tema da durabilidade, dos quais se destacam dissertações para obtenção do grau mestre em engenharia civil, pós-graduações em durabilidade e seminários no âmbito de construções civis.

Esta documentação resulta de um trabalho que se desenvolveu na última década e é de extrema importância perceber a forma como foi desenvolvida e o contexto em que se insere.

Desta forma, a informação aqui descrita obedece à organização que terá a base de dados, ou seja, os materiais são agrupados pelos elementos onde são aplicados (fachadas, coberturas, pavimentos e aplicação em diversos locais).

### 5.2. FACHADAS

#### 5.2.1. CONSIDERAÇÕES

A fachada, como uma face de uma obra arquitectónica, uma face externa de uma edificação, principal ou complementar composta por elementos verticais, é um elemento principal de um edifício.

Para estudar os elementos que as compõem, foram analisados diversos documentos dos quais se destacam os que a seguir se enunciam.

#### 5.2.2. DURABILIDADE DO CONTRAPLACADO PARA REVESTIMENTOS DE PAREDES EXTERIORES

De forma a estudar a durabilidade do contraplacado para revestimentos de paredes exteriores foi analisado um Seminário de Construções Civas (FEUP), da autoria de Ana Lima e Márcio Monteiro [71]. Para o efeito, os autores realizaram uma abordagem sobre a informação e estrutura da madeira, uma vez que, o contraplacado provém desta. De acordo com o documento analisado, o contraplacado designa qualquer placa de derivado de madeira resultante da colagem de várias lâminas ou lençóis de madeira, dispostas umas sobre as outras com as fibras em direcções ortogonais, de forma a, conferir melhor estabilidade dimensional e aumento da resistência mecânica, tal com se pode verificar na figura 15.



Figura 15 – Contraplacado [124]

O processo de fabrico do contraplacado foi igualmente descrito no trabalho analisado.

O documento mencionado defende que a durabilidade do contraplacado é função da qualidade da colagem e das espécies de madeiras utilizadas; actualmente, com o progresso das indústrias químicas, a colagem tem evoluído de forma a corresponder às mais diversas exigências impostas ao contraplacado.

Os autores apresentaram as mais relevantes propriedades do material em questão para o estudo, de entre as quais, se destaca as seguintes:

- massa volúmica (por a resistência mecânica do material ser proporcional ao contraplacado);
- efeito do teor em água (já que a madeira é um material higroscópico, tem a capacidade de absorver ou libertar humidade relativa do ambiente);
- estabilidade dimensional (pela retracção, a propriedade de alterar as suas dimensões quando o teor em água se modifica constituindo um dos mais graves defeitos da madeira);

- resistência à humidade;
- reacção ao fogo (os seus constituintes favorecem a combustão);
- condutibilidade térmica (apresenta bons coeficientes de condutibilidade térmica devido à baixa densidade das espécies de madeira de origem);
- tensão de rotura à flexão e módulo de elasticidade à flexão;
- curvatura do contraplacado (pois é possível curvar o material em determinadas condições);

O documento estudado identificou os principais agentes de degradação da madeira, classificando-os em biológicos e não biológicos, a causa dos ataques, a forma como se desenvolvem no contraplacado e os efeitos resultantes de cada agente de degradação.

Os autores preconizam que a durabilidade do material em questão depende de dois factores: a durabilidade natural e a impregnabilidade enquanto a durabilidade de serviço do contraplacado depende não só da sua durabilidade natural como dos seguintes factores: peças difíceis de substituir ou renovar; a posição das peças pode apresentar um risco particular; risco excepcional de ataque por organismos específicos do local; exposição severa aos factores climáticos; orientação e inclinação das fachadas, localização geográfica e poluição e contaminação do meio.

O trabalho em análise refere algumas medidas preventivas para protecção da madeira pelo emprego de produtos químicos e os acabamentos superficiais de forma a protegê-la dos agentes atmosféricos e constante variação do teor de humidade. O transporte, manuseio e armazenamento do contraplacado é igualmente objecto de referência para minimizar os possíveis danos causados nas placas por impactos., bem como as instruções de fixação e colocação de juntas. Por fim, os autores descrevem um conjunto de condições de uso, manutenção e conservação de fachadas.

Posto isto, e depois de analisadas grande parte das características do contraplacado é efectuada uma estimativa da vida útil através do método factorial atribuindo um valor de 10 anos à vida útil de referência sem explicitar a proveniência desse valor.

### 5.2.3. DURABILIDADE DE REVESTIMENTO MONOMASSA

De forma a estudar a durabilidade dos revestimentos monomassa, foi analisado o Seminário de Construções 2 (FEUP-2003) cujos autores são Carla Antunes e Paulo Bastos [5]. Monomassa é a designação comercial do reboco monocamada e trata-se de um reboco não tradicional para o revestimento de fachadas. É um revestimento contínuo, e, por isso, aplicado numa única camada sobre a superfície de alvenaria, tijolo ou blocos, com a finalidade de protecção do edifício de acções exteriores (chuva, gelo, ...) e com finalidade estética (aparência agradável). De seguida, apresenta-se uma imagem de monomassa (figura 16).



Figura 16 – Monomassa [125]

Os autores estudaram a sua composição, as suas propriedades (leves, impermeáveis à água da chuva, permeáveis ao vapor de água, grande aderência, elasticidade, resistente, rendimento, facilidade e rapidez de colocação, manutenção, estética); identificaram algumas limitações (fissuração, protecção com caleiras, não aplicação em superfícies inclinadas, não uso de tonalidades escuras).

Neste documento também foi feita referência aos textos regulamentares existentes sobre monomassas de forma a poder identificar as exigências de desempenho aplicável como os documentos de homologação, *Certification CSTB des enduits monocouches d'imperméabilisation – cahier des prescriptions techniques d'emploi et de mise en oeuvre* e *Classification MERUC*.

Os autores identificaram as patologias associadas aos revestimentos monomassa, determinaram as suas causas e exemplificaram com fotografias elucidativas. Das patologias mais frequentes destacaram-se a diferença de tonalidade, o sombreamento ou transparências, as carbonatações, a sujidade, a fissuração, a falta de aderência, as falhas de impermeabilidade e a falta de resistência.

Foi também enunciada um conjunto de recomendações para a prevenção da degradação.

O método factorial foi, então aplicado através de uma proposta de matriz de durabilidade não se atribuindo um valor à vida útil de referência.

De forma a explorar com um maior significado a durabilidade de revestimentos monomassa, analisou-se um documento redigido no âmbito da disciplina de durabilidade do Curso de Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado intitulado “Durabilidade do Revestimento de Monocamada – Vida Útil do Material elaborado por Nuri Xilandra Velosa Ribeiro Morgado Castanheira de Fevereiro de 2009 [20].

Monomassa, tal como foi referido, é a designação comercial atribuída à monocamada.

Os autores, neste documento, procederam à caracterização do material através de uma descrição da sua apresentação comercial, do modo como se há-de proceder a uma potencial encomenda, à respectiva marca CE e Homologação e às condições climatéricas ideais para a sua aplicação.

No referido trabalho foi igualmente descrita o seu modo de preparação, de forma a que, pudesse obter as características ideais para o seu desempenho, a sua correcta aplicação de forma a evitar patologias futuras e identificadas as anomalias mais frequentes, bem como, o aspecto que lhe é atribuído e as causas.

As vantagens e desvantagens da aplicação da monomassa, as exigências funcionais, os factores que afectam a durabilidade e a quantificação da durabilidade foram também alvo de estudo pelos autores para que fossem criadas condições para proporem uma matriz de durabilidade.

A vida útil de referência atribuída para este material foi de 25 anos; os autores não fizeram referência a fontes bibliográficas consultadas nem no que se basearam para a atribuição deste valor.

#### 5.2.4. DURABILIDADE DE PINTURAS EXTERIORES SOBRE REBOCO

Com o objectivo de estimar a vida útil de pinturas exteriores sobre reboco foi estudada a dissertação para obtenção do grau mestre em engenharia civil (FEUP) da autoria de André Filipe Oliveira Fontes de 2010 [50].

Tinta pode ser definida como uma composição líquida, geralmente viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente ao substrato. A sua aplicação em fachadas exteriores é demonstrada na figura seguinte.



Figura 17 – Pintura exterior sobre reboco [126]

O autor fez uma abordagem histórica das pinturas exteriores, apresentou um conjunto de definições e terminologia relacionada com o tema, descreveu a composição das tintas, classificou-as, identificou alguns processos e condições de aplicação, descreveu formas de controlo de qualidade.

Foi efectuado, neste trabalho uma caracterização exaustiva dos revestimentos por pintura, assim como identificadas as patologias mais frequentes e respectivos agentes de degradação com imagens demonstrativas, de forma a que, seja possível identificar os factores modificadores a aplicar no método factorial.

Este método foi aplicado a dois casos de estudo considerando diferentes características e diferentes localizações, sendo que, para cada caso foram simuladas duas situações com alteração de alguns factores de forma a analisar os diferentes valores obtidos e a importância da alteração desses.

A vida útil de referência foi atribuída (8 anos) com base em bibliografia onde é apresentado uma expectativa de vida para vários componentes usados na construção. A estimativa considerada foi fornecida principalmente pela indústria ou fabricantes que produzem determinado componente e são fruto do desenvolvimento do trabalho efectuado pela *National Association of Home Builders (NAHB) Economics Department* baseado num levantamento realizado junto dos fabricantes.

#### 5.2.5. DURABILIDADE DE REVESTIMENTOS EXTERIORES POR PINTURA

De forma a complementar a informação relacionada com tintas aplicadas no exterior, foi objecto de análise o seminário de construções civis intitulado “Durabilidade de Revestimentos Exteriores por Pintura” elaborado por Luís Miguel Rodrigues Fernandes e Daniel Sérgio Névoa Maia na FEUP no ano lectivo 2004/2005 [45].

Os autores identificaram a natureza e principais características dos constituintes das tintas, classificaram as tintas baseando-se em critérios como a natureza do veículo volátil, a natureza do veículo fixo e o fim a que se destina, identificaram as exigências de desempenho aplicáveis, os agentes de degradação, as anomalias e as suas causas (com imagens elucidativas) e apresentaram uma síntese de recomendações para a prevenção da degradação.

O documento analisado apresenta também uma descrição exhaustiva de textos normativos e regulamentares para uma melhor caracterização dos revestimentos exteriores por pintura.

Os autores apresentam uma proposta de matriz de durabilidade onde a vida útil de referência é atribuída segundo informações recolhidas em bibliografia relacionada com o tema da durabilidade, com contactos estabelecidos com os técnicos de várias empresas do sector, e com observação de vários edifícios com este tipo de revestimentos e toma o valor de 5 anos.

#### 5.2.6. DURABILIDADE DE TINTAS

Um outro documento relacionado com o tema “Tintas” foi estudado; foi realizado no âmbito de um seminário de construções civis, na FEUP, no ano de 2005 e os autores são: Ana João Carneiro Nicolau e Pedro Ricardo G. Durães Barbosa [14].

Os autores fazem uma caracterização das tintas, descrevem a sua evolução histórica, identificam os componentes das tintas, descrevem o seu processo de fabrico, classificam-nas e referem as principais propriedades das tintas.

O documento analisado descreve também um conjunto de exigências de desempenho dos revestimentos por pintura, na medida em que, as tintas devem possuir determinadas propriedades consoante o fim a que se destinam que variam dependendo se são aplicadas no exterior ou no interior.

As patologias mais comuns são também descritas, identificadas as suas causas e exemplificadas com figuras, bem como, a identificadas, corrigidas e prevenidas as falhas na superfície ou na pintura.

Este seminário apresenta, igualmente, uma síntese de recomendações para a prevenção da degradação.

Os autores evidenciam a importância do processo de construção no controlo de patologias e mencionam os principais cuidados dentro do processo construtivo que visam a diminuição das actividades de manutenção e controlo do aparecimento de manifestações patológicas na edificação.

Tal como no caso anterior, os agentes de degradação são também identificados e medidos os seus efeitos.

O método factorial para tintas interiores é aplicado a dois edifícios executados pela mesma identidade e com características semelhantes no que diz respeito à qualidade, mas com diferentes utilizações: unifamiliar e estabelecimento comercial (café). O método factorial para tintas exteriores é aplicado a duas habitações implantadas no mesmo local mas executadas por entidades diferentes.

A vida útil de referência para pinturas interiores e exteriores foi atribuída com igual valor, uma vez que, embora as pinturas exteriores estejam susceptíveis a mais agressões, são também de maior qualidade e resistência, em relação às pinturas interiores. O valor considerado para a vida útil de referência foi estimado tendo em conta a informação recolhida na bibliografia relacionada com o tema e contactos estabelecidos com técnicos de algumas empresas do sector e tomou o valor de 5 anos.

#### 5.2.7. DURABILIDADE DE TINTAS INTERIORES

O seminário de construções civis intitulado “Tintas Interiores” realizado na FEUP, no ano de 2004 por Hélder Filipe Portela e Olivério Ribeiro Mendes foi igualmente analisado [83]. A figura 18 ilustra a aplicação de tintas interiores.



Figura 18 – Exemplo de aplicação de tintas interiores [127]

Neste documento os autores evidenciam a influência do processo produtivo no controlo de patologias e na manutenção, na medida em que, a qualidade obtida em cada etapa do processo tem a sua devida importância no resultado final do produto.

Há semelhança dos documentos já analisados, referido anteriormente e relacionados com o tema, os autores efectuem uma caracterização das tintas através de uma evolução histórica destas, identificação de matérias-primas e constituintes das tintas, descrição do processo de fabrico, classificação das tintas e descrição das propriedades dos produtos de pintura e filmes de tinta.

As patologias em tintas interiores são também identificadas, ilustradas com fotografias, identificadas as possíveis causas e apresentação de potenciais soluções. O desempenho dos revestimentos de pintura é igualmente explicitado, bem como descritas as precauções a ter em conta na aplicação da tinta e os critérios para a escolha da tinta certa.

Tal como nos documentos anteriores, os agentes de degradação são mencionados.

A vida útil foi estimada por aplicação do método factorial para diversos casos, variando as opções dos factores modificadores e a vida útil de referência foi adoptada (5 anos) segundo informações recolhidas em bibliografia relacionada com o tema da durabilidade.

#### 5.2.8. DURABILIDADE DE PLACAS PERFILADAS DE FIBROCIMENTO

O fibrocimento ou asbeto-cimento é um composto de cimento com 10 a 15% de amianto muito comum em edifícios patrimoniais constituindo uma solução muito comum para o problema das empenas “cegas”, aplicada como um sistema de protecção dessas mesmas empenas. Devido ao amianto ter sido considerado um agente cancerígeno o seu uso está posto de parte.

Este material foi objecto de estudo por Marco Reis, em 2009 na FEUP, no âmbito da disciplina de durabilidade inserido no curso de Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado com o nome “Estudo de Matriz de Durabilidade – Placas Perfiladas de Fibrocimento” [96]. Apresenta-se de seguida uma fotografia de uma placa perfilada de fibrocimento (figura19).



Figura 19 – Placa de fibrocimento [128]

No documento analisado, os autores procederam a uma descrição da composição do material em estudo, a uma caracterização do seu aspecto e acabamento e foi mencionada também os seus sistemas de fixação.

Os autores fizeram, igualmente, referência aos textos normativos e regulamentares aplicados ao fibrocimento, identificaram o seu campo de aplicação e com base nisto procederam à definição de alguns termos relacionados.

De forma a ser possível apresentar a matriz de durabilidade deste material foram identificadas as suas exigências de desempenho aplicáveis, ilustradas com fotografias que descrevem as patologias mais frequentes e, conseqüentemente, identificados os agentes de degradação.

Foi apresentada a sua matriz de durabilidade e, por isso, a sua vida útil estimada em função de uma variável “y”, uma vez que, os autores não encontraram um valor para atribuir.

#### 5.2.9. DURABILIDADE DE PAINÉIS FENÓLICOS (HPL) PARA EXTERIOR

O estudo da durabilidade de painéis fenólicos (HPL) para exterior foi baseado num estudo avançado em Reabilitação do Património Edificado efectuado por Ana Raquel Marques Simões em Fevereiro de 2010 intitulado “Durabilidade – Painéis Fenólicos (HPL) para Exterior” [109].

Este material, com o aspecto que pode ser visualizado na figura seguinte, é normalmente formado por lâminas de papel Kraft impregnadas em resinas fenólicas com aplicações em variados locais dos quais

de destacam o revestimento de fachadas ventiladas, varandas, equipamentos infantis e mobiliário urbano e paredes. As características deste material que importam sublinhar são: a resistência às amplitudes térmicas; fácil limpeza; trata-se de um produto bastante eficaz face a agressões mecânicas; possui uma boa performance ao fogo; é anti-estático; de fácil manuseamento sendo ao mesmo tempo um produto amigo do ambiente.

Na figura seguinte apresenta-se um exemplo de aplicação de um painel fenólico (HPL) para exterior.



Figura 20 – Exemplo de aplicação de painel fenólico (HPL) para exterior [129]

Este estudo nasceu da necessidade de conhecimento do comportamento destes painéis fenólicos, ou seja, do seu desempenho e da sua interacção com outros elementos construtivos por se tratar de um material de aplicação relativamente recente.

O objectivo do documento analisado era, então, utilizar o Método Factorial para recolher e tratar informação existente sobre aplicação dos painéis fenólicos no exterior, projectando-se o seu desempenho ao nível da durabilidade e analisando os seus diversos condicionantes.

Para o efeito, o autor procedeu à definição e caracterização dos sistemas de fachadas ventiladas e apresentaram as vantagens da sua aplicação; a constituição dos painéis fenólicos foi também referida, bem como o seu campo de aplicação e as suas classificações.

O documento analisado efectua igualmente uma caracterização mais exaustiva das propriedades dos painéis fenólicos, em consonância com o enquadramento normativo para aplicação deste material como revestimento exterior. Fazem-se referência à norma europeia, aos métodos de ensaio relevantes (escala de cinzas, ensaio de resistência à radiação UV, ensaio de resistência ao choque, ensaios de deformação, ensaios de carga ao vento para um sistema com fixação mecânica) e apresenta uma tabela com as características dos painéis fenólicos a nível de densidade, módulo de elasticidade, resistência à flexão e resistência à acção da humidade.

As exigências de desempenho para este material foram identificadas para que possam ser aptos para aplicação e uso durante um determinado intervalo de tempo, tais como: resistência mecânica, segurança contra incêndios, higiene, saúde e ambiente, segurança na utilização, conforto acústico, economia de energia e isolamento térmico, conforto visual, conforto táctil, durabilidade e manutenção.

No âmbito de estudo da durabilidade de painéis fenólicos aplicados em exterior foram apresentados dois casos de edifícios que apresentam danos no revestimento: uma moradia unifamiliar em Aveiro e um edifício de habitação multifamiliar no Porto. No primeiro caso, a habitação estava sujeita a forte

acção do vento dominantes na zona litoral e no segundo o revestimento de fachada estava sujeito à acção de choques por se tratar de um revestimento de fachada junto ao passeio público. Para ambos os casos, foram identificados os danos detectados nos painéis, ilustrados com fotografias e detectadas as suas causas.

Depois de identificados os agentes de degradação mais relevantes e identificados os factores modificadores foi possível apresentar uma proposta de matriz de caracterização de durabilidade.

A vida útil de referência considerada foi a atribuída a um painel fenólico do tipo EDF com o valor de 20 anos. Este valor, segundo o autor, constava de um certificado de durabilidade emitido em 1999 por um laboratório austríaco onde são apresentados os resultados do ensaio de longa duração, in situ, a decorrer desde 1978 num edifício perto de Viena, Áustria.

Por outro lado, a vida útil de referência, segundo Avis Technique 2/07-1265 emitido pelo CSTB, baseada em ensaios de degradação artificial e verificação de desempenhos satisfatórios anteriores, permitem considerar uma vida útil de referência de 30 anos sob condições normais de exposição.

#### 5.2.10. DURABILIDADE DE MADEIRA MODIFICADA TERMICAMENTE

Por se tratar de um material com crescente procura como revestimento e por ser uma solução ecológica, foi avaliada a madeira como revestimento exterior de fachadas.

Para o efeito foi estudado um documento intitulado “Revestimento Exterior em Madeira – Madeira Modificada Termicamente” de Joana Isabel Mamede Guerreiro Silva no âmbito de Estudos Avançados em Reabilitação do Património Edificado na FEUP no ano lectivo 2009/2010 [106].

A madeira é modificada sendo sujeita à acção conjugada de temperatura e vapor, sem adição de químicos ou de outras substâncias. Estes processos alteram de forma permanente a composição química e física da madeira.

Na figura 21, mostra-se um exemplo de aplicação deste material.



Figura 21 – Exemplo de aplicação da madeira modificada termicamente [130]

A autora procedeu à caracterização do material, ou seja, procurou explicar como se insere a madeira como revestimento numa fachada ventilada, explicou o processo de modificação térmica, os efeitos da madeira, o acabamento, as dimensões das peças, os sistemas de fixação e os efeitos ecológicos que advém da sua produção.

O documento analisado fez também referência às normas nacionais e internacionais de diversos sistemas aplicáveis à madeira modificada termicamente e ao seu sistema construtivo.

As exigências de desempenho foram identificadas, das quais: resistência ao vento, estanqueidade à água, durabilidade e compatibilidade com o suporte bem como as patologias mais frequentes e, por isso, os agentes de degradação.

Depois de identificados os factores modificadores e a vida útil de referência o autor apresenta uma proposta de matriz caracterização da durabilidade e a partir daí estimada a vida útil da madeira modificada termicamente.

Em relação à vida útil de referência, o documento explica que a Finnish Thermowood Association solicitou à BRE – Quality Management System (uma organização britânica independente e imparcial, de investigação e experimentação) que procedesse à certificação da avaliação do ciclo de vida deste material. Esta entidade atribuiu uma vida útil estimada de 30 anos a este material e, por isso, 25 anos de vida útil de referência, tendo em conta os três seguintes factores:

- aplicação de acabamento transparente pigmentado;
- melhores práticas de execução;
- execução seguindo o guia do fabricante.

Esta entidade indicou uma vida útil de referência de 10 anos no caso de não ser aplicado no material qualquer acabamento, ou seja, no caso de ser desejado que se note o envelhecimento natural do material, adquirindo uma tonalidade acinzentada.

#### 5.2.11. DURABILIDADE DO REBOCO EXTERIOR

De forma a estimar a vida útil do reboco exterior, foi analisado um Seminário de Construções Civas, elaborado por Joana Carvalho, Marta Teles e Sónia Silva, na FEUP no ano lectivo de 2003/2004 [19].

Os rebocos definem-se como argamassas de ligante mineral ou inorgânico, constituídos por uma mistura em pasta composta de: cimento, cal, areias naturais e ainda adjuvantes, aditivos e fibras disseminadas na pasta ou sob forma de rede. Pretende-se demonstrar a sua aplicação na figura 22.

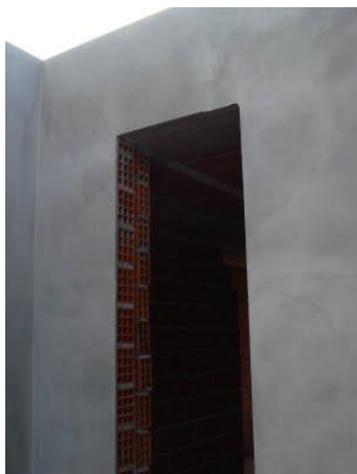


Figura 22 – Reboco aplicado numa superfície exterior [131]

As autoras procederam a uma caracterização da composição dos rebocos; identificaram as exigências funcionais a cumprir pelos rebocos, as suas principais características, a constituição do reboco e as tecnologias de aplicação em obra.

De seguida, o documento apresenta um conjunto de dados relativos a anomalias detectadas no reboco de diferentes casos de estudo e resultado de um trabalho de campo. No entanto, o seminário em análise não apresenta uma matriz de durabilidade nem contém indicação da vida útil de referência deste material.

Foi então analisada uma Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado cujo nome é: “Durabilidade – Proposta de Matriz de Caracterização da Durabilidade do Reboco Exterior” de Sandra Rego, efectuada na FEUP em Fevereiro de 2009 [95].

A autora apresenta uma caracterização exaustiva deste item da construção, apresenta uma recolha de textos normativos, regulamentares ou outros e identifica as exigências de desempenho aplicáveis.

O documento em estudo contém ainda um levantamento fotográfico de patologias associadas ao elemento em estudo, resultado de uma inspecção de edifícios. Foi feita a descrição das principais patologias e determinadas as suas principais causas; identificados os agentes de degradação mais importantes e proposta a matriz de caracterização de durabilidade do reboco.

No entanto, não foi feita qualquer referência à vida útil de referência.

#### 5.2.12. DURABILIDADE DE FACHADAS VENTILADAS

No sentido de estimar a vida útil de fachadas ventiladas foi estudado um Seminário de Construções Civas intitulado “Durabilidade de Fachadas Ventiladas” realizado por Adolfo Pires Rites e Luísa Eugénia Marques da Silva e Sá no ano lectivo de 2005/2006 [99].

A fachada ventilada pode ser definida como um sistema de protecção e revestimento exterior de edifícios, caracterizado pelo afastamento entre a parede do edifício e o revestimento, criando, assim, uma câmara-de-ar em movimento. O adjectivo “ventilada” deriva, exactamente, desta câmara-de-ar que permite a ventilação natural e contínua da parede do edifício, através do efeito de chaminé (o ar entra frio pela parte inferior e sai quente pela parte superior), tal como se pode verificar na figura 23. Deste modo com o “arejamento” da parede, evitam-se as comuns humidades e condensações características das fachadas tradicionais e, consequentemente, consegue-se um maior conforto térmico. Daí ser o sistema mais utilizado na construção moderna assumindo-se como a solução mais eficiente na resolução de problemas de isolamento térmico de edifícios, ao mesmo tempo que permite conceber projectos de elevada qualidade estética e funcional. A fachada ventilada tem, ainda, como outras vantagens a montagem fácil e a possibilidade de colocação das instalações eléctricas e sanitárias no espaço criado entre a parede e o revestimento.

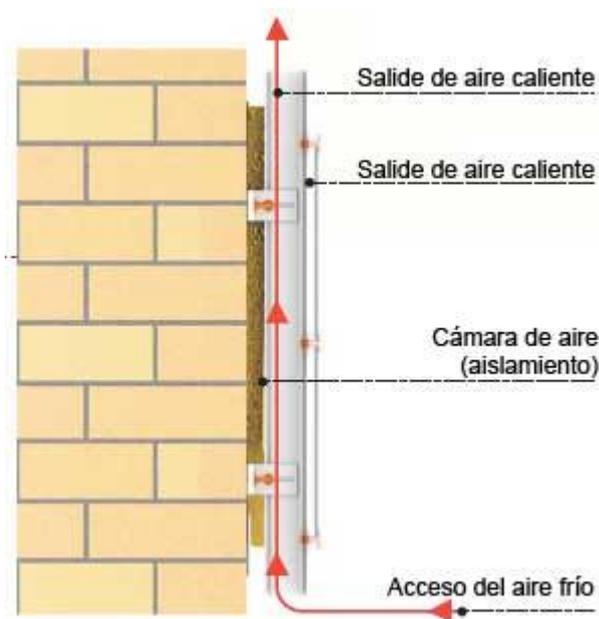


Figura 23 – Fachada ventilada – efeito chaminé [132]

Os autores pretendiam que o trabalho incidisse sobre os aspectos relacionados com a vida útil funcional das construções, através da proposta e desenvolvimento da aplicação da metodologia do Projecto para a Durabilidade aplicada a um sistema de construção: as fachadas ventiladas. Devido ao grande número de opções possíveis para o revestimento exterior destas fachadas, os autores optaram por estudar as fachadas com revestimento exterior de placas de pedra natural, artificial e betão pré-fabricado.

Os autores procederam à caracterização dos produtos aplicados neste sistema de acordo com as suas propriedades mais importantes, indicaram a documentação de referência que lhes serviu de base à elaboração do documento e identificaram as exigências de desempenho da envolvente vertical opaca dos edifícios.

As patologias associadas às fachadas ventiladas foram ilustradas através de fotografias de casos reais e podem dever-se a fungos, algas, deficiente montagem da fachada, má execução da fachada, quebras devido a choques, fissuras, manchas nas fachadas, degradação, escamação, ferrugem, sujidade e vandalismo.

Os autores fizeram referência ao Método Factorial, identificaram os factores modificadores, no entanto não apresentaram a matriz de caracterização de durabilidade para as fachadas ventiladas.

A vida útil de referência atribuída às fachadas ventiladas foi 50 anos; não foi indicada qualquer fonte ou proveniência desta informação.

### 5.2.13. DURABILIDADE DE FACHADAS VENTILADAS REVESTIDAS COM PLACAS DE GRANITO

Para avaliar a durabilidade das fachadas ventiladas revestidas com placas de granito foi estudado o Seminário de Construções 2 intitulado: “Revestimentos em Placas de Granito das Fachadas da FEUP”,

de Bernardo Azevedo Teixeira e Fernando Carvalho de Sousa elaborado na FEUP em Junho de 2003 [111].



Figura 24 – Fachada ventilada revestida a pedra natural (granito) aplicada na FEUP [133]

O seu objectivo principal era analisar e estudar este sistema construtivo (fachada ventilada revestida a granito da FEUP, que tem a configuração da figura anterior) de forma a aplicar a metodologia do “Projecto para a Durabilidade”.

Para o efeito os autores caracterizaram exaustivamente os revestimentos de fachadas com pedra natural, neste caso, o granito; mencionaram a regulamentação e as normas pelas quais de regeram e identificaram as exigências funcionais aplicáveis.

Os autores procederam a uma inspecção do edifício e tiveram a oportunidade de realizar alguns ensaios relativos às patologias mais frequentes; foram também identificados os agentes de degradação mais importantes e indicaram-se os factores influentes na vida útil.

Os autores descreveram o Método Factorial, identificaram os factores modificadores mas não apresentaram a matriz de caracterização da durabilidade referente a este caso.

Em relação à vida útil de referência, o valor atribuído foi de 50 anos por consulta de diversa bibliografia.

#### 5.2.14. DURABILIDADE DE FACHADAS VENTILADAS COM REVESTIMENTO A PEDRA NATURAL

Uma vez que os casos anteriores analisados não continham matrizes de caracterização da durabilidade, procedeu-se ao estudo de um Seminário de Construções Civas intitulado “Fachada Ventilada com revestimento a pedra natural” de Fausto Costa e Nuno Gonçalves realizado na FEUP [30].

Os autores, à semelhança dos outros casos já analisados procederam a uma descrição das fachadas ventiladas; à caracterização dos seus elementos constituintes; identificaram os textos normativos e regulamentares e identificaram as exigências de desempenho aplicáveis.

O documento refere ainda a certificação dos produtos caracterizados, identifica os agentes de degradação das fachadas ventiladas e as suas causas e menciona os factores influentes na vida útil das fachadas ventiladas revestidas com pedra natural.

Os autores apresentam uma proposta de matriz de caracterização do material mas não fazem menção à vida útil de referência.

#### 5.2.15. DURABILIDADE DO ETICS

O ETICS são todos os isolamentos térmicos pré-fabricados que se colocam sobre suportes exteriores da fachada, sobre os quais se dispõe uma ou várias camadas de reboco armado e se finaliza com um acabamento plástico com uma certa espessura, como se pode ver na figura seguinte.

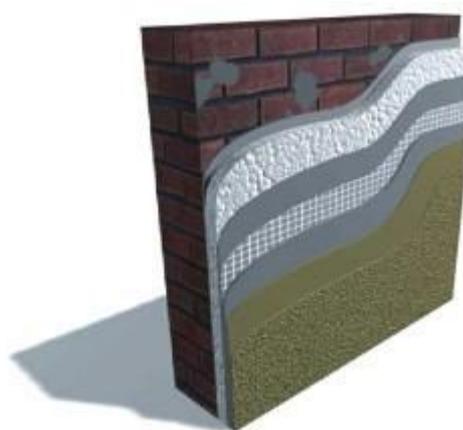


Figura 25 – ETICS [134]

De forma a estudar a durabilidade deste material foi analisada uma dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil – especialização em Construções, na FEUP, intitulada “Durabilidade na Construção. Estimativa da vida útil – ETICS” de Luís Filipe Tavares Teixeira de Sousa em Setembro de 2010 [112].

O autor procurou, numa primeira fase, caracterizar este material através da apresentação e descrição dos seus componentes e de seguida, apresentou um enquadramento normativo deste material.

A degradação do sistema foi igualmente alvo de estudo por parte do autor, através da identificação das principais anomalias e, conseqüentemente, as respectivas causas e medidas preventivas. Estas anomalias detectadas foram ilustradas com fotografias exemplificativas principalmente de edifícios da FEUP. Os agentes de degradação foram também identificados, bem como os factores influentes na vida útil dos ETICS.

Posto isto, e depois de reunidas todas as condições necessárias, o autor aplicou o Método Factorial ao material em causa aplicado a um edifício de habitação multifamiliar com 3 pisos, situado em Mafamude, Vila Nova de Gaia.

Em relação ao valor atribuído à vida útil de referência do ETICS, o autor menciona que existem vários documentos que apresentam diferentes valores. O CSTB (23) e a UEAtc (74) consideram este valor como 30 anos. Já o valor proposto pela ETAG 004 é mais conservativo e menciona 25 anos para a vida útil de referência deste material e este foi o valor aplicado no estudo em questão.

Ainda no âmbito da durabilidade do ETICS foi estudado um outro trabalho realizado por João Pedro Machado Silva, uma Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, realizada na FEUP, no ano lectivo 2009/2010 [108].

O documento apresenta um índice em tudo semelhante ao anterior, contudo, os casos de estudo apresentados têm localizações distintas: um localizado em Coimbra, mais concretamente nos quatro edifícios do Pólo II da Universidade de Coimbra (DEC; IPN; DEI; DEEC) e o outro caso de estudo trata-se de um conjunto de edifícios na Alemanha, onde os primeiros dados obtidos têm início em meados de 1975.

Estes dois casos são objectivamente distintos no tempo de aplicação/execução do ETICS e da longevidade do estudo/inspecções, assim como das agressões ambientais exteriores a que estão sujeitos.

Apesar de ser apresentada a matriz de caracterização da durabilidade e respectivas vidas úteis estimadas, não atribuem qualquer valor à vida útil de referência.

Para complementar o estudo da durabilidade do reboco delgado armado sobre poliestireno expandido – ETICS foi analisada uma Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado elaborada na FEUP no ano lectivo 2008/2009 por Carlos Alberto M. Alves de Paiva com o título: “Durabilidade – Reboco Delgado Armado sobre Poliestireno Expandido – ETICS” [88].

O método seguido para o desenvolvimento do trabalho foi em tudo idêntico aos dois casos anteriores, contudo, no presente caso de estudo, o autor atribuiu uma vida útil de referência de 33 anos por considerar o sistema ETICS, um elemento constituinte do edifício substituível, não fazendo referência a fontes bibliográficas.

#### 5.2.16. DURABILIDADE DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS EM FACHADAS

A aplicação da cerâmica enquanto revestimento (ver figura seguinte), teve o seu início nas civilizações do Oriente e em Portugal desenvolveram-se por processos que podem ser considerados marcadamente independentes no que diz respeito a revestimento de paredes interiores, de fachadas e de pavimentos. As suas características estéticas e funcionais traduzem-se numa arquitectura de linhas menos pesadas, reduzindo os custos de conservação e manutenção, já que é refractário à acção do sol e impede a corrosão das paredes pela humidade.

A cerâmica de revestimento é obtida por cozedura a altas temperaturas da mistura de argilas e outras matérias-primas inorgânicas quase sempre moldados conforme o fim a que se destinam.

A figura 26 mostra um exemplo da sua aplicação em fachadas.



Figura 26 – Revestimentos cerâmicos colados em fachadas [135]

Este estudo teve, inicialmente, por base um Seminário de Construções Civas intitulado “Durabilidade de Revestimentos Cerâmicos colados em Paredes Exteriores” de Hugo Miguel Parente Lima realizado na FEUP em 2001 [72].

O autor iniciou o seu estudo efectuando um enquadramento do sistema de revestimento e identificando os factores que intervêm na durabilidade dos revestimentos.

Posteriormente, foi estudado o comportamento dos revestimentos cerâmicos através de experiências sobre durabilidade, tais como: tensões térmicas em revestimentos cerâmicos e colas orgânicas para uso em revestimento cerâmicos exteriores.

De seguida, foram apresentadas as patologias mais correntes em ladrilhos cerâmicos, ilustradas com fotografias demonstrativas, identificadas as causas mais prováveis e as medidas a adoptar para redução do seu risco de ocorrência.

O estudo do autor termina com uma referência a inovações e defeitos de fabrico dos ladrilhos cerâmicos sem apresentarem a matriz de durabilidade e sem fazerem referência à vida útil de referência.

Com o objectivo de estudar a sua durabilidade foi consultado um Seminário de Construções Civas redigido por Henrique Ferreira e Susana Fernandes, na FEUP em Dezembro de 2006, cujo título é “Durabilidade dos Revestimentos Cerâmicos colados em Fachadas” [46].

Os autores, numa primeira instância, caracterizaram os revestimentos cerâmicos através da identificação das suas matérias-primas, a descrição do processo de fabrico, identificou as suas propriedades gerais, a sua aplicabilidade, as suas características específicas e as procurou caracterizar geralmente o sistema.

No documento em questão é analisado também os textos normativos e regulamentares e são identificadas as exigências de desempenho aplicáveis.

À semelhança do que acontece nos estudos de durabilidade dos outros materiais já analisados, também neste se procedeu a uma inspecção de edifícios e se identificou algumas patologias associadas aos revestimentos cerâmicos em paredes, devidamente ilustrados com fotografias, e se identificou os principais agentes de degradação.

A matriz de caracterização de durabilidade foi apresentada, no entanto, os autores referem que não foi possível obter um valor para a vida útil de referência de acordo com a metodologia proposta pela norma. Foi atribuído o valor de 40 anos para a vida útil de referência de acordo com a relação da durabilidade das construções em função da durabilidade dos produtos, segundo a EOTA e dos valores mínimos para a durabilidade do edifício e seus componentes indicado na norma ISO 15686-1.

Uma vez que não foi possível obter um valor para a vida útil de referência baseado na metodologia prevista na norma, procedeu-se à análise de um outro documento com um tema relacionado. Trata-se de um Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil elaborado por Carlos Alvarino da Silva Lopes, elaborado em Junho de 2009 na FEUP [75].

O autor desenvolveu o seu relatório da mesma forma que o anterior, a nível de desenvolvimento de texto, e aplicou o Método Factorial a dois casos de estudo. O primeiro caso de estudo localizado em Espinho e o segundo em Loulé e de seguida apresentou as respectivas matrizes de durabilidade, e por isso, as respectivas vidas úteis estimadas.

Em relação à vida útil de referência, o autor menciona que a pesquisa que efectuou revelou-se pouco conclusiva porque não existem dados fornecidos pelos fabricantes, nem encontrou nenhum dado de experiências anteriores. Como tal, apresenta o valor de 35 anos para a vida útil de referência dos revestimentos cerâmicos baseado em bibliografia relacionado com o tema da durabilidade, sem ter conhecimento do método utilizado e em que condições foi determinado. Aconselha, igualmente, a aplicar este valor com alguma reserva.

Um outro seminário com o título “Durabilidade da Construção. Revestimentos Cerâmicos colados em Fachadas de Edifícios” elaborado por Isabel Maria Noronha Resende Horta e Fernando Manuel Vieira Pereira, na FEUP, em Dezembro de 2004 [60].

Os autores apresentam uma proposta de matriz de durabilidade e referem que a vida útil de referência é um valor não limitativo, isto é, um revestimento cerâmico actual concebido por processos de fabrico inovadores, não poroso que resista principalmente ao fendilhamento (ensaiado em testes de performance) tem uma vida útil de referência em muito superior à vida de uma construção. O mesmo não acontecia antigamente em que se usavam azulejos em fachadas, muito porosos. Actualmente, com produtos como o porcelânico ou mesmo o grés comercializados no mercado nacional superaram-se muitos dos problemas existentes.

Posto isto, os autores consideraram que a estimativa da vida útil não fazia muito sentido dada a longevidade dos produtos actualmente existentes. Desta forma, a sua vida útil está condicionada por factores extrínsecos ao próprio cerâmico, como por exemplo, devido à localização, severidade do ambiente, uso, etc.

Os aspectos referidos tiveram por base uma conversa entre os autores do documento e um engenheiro da Durabilidade da RECER.

#### 5.2.17. DURABILIDADE DA PASTILHA CERÂMICA

A pastilha cerâmica trata-se de uma solução de revestimento, essencialmente de fachadas exteriores que são um caso comum na arquitectura portuguesa. A figura seguinte ilustra uma aplicação da pastilha cerâmica.



Figura 27 – Pastilha cerâmica [136]

Para estudar este material foi analisado um Seminário de Construções Civas da autoria de César Luís Ribeiro da Silva Alves da Costa e João Paulo Alves Gonçalves Silva realizado na FEUP, no ano lectivo 2005/2006 [29].

Primeiramente foi caracterizado este item de construção através da identificação da matéria-prima dos cerâmicos, das propriedades gerais dos cerâmicos e das propriedades da pastilha cerâmica.

De seguida, foi efectuada uma recolha de textos normativos e regulamentares e identificadas as exigências de desempenho aplicáveis. À semelhança dos outros casos cerâmicos, também foi efectuada uma inspecção a diversos edifícios situados na cidade do Porto, ilustrados com fotografias e identificados os agentes de degradação.

O autor apresentou uma proposta de matriz de durabilidade, no entanto, não mencionou a vida útil de referência.

#### 5.2.18. DURABILIDADE DO BETÃO REFORÇADO COM FIBRAS DE VIDRO

O betão reforçado com fibras de vidro (figura 28), conhecido também por G.R.C. (Glassfibre Reinforced Concrete), é um produto composto concebido, para, através da introdução de fibras de vidro resistentes à alcalinidade e incombustíveis, assim como incomburentes, na argamassa de betão (cimento Portland e areia silicosa) – denominada matriz -, poder proporcionar a execução de pré-fabricados com um peso da ordem dos cerca de 70Kg/m<sup>2</sup>.



Figura 28 – Betão reforçado com fibras de vidro [155]

Desta forma, este material poderá ser considerado uma revolução no campo da pré-fabricação, proporcionando assim a execução de elementos decorativos e substancialmente mais leves, descarregando desta forma, esforços devidos ao peso próprio menores sobre as estruturas e economizando também valores substanciais em termos de meios de elevação.

Pelo exposto, de forma a estudar a durabilidade deste material, foi analisado um Seminário de Construções Civas, denominado “Durabilidade da Construção – Betão Reforçado com Fibras de Vidro”, de Ângela Lopes, Diogo Ferreira e João Fontes, realizado na FEUP em Janeiro de 2006 [50].

Os autores deram início ao seu estudo realizando uma caracterização exaustiva do material e efectuando uma introdução histórica; descreveram os ensaios que realizaram no GRC, apresentaram os resultados e discutiram-nos e referiram as normas aplicáveis ao material em questão.

No documento analisado foram também identificadas as exigências de desempenho aplicáveis; foi efectuado um levantamento fotográfico de patologias mais comuns; referidos os principais agentes de degradação, mencionados os factores influentes na vida útil do GRC e aplicado o Método Factorial.

Foi apresentada uma proposta de uma matriz de durabilidade e não foi atribuído qualquer valor à vida útil de referência do GRC. Os autores mencionam que, este facto, se deveu à falta de informação por parte dos fabricantes, documentos de homologação e ensaios.

#### 5.2.19. DURABILIDADE DO REVESTIMENTO GRANIPLAST (MONOMASSA)

O Graniplast comporta-se como um tipo de sistema de revestimento de monomassa tendo, como tal, um revestimento plástico de alta qualidade à base de grãos de mármore aplicados numa base resinosa e é fabricado em Portugal com sucesso à vários anos.

Este material, como revestimento sintético e ecológico que é, foi formulado para manter no tempo, as características de hidropelência e resistência às agressões dos agentes atmosféricos enquanto como revestimento granulado com aplicação de pistola garantem uma tradicional opção decorativa com novas e inovadoras propostas. Na figura seguinte, é possível visualizar o seu aspecto.

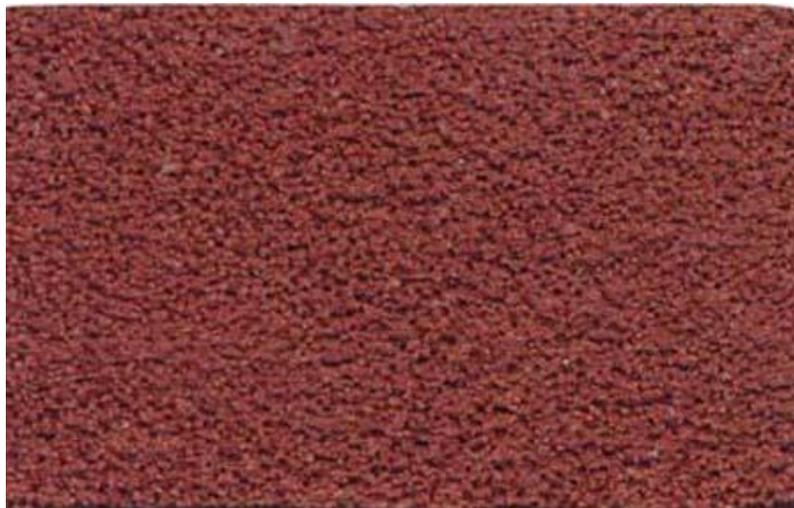


Figura 29 – Graniplast [156]

Este revestimento foi objecto de estudo de José Fernandes Prelada Correia Ferraz e Pedro Filipe Correia Botelho de Carvalho Aguiar num Seminário de Construções Civas intitulado “Durabilidade da Construção – Graniplast”, na FEUP [2].

O estudo inicia-se com uma descrição e caracterização do sistema; um estudo exigencial complementar; uma identificação dos agentes de degradação do sistema; uma caracterização das patologias mais frequentes acompanhadas de ilustrações fotográficas e uma previsão da vida útil por aplicação do Método Factorial.

A matriz de caracterização da durabilidade foi apresentada (uma proposta), tendo sido considerado o valor de 10 anos para a vida útil de referência. Os autores basearam-se na documentação “Bureau Veritas” que após a realização de testes de frio/calor ao produto chegaram a este valor.

### 5.3. PAVIMENTOS

#### 5.3.1. CONSIDERAÇÕES

Os pavimentos, que são camadas constituídas por um ou mais materiais que se colocam sobre o terreno natural ou terraplenado para aumentar a sua resistência e servir para a circulação de pessoas ou veículos, constituem uma componente fundamental das edificações.

Para estudar os elementos que as compõem, foram analisados diversos documentos dos quais se destacam os que a seguir se enunciam.

#### 5.3.2. DURABILIDADE DO PARQUET INDUSTRIAL

O parquet é um produto natural feito de madeira (único recurso renovável e natural da Humanidade) proveniente de uma gestão sustentada das florestas. É o mais versátil dos pisos, resistente, bonito, de fácil aplicação, anti-alérgico e é adequado a qualquer estilo decorativo. Requer manutenção mínima e possibilita o restauro em vez da substituição; é económico e seguro estando disponível em inúmeras formas e diferentes tipos de madeira. A figura 30 é um exemplo de aplicação do parquet industrial.



Figura 30 – Parquet industrial [137]

O estudo da durabilidade deste material baseou-se num trabalho realizado por Paulo Jorge da Fonseca Barbedo, Pedro Henrique Vieira Alves da Silva e Luís Miguel da Silva Guedes cujo título é “ Parquet Industrial – Durabilidade” realizado na FEUP [13].

Os autores deram início ao seu estudo procedendo a uma caracterização exaustiva do material descrevendo o seu processo de fabrico, a sua colocação em obra e as dimensões médias do parquet industrial.

Os textos normativos que se aplicam a este material foram referidos neste trabalho, bem como identificadas as exigências de desempenho aplicáveis. Os autores efectuaram, também um levantamento fotográfico das placas de parquet antes de serem aplicadas, do aspecto de um revestimento de piso em parquet industrial e também das patologias associadas à circulação de pessoas.

Depois de identificados os agentes de degradação mais importantes e os factores que influenciam a vida útil do parquet industrial, estavam todas as condições reunidas para a aplicação do Método Factorial e para apresentar a matriz de durabilidade.

Em relação à vida útil de referência, os autores atribuíram um valor de 20 anos; referem que a bibliografia sobre o parquet industrial é muito escassa e que depois de contactarem os profissionais da área e empresas do sector, foram unânimes em considerar que a vida útil do parquet industrial ronda os 20 anos.

### 5.3.3. DURABILIDADE DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM PISCINAS

A durabilidade dos revestimentos cerâmicos em piscinas foi estudada por Irma Lobato de Faria Assunção, num Estudo Avançado em Reabilitação do Património Edificado, elaborado na FEUP, no ano lectivo 2009/2010, cujo título é “Durabilidade de Revestimentos Cerâmicos em Piscinas” [12].

O estudo da durabilidade deste material construtivo para a base de dados foi baseado no documento mencionado. O trabalho referido propôs-se avaliar a durabilidade do material revestimentos de piscinas particulares., tal como se demonstra na figura seguinte.



Figura 31 – Revestimento Cerâmico em Piscinas [138]

Os autores deram início ao trabalho começando por agrupar as piscinas particulares; seguidamente, analisaram um caso particular: acompanharam o processo de construção de uma piscina de betão.

As patologias nos revestimentos de cerâmica foram identificadas e foi aplicado o Método Factorial.

Não foi feita qualquer referência à vida útil de referência.

#### 5.3.4. DURABILIDADE DO PAVIMENTO AUTONIVELANTE

Os pavimentos autonivelantes são sintéticos, podendo ter como base diversas resinas sintéticas, de epoxi ou poliuretano, ou mesmo o cimento. Para aplicação forma-se uma pasta que é derramada sobre o pavimento. Embora a sua aplicação deva ser feita por técnicos qualificados, a forma de execução deste tipo de pavimento é muito simples. Basta espalhar a "pasta" sobre o piso, que ela própria faz o seu nivelamento.

No que respeita ao acabamento final ele pode ser brilhante ou mate. Pode-se adicionar cor à própria "pasta", através de pigmentos, ou polvilhando “flocos” de vinil ou outro material sobre esta, criando um efeito de “salpicado”.

A principal característica dos pavimentos autonivelantes é exactamente a capacidade de fazerem o seu próprio nivelamento, com uma intervenção mínima por parte do aplicador. O que torna a sua aplicação particularmente fácil, aliada a um período de secagem curto.

O pavimento, uma vez terminado, é de grande resistência ao desgaste, o que permite uma espessura muito fina – regra geral esta varia entre 1cm e 5cm. Apresentam também uma grande resistência superficial e à flexão, permitindo suportar grandes cargas, e conferindo-lhe uma grande durabilidade.

A pouca espessura conseguida, aliada ao baixo peso próprio, torna este tipo de pavimentos pouco pesado, podendo-se aplicar em situação em que uma betonilha normal poderia ser inadequada. Este aspecto é facilitado pela sua boa aderência, em particular a pavimentos com base de cimento.

A resistência dos pavimentos autonivelantes, na generalidade, aos químicos e o seu bom comportamento com humidade (podendo ser mesmo impermeáveis), tornam-nos de fácil limpeza e manutenção. Se adicionarmos algumas características, como a facilidade de descontaminação e a ausência de libertação de vapores e químicos, este tipo de solução é adequado para espaços com grandes necessidade de limpeza e descontaminação, como laboratórios.

Para se proceder ao estudo deste elemento, analisou-se uma Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado realizado por João Miguel Sousa Martins na FEUP no ano lectivo de 2009/2010, cujo título é “Durabilidade do Pavimento Autonivelante” [79].

A figura 32 pretende demonstrar a aplicação e o aspecto final do pavimento autonivelante.



Figura 32 – Pavimento autonivelante [139]

Á semelhança dos trabalhos já analisados, também o autor caracterizou o material em causa; identificou a regulamentação e as normas aplicáveis e identificou as exigências funcionais dos revestimentos de piso.

Posteriormente, efectuou um levantamento fotográfico de aplicações de pavimento nivelante, nomeadamente em circunstâncias em que estes apresentam anomalias.

Foi efectuada também a identificação dos agentes de degradação e dos factores influentes na vida útil para que fosse possível aplicar o Método Factorial.

A matriz de caracterização da durabilidade foi apresentada e foi efectuada uma simulação para estimar a vida útil do pavimento autonivelante aplicado num edifício de escritórios.

Os autores revelam que das várias pesquisas efectuadas no decorrer deste trabalho não foi possível ter uma resposta concreta no que diz respeito à vida útil de referência do material autonivelante.

#### 5.3.5. DURABILIDADE DO VIDRO EM PAVIMENTOS

A aplicação de vidro em revestimentos de pavimentos, como se demonstra na figura seguinte, e escadas constitui actualmente uma solução em expansão nos edifícios e até em espaços exteriores. Este facto prende-se com a consciencialização das vantagens do vidro em relação a outros pavimentos, nomeadamente ao nível das exigências de habitabilidade e de durabilidade actualmente assumidas pelos utilizadores dos espaços, aliadas às características estéticas apresentadas, facilidade e rapidez de execução.



Figura 33 – Pavimento em vidro [140]

O estudo de durabilidade do vidro aplicado em pavimento baseou-se numa Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado de Rui Nelson Carreira Antunes elaborada em 2009 na FEUP intitulada “Durabilidade do Vidro em Pavimentos” [6].

No documento em estudo, os autores caracterizaram exhaustivamente o vidro e o seu sistema quando integrado no pavimento; referiram um conjunto de normas (exigências normativas) e de textos relacionados com o material em estudo; identificaram as exigências de desempenho aplicáveis; efectuaram uma inspecção de edifícios acompanhada de levantamento fotográfico apresentando um conjunto de patologias alusivas a estes revestimentos.

Os autores identificaram os agentes de degradação mais importantes e listaram os aspectos influentes na vida útil com o objectivo de aplicarem o Método Factorial e apresentarem a respectiva matriz de caracterização da durabilidade.

Em relação à vida útil de referência, o trabalho analisado menciona que não há, presentemente, nenhum padrão para a previsão da vida útil de pavimentos de vidro apesar dos ensaios de durabilidade do vidro laminado (alta temperatura, humidade e radiação) estarem normalizados (EN 12543-4), ou seja, não foi encontrado qualquer valor quanto à sua vida útil de referência.

Os autores, por se tornar pouco fiável estimar a vida útil destes componentes sem valores para a sua vida útil de referência, optaram por, através das recomendações de durações mínimas para a vida de projecto dos elementos de um edifício, balizar, em função da matriz de durabilidade essas mesmas durações, assumindo-as como valores para a vida útil de referência.

### 5.3.6. DURABILIDADE DOS REVESTIMENTOS DE PAVIMENTOS

Serviu como base ao a seguir exposto o Seminário de Construções II intitulado “ Revestimentos de Pavimentos” criado pró Marco Nuno Freitas Nóbrega no ano lectivo 2001/2002 na FEUP [87].

O objectivo do referido seminário era atribuir uma vida útil de referência para os revestimentos de pavimentos, nomeadamente: os revestimentos de madeira, os revestimentos cerâmicos, os revestimentos vinílicos e os revestimentos em granito.

Inicialmente o autor descreveu os diferentes materiais que compõem os pavimentos já referidos, elaborando uma ficha resumo para cada um deles e apresentou os principais textos regulamentares ou normativos aplicados aos revestimentos dos pisos, explicitando as diferentes exigências funcionais, a classificação UPEC, o Regulamento Geral sobre o Ruído, o Regulamento de Segurança contra incêndio.

As exigências de desempenho foram esclarecidas e foi efectuado um levantamento fotográfico de patologias.

Em relação à vida útil de referência, o autor menciona que o levantamento foi efectuado junto de empresas fornecedoras deste tipo de materiais através de catálogos fornecidos pelas mesmas.

O autor refere que este levantamento não foi fácil de efectuar visto que os catálogos das empresas fornecedoras deste tipo de matérias não contêm, em geral nenhum tipo de especificações técnicas relativamente aos produtos apresentados e que a falta de especificações técnicas criam dificuldades aos projectistas aquando da escolha destes materiais.

Assim, para revestimentos de madeira foi atribuído à vida útil de referência um valor superior a 10 anos; o revestimento cerâmico possui uma vida útil de referência de 8 a 15 anos; o revestimento vinílico de 3 a 10 anos e o revestimento em granito apresenta um valor superior a 20 anos.

O autor não apresentou a matriz de caracterização de durabilidade.

### 5.3.7. DURABILIDADE DA MADEIRA COMO REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS

Com o objectivo de explorar com um maior significado a durabilidade da madeira como revestimento de pavimentos foi estudado o Seminário de Construções II, intitulado “Durabilidade da madeira”, realizado por Luis Moreira e Tiago Maçana, na FEUP [76].

A figura 34 ilustra a aparência final de um pavimento revestido a madeira.



Figura 34 – Soalho [141]

Os autores, inicialmente, caracterizaram exaustivamente as principais espécies de madeira aplicadas em Portugal; apresentaram uma recolha de textos normativos aplicados à madeira; identificaram as principais exigências de desempenho; efectuaram um levantamento fotográfico apontando as principais e mais frequentes patologias associadas à madeira; identificaram os agentes de degradação e apresentaram um caso de estudo, o soalho.

Não aplicaram o Método Factorial, nem fizeram menção à vida útil de referência.

#### 5.3.8. DURABILIDADE DE PAVIMENTOS EM MADEIRA POR IMPREGNAÇÃO QUÍMICA EM AUTOCLAVE

O autoclave é um produto químico disponível no mercado que, aplicado por impregnação em pavimentos de madeira, permite alterar as suas propriedades de modo a aumentar a sua durabilidade. De seguida, na figura 35, apresenta-se um excerto de um pavimento de madeira depois de esta ter sido impregnada em autoclave.



Figura 35 – Excerto de pavimento em madeira por impregnação química em autoclave [142]

De forma a estudar os pavimentos em madeira alterados quimicamente analisou-se um trabalho prático da disciplina de Durabilidade no âmbito de uma Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado cujo título é “Preservação de Pavimentos em Madeira por Impregnação Química em Autoclave – Estudo de Durabilidade” de Pedro Geraldês Santos, realizado na FEUP [104].

À semelhança dos trabalhos já analisados, o autor efectuou uma caracterização do material; identificou normas e regulamentos aplicáveis ao material em estudo; identificou as exigências de desempenho; efectuou um levantamento fotográfico com as patologias mais frequentes e identificou os agentes de degradação.

O autor menciona a vida útil de referência mas não lhe atribui qualquer valor. Refere que a recente retirada de alguns produtos do mercado que eram comprovadamente nocivos para o ambiente e para os seres humanos, associado à crescente preocupação com a sustentabilidade e com a durabilidade dos produtos da construção, originou um recente vazio nesta área específica.

#### 5.3.9. DURABILIDADE DE VINÍLICO EM REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS

De forma a estimar a durabilidade do vinílico como revestimento de pavimentos foi analisado um trabalho elaborado na disciplina de Durabilidade no âmbito de uma Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, realizado na FEUP no ano lectivo 2009/2010, por Alexandra Moreira, com o título “Durabilidade de Vinílico como Revestimento de Pavimentos” [84].

Embora se verifique que, ao nível dos pavimentos em aplicações domésticas, continua a preferência sobre a madeira, os cerâmicos e as pedras, o mesmo já não ocorre quando se fala em aplicações comerciais, na área da saúde e educação. Nestas áreas tem-se notado uma acentuada procura de revestimentos resilientes como é o caso dos linóleos e dos vinílicos (figura 36). Esta tendência acontece por várias razões, mas as mais notórias são as preocupações com a higiene, conforto e flexibilidade no design. Este tipo de revestimento permite uma infinita combinação de cores e desenhos, por outro lado como são contínuos proporcionam o menor número de juntas e a execução de meias-canas côncavas nos rodapés, factos fundamentais na área da saúde, educação (escolas, nomeadamente creches e jardins de infância, etc.) e outros serviços como lares de idosos e centros de dia, por uma questão de higiene e facilidade na limpeza e desinfeção.



Figura 36 – Exemplo de um pavimento revestido com vinílico [153]

No trabalho mencionado, o autor caracteriza o vinílico, menciona os textos normativos e regulamentares; identifica as exigências de desempenho aplicáveis; identifica as patologias associadas ao revestimento vinílico através de uma inspecção de edifícios acompanhada de fotografias elucidativas.

A autora apresentou também uma listagem de factores influentes na vida útil dos revestimentos vinílicos; apresentou uma proposta de uma matriz de caracterização do material em questão e efectuou uma pesquisa sobre a vida útil de referência.

A autora afirma que, embora a aplicação de revestimentos vinílicos em pavimentos não seja recente, a pesquisa por si efectuada no sentido de encontrar trabalhos sobre o seu comportamento e a definição da vida útil de referência não foi bem sucedida.

Afirma também que é possível encontrar apenas alguma informação sobre a vida útil e os factores que a influenciam como notas pontuais, entrevistas em que se aborda o tema da durabilidade destes materiais, declarações, etc., mas é sobretudo informação prestada por parte de empresas fabricantes ou que comercializam o produto. Os últimos são, por vezes, pouco isentos na informação transmitida, e esta baseia-se quase sempre na experiência e no conhecimento de alguns casos reais. Neste caso, a autora refere que, se pode ser induzido em erro pelo facto de a amostra não ser representativa para se obterem conclusões fidedignas e, por outro lado, não terem sido efectuados ensaios de comportamento (envelhecimento acelerado) que permitam de certa forma sustentar esses valores.

De qualquer forma, não obstante das ressalvas que efectuou quanto à informação recolhida, e que já foram mencionadas, a autora apurou que os primeiros revestimentos vinílicos foram introduzidos no mercado há mais de 60 anos, havendo conhecimento de casos de vinílicos aplicados há mais de 30 anos que se encontram em boas condições (entrevista a Aleksandro Alencar, supervisor de assistência técnica e atendimento ao cliente da Fadamac). Nesta entrevista, é afirmado que a durabilidade destes revestimentos, quando aplicados e conservados correctamente é superior a 20 anos.

#### 5.3.10. DURABILIDADE DE REVESTIMENTOS DE PAVIMENTOS EM MADEIRA

A madeira é um dos materiais clássicos que há muito é considerado como ideal para revestir pavimentos. Muito popularizado pelas suas condições especiais entre as regiões e países de baixas temperaturas invernosas, nos quais há uma tradição madeireira devido à proximidade de grandes florestas.

De forma a apurar a sua durabilidade foi analisado um Seminário de Construções Civas 2, realizado por Francisco Melo Vaz Pinto Mendes e Marco André Teixeira Amaral, na FEUP em 2003 e cujo título é “ Revestimentos de Pavimentos em Madeira” [4].

Os autores caracterizaram a madeira e os tipos de revestimentos aplicáveis; identificaram as exigências de desempenho aplicáveis e os agentes de degradação; apresentaram as patologias mais frequentes nestes pavimentos; referiram alguns estudos sobre o tema analisado; listaram os factores influentes na vida útil de um pavimento e apresentaram um conjunto de recomendações para a prevenção da degradação.

Apresentaram uma proposta de matriz de caracterização de durabilidade e afirmaram que a vida útil de referência de um verniz é complicada de calcular. Os fabricantes por eles visitados referiram, sem garantias, que um verniz de poliuretano de dois componentes, e em condições normais, pode durar 5 anos, enquanto o outro referiu que pode durar 7 anos.

Os autores concluíram que o desempenho dos pavimentos em madeira é o resultado de um vasto número de factores e tarefas. Desde a humidade de suporte até às condições de aplicação do revestimento, estão sempre em causa, um grande número de condicionantes que vão determinar a vida útil do pavimento. Referem ainda que depois de terminado o processo de aplicação de um pavimento, vem a etapa da utilização e manutenção e são estas etapas que vão determinar a vida útil de um pavimento. Os fabricantes não indicam um valor para a vida útil de referência de um determinado revestimento, pois isso vai depender dos factores anteriormente mencionados.

#### 5.3.11. DURABILIDADE DE PAVIMENTOS DE MADEIRA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

Para determinar a durabilidade deste tipo de revestimentos de pavimentos em edifícios residenciais foi estudado o Seminário de Construções Cívicas intitulado “Projecto para a Durabilidade – Pavimentos de Madeira em Edifícios Residenciais” de Ana Carolina Russo, André de Almeida Sousa e Lígia Martins Silva, realizado na FEUP no ano lectivo 2005/2006 [102].

A madeira é usada como material de construção desde o início da humanidade. É leve, resistente, fácil de talhar e aparece com abundância em comprimentos e diâmetros variáveis e apresenta todo um conjunto de vantagens que já foram enunciadas.

Os autores, à semelhança do efectuado em outros estudos semelhantes, caracterizaram exaustivamente a madeira; apresentaram as suas características técnicas; identificaram as suas exigências de desempenho e os seus agentes de degradação; efectuaram um levantamento fotográfico de patologias; identificaram os factores influentes na conservação da madeira; enunciaram um grupo de medidas de prevenção de degradação da madeira e métodos de tratamento e apresentaram uma proposta de matriz de caracterização da durabilidade.

Os autores não atribuíram um valor para a vida útil de referência, apenas mencionaram que, segundo uma análise efectuada a estudos realizados ao longo dos anos, pode considerar-se que o tempo de vida útil para pavimentos em madeira deve situar-se, no mínimo, entre 10 e 20 anos.

### 5.4. COBERTURAS

#### 5.4.1. CONSIDERAÇÕES

A cobertura é um elemento da edificação cuja função é proteger o espaço interno do edifício das intempéries do ambiente exterior (como a neve, a chuva, o vento, entre outros), também concedendo aos usuários aí localizados privacidade e conforto (através de protecção acústica, térmica, etc.).

De forma a estudar os seus elementos constituintes, foram analisados diversos documentos dos quais se destacam os que a seguir se enunciam.

#### 5.4.2. DURABILIDADE DO SISTEMA PREDIAL DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Com o intuito de avaliar a durabilidade de um sistema de drenagem de águas pluviais foi analisado o trabalho prático para a disciplina de Durabilidade no âmbito da Pós-Graduação em Estudos Avançados de Reabilitação do Património Edificado de Leonel Arcanjo Neves Viana, intitulado “Durabilidade dos Sistemas de Drenagem Predial de Águas Prediais” realizado na FEUP [116].

O sistema de drenagem de coberturas inclinadas é constituída pelo processo de escoamento horizontal e vertical localizados nos limites da cobertura, funcionando por gravidade, e cujos componentes principais constam da figura 37.



Figura 37 – Sistema de drenagem de coberturas inclinadas [96]

O autor caracterizou o sistema predial de drenagem de águas pluviais, apresentou os textos normativos e regulamentares aplicáveis, identificou as exigências de desempenho, procedeu à inspecção de edifícios, apresentando as patologias mais frequentes associadas a estes sistemas ilustradas com fotografias; identificou os agentes de degradação mais importantes e efectuou a listagem dos factores influentes na sua vida útil à semelhança do que já havia sido feito para outros materiais.

Posto isto, e depois de reunidas todas as informações necessárias, o autor apresentou a matriz de caracterização de durabilidade e a vida útil estimada para dois casos de estudo.

O autor atribuiu para a vida útil de referência dos sistemas de drenagem de águas pluviais o valor de 40 anos, sem referir qualquer fonte bibliográfica ou em que condições foi determinada.

#### 5.4.3. DURABILIDADE DE MEMBRANAS BETUMINOSAS FLEXÍVEIS COMO SOLUÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS PLANAS

De forma a averiguar a durabilidade de membranas aplicadas em coberturas foi estuda um trabalho prático da Disciplina de Durabilidade no âmbito do Curso de Estudos Avançados em Reabilitação do Património Edificado de Sílvia Alexandra Magalhães realizado na FEUP em Fevereiro de 2009 com o título “Membranas Betuminosas Flexíveis como solução de Impermeabilizações de Coberturas Planas – Estimativa do tempo de vida útil” [77].

O revestimento de impermeabilização é entendido como o conjunto de todos os materiais, componentes e acessórios essenciais para munir a cobertura de uma barreira estanque à água que sobre ele estacione ou circule. Paralelamente, o revestimento de impermeabilização deve ainda possuir outras características fundamentais, como a capacidade de se deformar sem rotura ou fissuração ao longo da sua vida útil, nas condições de exposição previstas, tanto sob as acções de sucção do vento, como acompanhando os eventuais movimentos do seu suporte. Uma incorrecta selecção de impermeabilização pode conduzir à ocorrência de anomalias nas coberturas e nos próprios edifícios, por não desempenharem correctamente a sua função. Desses problemas resultam quase sempre infiltrações de água para as camadas subjacentes à do revestimento de impermeabilização ou para os espaços do último piso, provocando prejuízos que podem ser significativos.

A figura que se segue pretende demonstrar a aplicação de uma membrana betuminosa numa cobertura plana.



Figura 38 – Membrana betuminosa aplicada numa cobertura plana [144]

O autor dá início ao seu estudo começando por caracterizar as coberturas planas (a sua constituição, a sua classificação) e por caracterizar o sistema de impermeabilização distinguindo os diferentes tipos de membranas disponíveis e explicando o seu campo de aplicação. Os cuidados a ter na aplicação de membranas betuminosas “in situ” são também referidos bem como identificadas as exigências funcionais das coberturas planas e de membranas de impermeabilização flexíveis.

Tal como foi já efectuado nos trabalhos já analisados para determinação da durabilidade dos materiais, o autor também menciona os ensaios a realizar, aponta as patologias mais frequentes e identifica os agentes de degradação.

Já com todos os parâmetros apurados, é aplicado o Método Factorial, apresentada a matriz de durabilidade e efectuadas três simulações para um cenário pessimista, um optimista e um hipotético e, como consequência, determinada a vida útil estimada.

A vida útil de referência das membranas betuminosas flexíveis tomou o valor de 10 anos por consulta de bibliografia e por contacto com fornecedores.

#### 5.4.4. DURABILIDADE DE REVESTIMENTOS DE COBERTURAS PLANAS

Pretende-se estudar a durabilidade dos revestimentos de coberturas planas mais propriamente as membranas de impermeabilização como os ladrilhos cerâmicos, os ladrilhos hidráulicos e as lajetas pré-fabricadas de betão.

Para o efeito, consultou-se um relatório de projecto submetido para a satisfação parcial dos requisitos de grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Construções Civas de Tadeu Faria Raposo efectuado na FEUP em Junho de 2009 denominado “Durabilidade da Construção. Estimativa da Vida Útil de Revestimentos de Coberturas Planas” [93].

O autor esclareceu o conceito de durabilidade, apresentou algumas considerações acerca de coberturas planas e os respectivos revestimentos e identificou as patologias mais correntes, devidamente ilustradas.

Finalmente apresentou o Método Factorial e aplicou-o a uma membrana de betume polímero APP auto-protegida com granulado mineral, apresentada na figura seguinte, em três zonas distintas do país (Porto, Bragança e Lisboa) de forma a analisar a influência do factor associado às características do ambiente exterior. A matriz de caracterização de durabilidade foi também apresentada.



Figura 39 – Membrana de betume polímero APP [145]

A vida útil de referência da membrana, baseada em informações dos fabricantes e em Documentos de Aplicação do LNEC, é de 10 anos.

#### 5.4.5. DURABILIDADE DE TELHAS CERÂMICAS

A paisagem portuguesa possui, como um dos seus elementos tradicionais, as coberturas revestidas com telhas cerâmicas. Estas fazem parte da cultura do nosso país, relacionando-se com o quotidiano da região onde se inserem.

A telha cerâmica, uma das mais antigas e acessíveis opções de telha disponíveis, ainda é uma opção muito popular, adequando-se muito bem ao clima tropical e oferecendo uma óptima relação de custo-benefício. É oferecida em uma variedade de formas, que variam quanto ao tipo de encaixe, rendimento por m<sup>2</sup>, inclinação exigida dos panos do telhado, proporcionando assim uma considerável variedade de alternativas arquitectónicas possíveis com o uso do material. A figura 40 mostra uma aplicação de uma telha cerâmica comum.



Figura 40 – Telha cerâmica [146]

Para apurar a durabilidade das telhas cerâmicas foram analisados quatro elementos:

- trabalho prático realizado para a disciplina de Durabilidade no âmbito de Estudos Avançados em Reabilitação do Património Edificado realizado por Patrícia Pires Dias de Matos em Fevereiro de 2010 na FEUP intitulado “Durabilidade de Telhas Cerâmicas” [81];

- trabalho prático elaborado para a disciplina de Durabilidade no âmbito do curso de Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado com o título “Durabilidade das Telhas Cerâmicas” de Adriana Floret Matias e Pinho realizado na FEUP em 2009 [90];

- Seminário de Construções Civas de Luísa Marques Madureira e Pedro Albuquerque de Araújo com o mesmo título e realizado na FEUP [8];

- Relatório de Projecto submetida para satisfação parcial dos requisitos de grau de Mestre em Engenharia Civil – Especializações em Construções realizado por João Miguel Macedo Rolim Marques, na FEUP em Junho de 2009 [78].

A estrutura dos documentos referidos é muito idêntica e segue o seguinte índice: esclarecimento do conceito de durabilidade, apresentação das telhas cerâmicas inserindo-as na história, apresentando alguns conceitos relacionados, mostrando os diferentes tipos e identificando as suas exigências funcionais; apresentação de normas e regulamentações aplicáveis a este material; identificação dos factores que influenciam a vida útil das telhas cerâmicas e das patologias mais comuns e, por isso, as suas anomalias e defeitos e por fim, aplicação do Método Factorial.

Relativamente à vida útil de referência os trabalhos analisados apresentam diferentes valores atribuídos.

O primeiro trabalho, mencionado atrás, refere que se constatou, pela bibliografia consultada, que a durabilidade das telhas cerâmicas é bastante elevada, no entanto, não são especificados valores.

O trabalho elaborado por Adriana Floret Matias e Pinho menciona que a tabela de classificação do tempo de vida útil para as construções proposta pelo “Principal Guide for Service Life Planning of Japan”, recomenda valores médios para o tempo de serviço dos elementos que fazem parte da construção em função do tipo de uso atribuído ao edifício. Sendo que para edifícios de habitação com

cobertura inclinada prevê-se 43 anos. Este foi o valor utilizado como vida útil de referência para a cobertura inclinada.

O terceiro documento mencionado anteriormente, realizado por Luísa Marques Madureira e Pedro Albuquerque de Araújo, atribui uma vida útil de referência de 30 anos para as telhas cerâmicas. Os autores mencionam que os fabricantes destas apenas fornecem como prazo de garantia cerca de 30 anos e que após sucessivas reuniões com os membros do CTCV (Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro), chegaram à conclusão que, em consequência do anteriormente referido e face ao método sugerido para estimar a vida útil do material, a duração de referência a utilizar deverá ser os 30 anos.

O último documento analisado, de João Miguel Macedo Rolim Marques, refere que a principal dificuldade para a aplicação do Método Factorial foi encontrar um valor para a vida útil de referência que se enquadrasse com todos os tipos de telhas e como os dados fornecidos pelos diversos fabricantes de telhas cerâmicas e, por fim, chegaram ao valor de 20 anos.

#### 5.4.6. DURABILIDADE DOS SOLETOS DE ARDÓSIA

A ardósia é uma rocha metamórfica de grão fino e homogéneo, composta por argila ou cinzas vulcânicas que foram metamorfizadas em camadas. A ardósia pode ser transformada em soletos porque tem duas linhas de folhabilidade: clivagem e grão o que torna possível a sua divisão em finas folhas. Os soletos de ardósia apresentam-se como soluções de coberturas económicas e muito duradouras. De seguida é apresentada a figura 41 que pretende demonstrar o aspecto de uma cobertura com soletos de ardósia.



Figura 41 – Soletos de ardósia [147]

O documento analisado para averiguar a durabilidade deste material quando aplicado em coberturas foi um trabalho prático realizado para Estudos Avançados em Reabilitação do Património Edificado por Isabel Maria Lopes Ventura, na FEUP intitulado “A Durabilidade dos Soletos de Ardósia” [115].

O seu objectivo era estudar e avaliar a sua durabilidade construtiva tendo em conta a influência que este sistema construtivo impõe no desempenho, manutenção e forma das coberturas e paramentos verticais de um edifício.

Como tal, o autor caracterizou a ardósia e os componentes correntes da fixação dos soletos; descreveu o sistema construtivo; apresentou as normas portuguesas do material; identificou as patologias mais frequentes e os factores que as determinam e enunciou as necessidades específicas de manutenção e tratamento dos soletos de ardósia.

Não foi apresentada a matriz de durabilidade nem foi feita menção à vida útil de referência.

#### 5.4.7. DURABILIDADE DO ISOLAMENTO TÉRMICO EM COBERTURAS INVERTIDAS

A prática corrente determinava que uma cobertura deveria possuir o seu isolamento térmico por baixo da camada impermeabilizante pois o isolante térmico iria absorver a água e perder as suas características isolantes. No entanto, como a membrana impermeabilizante ficava por cima, sujeitava-se a uma agressiva deterioração dos seus materiais constituintes dado que estava sujeita a acentuadas variações de temperatura. Como tal, surgiu a hipótese de uso do sistema invertido eliminando os erros de procedimento.

A figura seguinte apresenta a constituição de uma cobertura invertida.

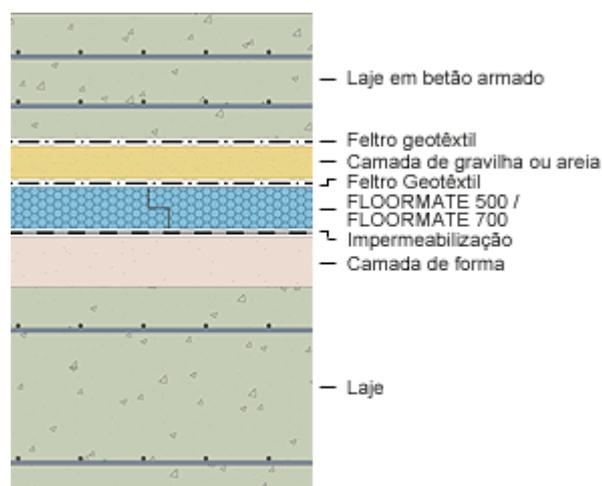


Figura 42 – Constituição de uma cobertura invertida [148]

O trabalho estudado para permitir verificar a durabilidade deste sistema intitula-se “O Isolamento Térmico em Coberturas Invertidas – Estudo da Durabilidade”, insere-se no Seminário de Construções 2, realizado na FEUP em Junho de 2003 por Ana de Almeida Costa Soares e Joana Rocha Soares da Silva [107].

A organização deste estudo apresentou-se de forma semelhante aos trabalhos já analisados.

Foi aplicado o Método Factorial e apresentada uma proposta de matriz de caracterização da durabilidade. No entanto, não foi apresentado qualquer valor para a vida útil de referência. As autoras referem que este método, apesar da sua simplicidade, apresenta dificuldades na definição dos dados para a sua correcta aplicação, nomeadamente a questão da vida útil de referência. Mencionam que se apresenta como algo de difícil determinação e que ainda não se encontra muito desenvolvida, ou seja, não estava tabelada e não é algo definido a nível nacional ou mesmo a nível europeu. As autoras

consideram que, devido a estes motivos, apresentaram-se diferentes valores utilizados sobre o mesmo elemento (nas coberturas invertidas e nos isolamentos térmicos).

## 5.5. APLICAÇÃO EM DIVERSOS LOCAIS

### 5.5.1. CONSIDERAÇÕES

Para estudar os elementos susceptíveis de serem aplicados em locais diversos, foram analisados diversos documentos dos quais se destacam os que a seguir se enunciam.

### 5.5.2. DURABILIDADE DE JANELAS COM CAIXILHARIA EM PVC

A janela é um componente antigo nos edifícios e o seu aparecimento na história da arquitectura é posterior à da porta.

O PVC, como material constituinte dos perfis da janela, satisfaz todos os critérios a que esta deve obedecer. O PVC é uma combinação química de carbono, hidrogénio e cloro. Os seus componentes provêm do petróleo bruto e do sal. Obtém-se por polimerização do cloreto de vinilo, cujo fabrico se realiza a partir do cloro e do etileno. É um material termoplástico, ou seja, de baixa reacção ao calor quando aquecido que pode ser moldado facilmente; quando arrefece recupera a consistência inicial conservando de novo a forma.

Uma janela constituída por caixilharia de PVC tem o aspecto que se pode ver na figura 43.



Figura 43 – Caixilharia em PVC [149]

O documento usado para avaliar a durabilidade deste sistema tem o nome “Durabilidade na Construção – Janelas de Caixilharia em PVC” de Ana Sofia Moreira dos Santos Guimarães e Cláudia Sofia Faia Miranda Ferreira, realizado na FEUP em 2003 no âmbito de um Seminário de Construções [42].

O trabalho foi desenvolvido de acordo com as metodologias já apresentadas nos outros documentos analisados e foi apresentada a matriz de durabilidade e, por isso, estimada a vida útil do sistema em estudo para uma situação pessimista e uma outra otimista.

O valor atribuído para a vida útil de referência foi de 25 anos, por se tratar de um elemento não estrutural e considerando ser um elemento acessível, como referem.

### 5.5.3. DURABILIDADE DE CAIXILHARIAS DE MADEIRA

A estimativa da vida útil das caixilharias de madeira foi baseada num trabalho prático da disciplina de Durabilidade de uma Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado realizada por Ricardo Almeida, na FEUP no ano lectivo 2008/2009 intitulado “ Análise da Vedação de Caixilharias de Madeira segundo a Norma ISO 15686-1” [3].

A problemática da vedação dos caixilhos (figura 44) resulta da necessidade de eliminar espaços vazios entre o caixilho e o vão, procurando assim garantir o controlo ambiental no espaço interior, como da articulação entre sistemas construtivos diferentes, o caixilho e a parede.



Figura 44 – Exemplo de aplicação de caixilharia em madeira [158]

O autor descreveu o sistema, referiu as exigências normativas aplicáveis; efectuou uma listagem de exigências de desempenho e de agentes de degradação; identificou as patologias através de fotografias e apresentou uma proposta de matriz de caracterização de durabilidade.

Relativamente à vida útil de referência, o autor não apresentou um valor; contudo, afirma que as caixilharias dos vãos, segundo a norma ISO 15686, são consideradas elementos constituintes do edifício substituíveis e que a duração mínima de vida para estes elementos é de 10 anos sendo a duração mínima maior, 40 anos de desempenho. Afirma também que, de acordo com os documentos consultados, são necessárias a manutenção ou a substituição do vedante, caso este seja visitável.

#### 5.5.4. DURABILIDADE DE BALCÕES PÉTREOS

No âmbito da durabilidade dos balcões pétreos foi analisado um documento intitulado “Balcões Pétreos para Cozinha” de Elisa Maria Pereira da Silva Neves dos Santos Lessa, realizado na FEUP em 2009, para a disciplina de Durabilidade leccionada no curso de Estudos Avançados em Reabilitação do património Edificado [70].

O seu objectivo era efectuar uma recolha e tratar sistematicamente a informação relativa à durabilidade no sentido de apoiar a metodologia da norma ISO 15686-1. Foi, para isso, utilizado os balcões de cozinha em pedra e seus derivados, tal como se mostra na figura seguinte.



Figura 45 – Balcão pétreo de cozinha [150]

O autor caracterizou o elemento de construção, os materiais constituintes, os remates e acabamentos; referiu textos normativos de aplicação ao material em causa; identificou as exigências de desempenho e os seus agentes de degradação e apresentou uma proposta da matriz de caracterização da durabilidade.

Os autores não mencionaram o valor da vida útil de referência.

#### 5.5.5. DURABILIDADE À CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO POR IMERSÃO A QUENTE

Na construção são utilizados diversificados elementos metálicos, de diversos metais e ligas, em inúmeras aplicações e sujeitos a exposições ambientais diversificadas.

Como tentativa de determinar a vida útil estimada foi analisado um trabalho prático realizado em Estudos Avançados em Reabilitação do Património Edificado denominado “Durabilidade à Corrosão do Aço Galvanizado por Imersão a Quente” de Sofia Alexandra Cunha Viana, realizado na FEUP, no ano lectivo 2009/2010 [117].

Apresenta-se, de seguida, a figura 46 que ilustra bobinas de aço galvanizado a quente.



Figura 46 – Bobinas de aço galvanizado por imersão a quente [151]

No documento referido, numa primeira parte, foi analisado o processo de corrosão dos metais em geral, e do zinco em particular, identificando os vários agentes de degradação.

Numa segunda parte, o autor procurou sistematizar os factores modificadores para o caso de revestimentos anticorrosivos em galvanização por imersão a quente e apresentar um exemplo de aplicação do Método Factorial de acordo com a metodologia de abordagem efectuada.

O autor considerou, para uma espessura de 38  $\mu\text{m}$  de aço galvanizado, uma vida útil de referência de 30 anos.

#### 5.5.6. DURABILIDADE DE ARGAMASSAS POLIMÉRICAS

As argamassas poliméricas são compostas por cimento, agregados minerais, polímeros acrílicos e aditivos que formam um revestimento impermeável. Esses produtos são encontrados no mercado na versão bicomponente (um pó e outro líquido) e, por isso, devem ser misturados e homogeneizados antes da aplicação.

Tem o aspecto que se pode ver na figura seguinte quando aplicados.



Figura 47 – Aplicação de uma argamassa polimérica [152]

O trabalho analisado insere-se no âmbito da disciplina de Durabilidade do curso de Estudos Avançados de Reabilitação do Património Edificado, tem como título “Argamassas Poliméricas – Uma Proposta de Matriz de caracterização da Durabilidade”, realizada por Cristina Ribeiro, na FEUP, no ano lectivo 2009/2010 [97].

O autor realizou um enquadramento do material focando as suas principais características genéricas, condicionantes e aplicações; efectuou a caracterização física e mecânica dos materiais; referiu as exigências de desempenho; identificou os agentes de degradação; mencionou os procedimentos adoptados nos ensaios e definida a matriz de durabilidade.

Não foi atribuído um valor à vida útil de referência.

#### 5.5.7. DURABILIDADE DAS ARGAMASSAS TRADICIONAIS EM REBOCOS EXTERIORES

Por definição, argamassa é uma mistura de um ou mais ligantes orgânicos ou inorgânicos, agregados, cargas, aditivos e/ou adjuvante, e argamassa feita em obra (ou tradicional) é a argamassa composta por constituintes primários (por exemplo, ligantes, agregados e água), doseados e misturados em obra.

Genericamente, a argamassa é uma pedra artificial que resulta da mistura homogênea de um agente ligante com uma carga de agregados e água e fica com o aspecto que se pode ver na figura 48.



Figura 48 – Argamassa tradicional [153]

Um trabalho prático efectuado numa Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, intitulado “Durabilidade das Argamassas Tradicionais em Rebocos Exteriores” de Luisa Moraes Sarmiento, realizada na FEUP, em 2010, estudou a durabilidade deste material, tal como o próprio título indica [105].

O autor desenvolveu o seu trabalho de forma muito idêntica aos autores que já foram referidos e, como tal, apresentaram uma proposta de caracterização de matriz de durabilidade.

Não foi atribuído um valor à vida útil de referência.

#### 5.5.8. DURABILIDADE DO SISTEMA DE PORTAS EXTERIORES EM MADEIRA

O estudo da durabilidade de portas exteriores em madeira baseou-se em dois trabalhos:

- um trabalho prático da disciplina de Durabilidade denominado “Durabilidade do Sistema de Portas Exteriores em Madeira” de Maria do Rosário Pereira Fernandes, realizado na FEUP [46];
- um trabalho prático realizado no âmbito de um Seminário de Construções Civas de José Miguel L. Maria e Simão Amaral Gomes, elaborado na FEUP, em Dezembro de 2004 com o título “Portas Exteriores de Madeira Maciça” [57].

O sistema de portas exteriores em madeira (figura 49) é caracterizado por ser um vão aberto num pano de parede até ao nível do pavimento “soleira” para permitir o acesso ao edifício, É constituído por uma ou duas folhas de abrir, totalmente opacas ou com alguns postigos.



Figura 49 – Exemplo de uma porta exterior em madeira [159]

A estrutura dos dois trabalhos analisados é muito idêntica e os autores, sumariamente, identificam as exigências de desempenho aplicáveis; realizaram uma inspeção acompanhada de fotografias demonstrativas; apresentaram os textos normativos; enumeraram os agentes de deterioração da madeira; classificaram as madeiras do ponto de vista da sua conservação; apresentaram os produtos preservadores e métodos de tratamento e foi aplicado o Método Factorial para determinar a vida útil estimada, apenas no segundo trabalho referido.

Este trabalho aponta um valor de 20 anos para a vida útil de referência com base em informações contidas nas normas e livros relacionados com o tema.

#### 5.5.9. DURABILIDADE DO REVESTIMENTOS EM CORTIÇA

A cortiça é, por definição, o parênquima suberoso originado pelo meristema súbero-felodérmico do sobreiro. É a epiderme do caule e ramos, a “casca” ou camada protectora da árvore que quando lhe é retirada se regenera.

A cortiça é um material cujas aplicações são conhecidas desde a Antiguidade, algumas delas, desde logo relacionadas com a construção, mas sobretudo como artefacto flutuante e como vedante, cujo mercado, a partir do século XX, teve uma enorme expansão, nomeadamente face ao desenvolvimento de aglomerados diversos à base de cortiça. Este é considerado um material estratégico utilizado para múltiplas aplicações, desde a vedação de vinhos até à euronáutica.

Quando utilizado como revestimento apresenta o aspecto que se mostra na figura seguinte, neste caso usada como revestimento de paredes interiores.



Figura 50 – Revestimento de paredes interiores a cortiça [160]

O trabalho analisado para o estudo da durabilidade da cortiça como revestimentos intitula-se “Revestimentos de Cortiça” de Maria do Pilar da Cunha Coutinho de Abreu e Lima, realizado na FEUP para a disciplina de Durabilidade no âmbito de uma Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado [73].

O autor caracterizou o material em causa; apresentou os textos normativos e regulamentares; identificou as exigências de desempenho; efectuou uma inspecção de edifícios de forma a detectar as patologias associadas; identificou os agentes de degradação mais importantes e os factores influentes na vida útil e aplicou o Método Factorial para estimar a vida útil da cortiça, à semelhança do que já foi realizado.

O autor não mencionou a vida útil de referência.

## 5.6. TABELA SÍNTESE

De forma a agrupar toda a informação atrás referida, de seguida apresenta-se um quadro síntese com todas as informações relevantes relativas à análise de documentos. Esta tabela (quadro 38) identifica o material ou sistema estudado, indica o valor atribuído para a sua vida útil de referência, as condições em que esta foi determinada (quando conhecidas), e são feitas algumas observações, tal como, a proveniência da informação.

	Material / Sistema	VUR identificada nos trabalhos analisados (anos)	Condições de determinação da VUR	Observações
Fachadas	Contraplacado para revestimentos de paredes exteriores	10	-	Não é conhecida a fonte bibliográfica em que se baseiam
	Monomassa	25	-	Não é conhecida a fonte bibliográfica em que se baseiam
	Pinturas exteriores sobre reboco	8	-	Informação baseada na NAHB
	Revestimentos exteriores por pintura	5	-	Informação baseada em fabricantes e por observação de edifícios
	Tintas	5	-	Informação baseada em fabricantes
	Tintas interiores	5	-	Informação baseada em bibliografia associada ao tema da durabilidade
	Placas perfiladas de fibrocimento	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Painéis fenólicos (HPL) para exterior	20	Ensaio de longa duração ("in situ")	Informação baseada num Certificado de Durabilidade austríaco de 1999
		30	Ensaio de degradação artificial sob condições normais de exposição	Informação baseada em Avis Technique 2/07 - 1265 emitido pelo CSTB
	Madeira modificada termicamente	25	Aplicação de acabamento transparente, melhores práticas de execução e execução seguindo o guia do fabricante	Informação baseada na certificação da avaliação do ciclo de vida de BRE - Quality Management System (organização britânica independente e imparcial, de investigação e experimentação)
		10	Sem acabamentos aplicados no material, em que se denota o envelhecimento natural (tonalidade acizentada)	
	Reboco exterior	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Fachadas ventiladas	50	-	Não é conhecida a fonte bibliográfica em que se baseiam
	Fachadas ventiladas revestidas com placas de granito	50	-	Não é conhecida a fonte bibliográfica em que se baseiam
	Fachadas ventiladas revestidas a pedra natural	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
ETICS	30	-	Informação baseada no CSTB [23] e a UEAtc [74]	
	25	-	ETAG 004	

	Material / Sistema	VUR identificada nos trabalhos analisados (anos)	Condições de determinação da VUR	Observações
Fachadas	Revestimentos cerâmicos colados em fachadas	40	-	Informação baseada na AEOTA e ISO 15686-1
		35	-	Informação baseada em bibliografia associada ao tema da durabilidade
		-	-	Determinação da VUR não faz sentido devido à longevidade dos cerâmicos actuais, segundo RECER
	Pastilha cerâmica	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Betão reforçado com fibras de vidro	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Revestimento Graniplast (monomassa)	10	Realização de testes frio / calor	Informação baseada na documentação "Bureau Veritas"
Pavimentos	Parquet industrial	20	-	Informação baseada no contacto com fornecedores
	Revestimentos cerâmicos em piscinas	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Pavimento autonivelante	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Vidro em pavimentos	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Revestimentos de pavimentos - revestimentos de madeira	VUR > 10	-	-
	Revestimentos de pavimentos - revestimento cerâmico	8 <VUR <15	-	-
	Revestimentos de pavimentos - revestimento vinílico	3 <VUR <10	-	-
	Revestimentos de pavimentos - revestimento em granito	VUR > 20	-	-
	Madeira como revestimento de pavimentos	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Pavimentos em madeira por impregnação química em autoclave	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Vinílico em revestimentos de pavimento	VUR > 20	Aplicado e conservado correctamente	Informação baseada numa entrevista de Aleksandro Alencar, supervisor de assistência técnica e atendimento ao cliente da Fadamac
	Revestimentos de pavimentos em madeira	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Pavimentos em madeira em edifícios residenciais	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR

	Material / Sistema	VUR identificada nos trabalhos analisados (anos)	Condições de determinação da VUR	Observações
<b>Coberturas</b>	Sistema de drenagem predial de águas pluviais	40	-	-
	Membranas betuminosas flexíveis - impermeáveis de coberturas planas	10	-	Informação baseada em bibliografia associada ao tema da durabilidade
	Revestimentos de coberturas planas	10	-	Informação baseada em fabricantes e documentos de aplicação do LNEC
	Telhas cerâmicas	43	-	Informação baseada em "Principal Guide for Service Life Planning of Japan"
		30	-	Informação baseada em fornecedores e técnicos do CTCV
		20	-	Informação baseada em fabricantes
	Soletos de ardósia	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
Isolamento térmico em coberturas invertidas	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR	
<b>Aplicação em Diversos Locais</b>	Janelas de caixilharia em PVC	25	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Caixilharias de madeira	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Balcões pétreos de cozinha	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Aço galvanizado a quente	30	Espessura de 38 µm	Não é conhecida a fonte bibliográfica em que se baseiam
	Argamassas poliméricas	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Argamassas tradicionais em rebocos exteriores	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR
	Portas exteriores em madeira maciça	20	-	Informação baseada em normas e bibliografia de durabilidade
	Revestimentos em cortiça	-	-	Foi consultado o documento mas não referiram VUR



# 6

## BASE DE DADOS

### 6.1. INTRODUÇÃO

O principal objectivo deste trabalho é construir uma base de dados contendo as diversas informações relativas a estudos já realizados no âmbito do Método Factorial. Resulta da necessidade de reunir as informações já analisadas que, no entanto, permanecem dispersas, constituindo um contributo para a sistematização do conhecimento da vida útil estimada dos materiais e elementos da construção, isto é, um elemento de consulta que permite avaliar a durabilidade na indústria da construção.

Trata-se de um conjunto de registos dispostos numa estrutura regular que possibilita a organização dos mesmos e a consulta de informação com estruturas que têm a forma de tabelas.

*“A quantificação dos valores do Método Factorial, no entanto, é difícil porque estes são numerosos e porque os dados relativos à construção (...) são insuficientes. Estes problemas combinam-se e tornam difícil a manutenção de edifícios. Por esta razão, é necessário construir uma base de dados que permita, de forma racional, estimar a vida útil dos materiais e componentes de construção”.* [61]

Para o efeito, foi usado o programa de cálculo “Excel” da Microsoft. A cada opção do material ou componente correspondem duas folhas de cálculo: a primeira corresponde à apresentação dos resultados e a segunda ao tratamento dos dados. Na segunda folha de cálculo foram introduzidos os parâmetros que correspondem a cada factor e respectivos índices a aplicar. Estes parâmetros podem ser alterados, bem como os índices, ou seja, são editáveis para os casos específicos que não coincidem exactamente com os critérios apresentados. Por outro lado, a primeira folha de cálculo encontra-se automaticamente ligada com os dados introduzidos na segunda, ou seja, qualquer alteração introduzida na segunda folha é alterada de imediato na primeira folha.

## 6.2. ESTRUTURA

O objectivo desta base de dados é identificar e divulgar a vida útil estimada dos materiais e componentes mais comuns na construção.

A base de dados criada apresenta-se da seguinte forma:

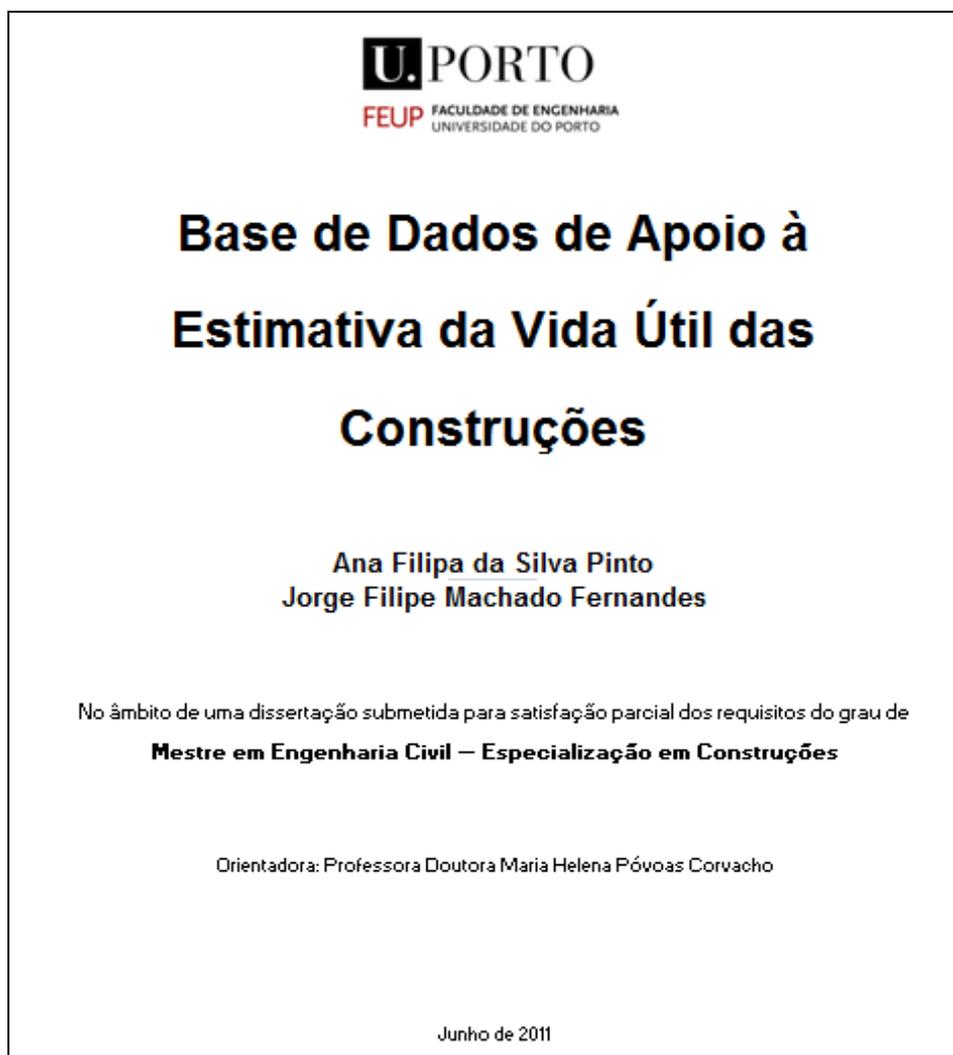


Figura 51 – Apresentação da base de dados criada

Como se pode verificar, é apresentado o fim a que se destina, o âmbito em que foi criada, os seus autores, bem como, a sua Orientadora.

Na ferramenta criada, é também apresentado um conjunto de indicações orientador da sua correcta utilização, denominada “Instruções”.

Trata-se de alguns esclarecimentos relativos à própria ferramenta informática que possibilitam o seu uso de forma adequada, como a “activação das Macros” e de “como guardar um estudo feito”, tal como se pode ver nas figuras 52 e 53 que se apresentam de seguida.

**Para o correcto funcionamento desta folha de cálculo aconselha-se a activação das Macros.**

**Passos para activar as Macros:**

- Clicar no "botão do Office";
- Clicar nas "Opções do Excel";
- Clicar no "Centro de Fidedignidade";
- Definição do "Centro de Fidedignidade";
- Clicar nas "Definições das Macros";
- Seleccionar "Activar Todas as Macros" (figura 1).

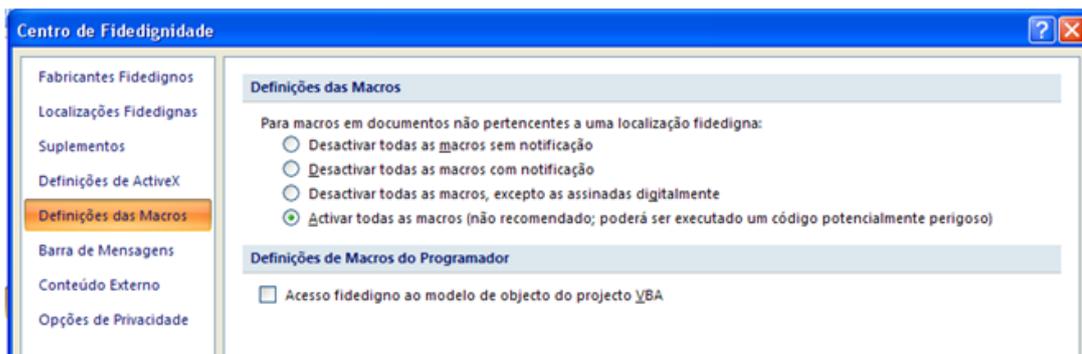


Figura 52 – “Activação das Macros”

**Como Guardar um estudo feito:**

- Clicar no "botão do Office";
- Clicar em "Guardar como";
- Seleccionar "PDF ou XPS" (figura 2);

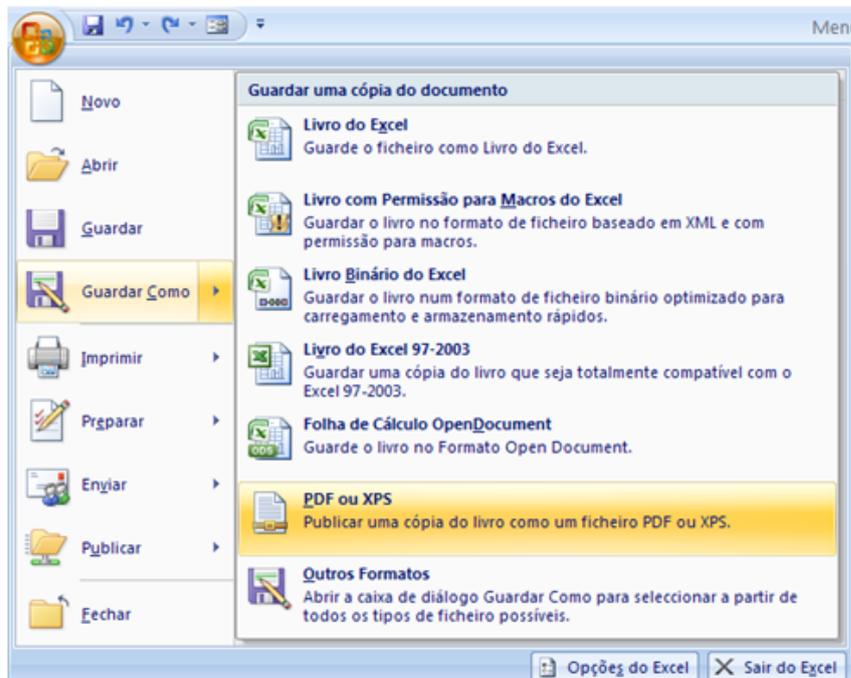


Figura 53 – “Como guardar um estudo feito”

A base de dados proposta apresenta um menu principal com quatro campos onde é possível seleccionar o elemento onde se insere o material que se pretende estudar, tal como: elementos de cobertura, elementos de fachada, elementos de pavimento e um outro mais abrangente denominado elementos de aplicação em diversos locais. Apresenta ainda dois campos funcionais que serão descritos posteriormente. Na figura 54 é possível observar o referido Menu Geral e respectivos campos de selecção.



Figura 54 – Menu Geral da base de dados proposta

Seleccionando qualquer um dos campos de selecção onde se insere o material analisado é possível identificar o número e a descrição das fichas, ou seja, quantas fichas existem relativamente ao local seleccionado e os materiais que já foram alvo de estudo. É possível igualmente regressar ao menu geral, o menu anterior, através da selecção do mesmo. A título de exemplo, seleccionando o ícone “*Elementos de Cobertura*”, é possível verificar que já foram estudados dez componentes de coberturas e quais esses componentes, tal como se pretende demonstrar na figura 55.

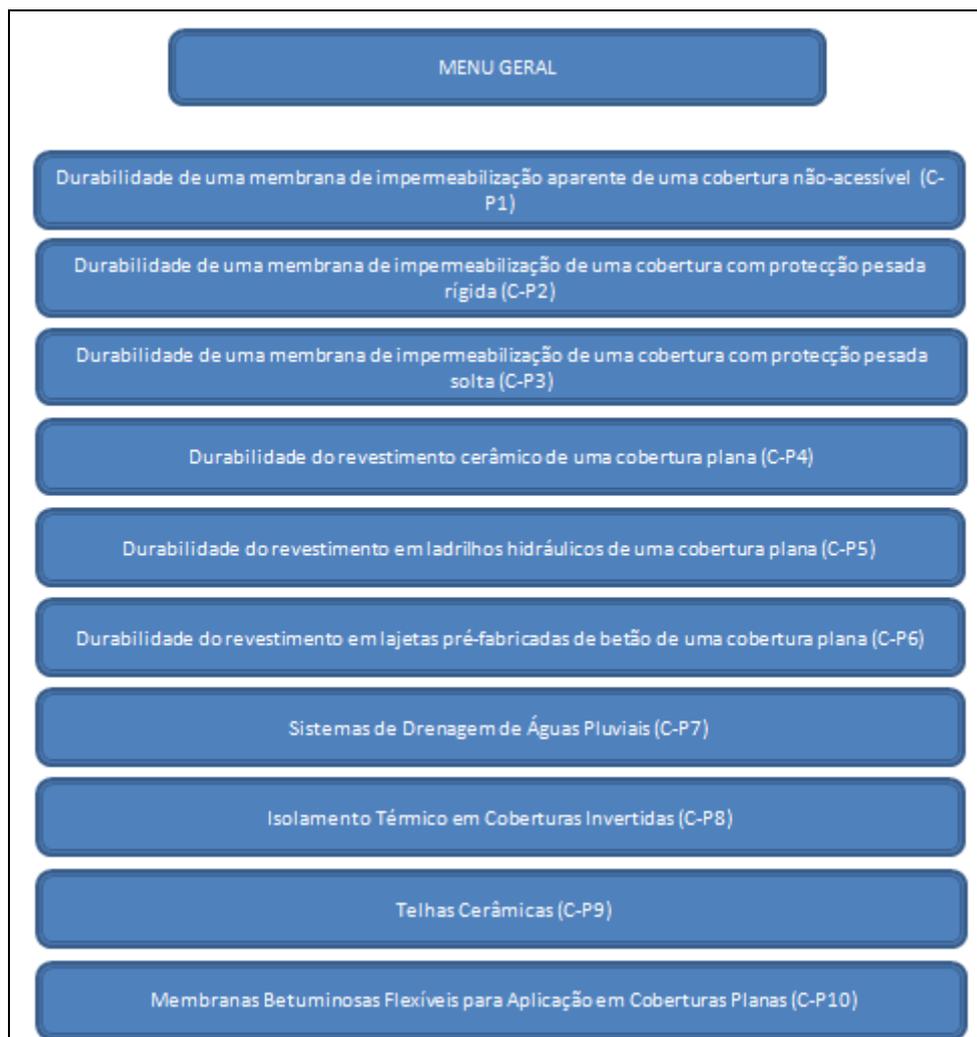


Figura 55 – Menu Elementos de Coberturas

A cada material ou componente é atribuída uma sigla, por exemplo, C-P9, cuja primeira letra, neste caso “C”, significa cobertura, precedida de um “P” comum a todos os casos que representa proposta, e de um algarismo que numera os elementos, ou seja, no caso mencionado, significa “proposta do elemento/material 9 de uma cobertura”. Da mesma forma, e uma vez que a letra “P” e o algarismo é comum a todos os casos, a letra “C” representa Coberturas, como já foi referido; a letra “F” representa Fachadas; a letra “P” representa Pavimentos e a letra “D” representa Diversos (aplicação em diversos locais). É possível também regressar ao menu geral seleccionando o ícone com o mesmo nome no início do menu, tal como se apresenta na figura 55; o mesmo é válido para cada um dos menus referentes aos diferentes componentes.

Ao seleccionar o menu “*Elementos de Fachada*”, é possível verificar que já foram determinadas as vidas úteis de dezanove materiais, tais como: fachadas ventiladas; revestimento exterior em madeira; painéis fenólicos (HPL) para exteriores; placas perfiladas de fibrocimento; revestimento monocamada; revestimento monomassa; revestimento Graniplast (Monomassa); pastilhas cerâmicas; reboco exterior; betão reforçado com fibras de vidro; revestimentos cerâmicos de fachadas; contraplacado para revestimentos de paredes exteriores; ETICS; reboco delgado armado sobre poliestireno expandido –

ETICS; fachadas ventiladas com revestimento a pedra natural; tintas interiores; tintas; pinturas exteriores e pinturas exteriores sobre reboco, tal como se pode observar na figura 56.



Figura 56 – Menu Elementos de Fachadas (excerto)

O menu “Elementos de Pavimentos” contém seis materiais analisados, de entre eles: vidro em pavimentos; revestimentos cerâmicos em piscinas; pavimentos em madeira; parquet industrial; vinílico em revestimento de pavimentos e pavimento autonivelante, tal como é possível verificar na figura 57.

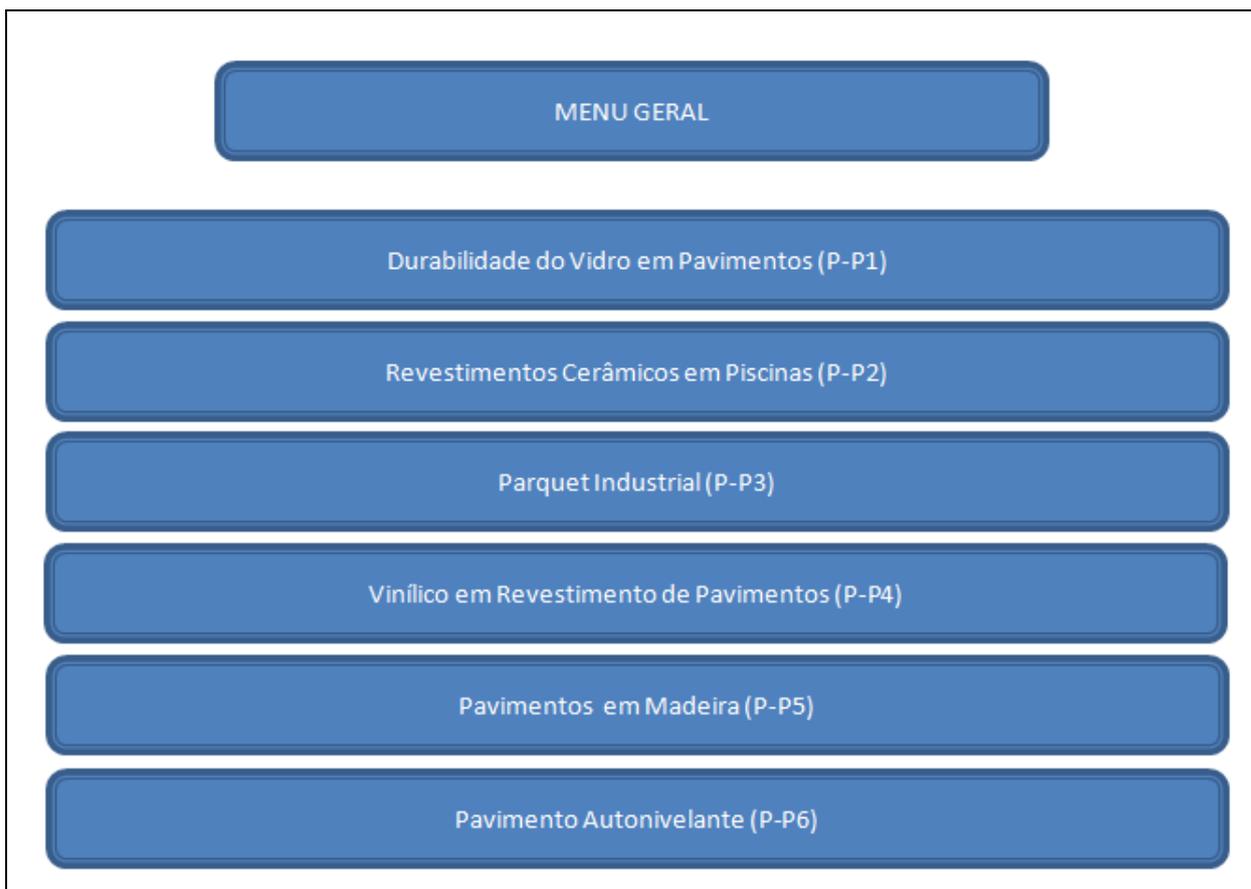


Figura 57 – Menu Elementos de Pavimentos

O último menu, tal como já foi referido, tem um carácter mais abrangente e nele se incluem todos os materiais que são susceptíveis de aplicação em diversos locais, como: as argamassas poliméricas; as argamassas tradicionais em rebocos exteriores; as janelas de caixilharia em PVC; o aço galvanizado por imersão a quente; as portas exteriores de madeira maciça; vedação de caixilharias de madeira; revestimento de cortiça e balcões pétreos de cozinha. Analisando a figura 58 é possível verificar que foram analisados oito casos.



Figura 58 – Menu Elementos de Aplicação em Diversos Locais

Ao seleccionar uma proposta de um material é possível verificar que a este estão associados os diversos factores modificadores e respectivas opções de escolha relativamente ao índice a aplicar. Analisando a proposta da ficha de durabilidade de uma membrana de impermeabilização de uma cobertura não acessível, nomeadamente os factores modificadores, verifica-se que a cada um dos factores é possível associar o índice respectivo através da selecção do ícone que a este se atribuí, como se pretende demonstrar na figura 59.

Figura 59 – Selecção do índice atribuído a cada factor

A escolha que se pretende demonstrar é possível para cada um dos diferentes factores e sub-factores; estão disponíveis, igualmente, dois campos que permitem regressar ao Menu Geral (campo “Menu”) e um ícone que possibilita a eliminação de todos os dados inseridos denominado “Limpar”, tal como se pode visualizar na figura 59.

Depois de seleccionadas as diferentes hipóteses associadas a cada factor modificador, e, por isso, depois da atribuição do respectivo índice a aplicar, é possível consultá-los no quadro associado aos factores modificadores. Se ao caso em estudo, determinado factor modificador não se aplicar, aparece no campo do índice a inscrição “não aplicável”, tal como se demonstra na figura 60.

Factor A	Factor B	Factor C	Factor D	Factor E	Factor F	Factor G
1,05	0,96	1,05	Não aplicável	0,93	Não aplicável	0,80

Figura 60 – Tabela dos factores modificadores e respectivos índices

Posteriormente, é necessário introduzir o valor da vida útil de referência e, para isso, basta seleccionar o número, tal como se evidencia na figura 61. Apesar de a informação ser quase nula nos documentos analisados, é possível também informar o utilizador das condições em que a vida útil de referência foi determinada, como se pode ver na figura 62.

Vida Útil de Referência (anos)	
10	<input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/>

Figura 61 – Tabela de atribuição da vida útil de referência

Condições da Vida Útil de Referência
--------------------------------------

Figura 62 – Tabela das condições de determinação da vida útil de referência

Depois de introduzidos os valores da vida útil de referência e de seleccionada a opção associada a cada factor modificador a base de dados fornece a vida útil estimada em anos (figura 63).

Vida Útil Estimada (anos)
8

Figura 63 – Tabela da vida útil estimada

A base de dados proposta possibilita também a hipótese de recolher, no final, a respectiva matriz de durabilidade associada ao material em estudo. Na figura 64 apresenta-se uma parte de uma matriz de durabilidade proveniente da base de dados. É importante mencionar que a selecção dos índices também pode ser efectuada através da matriz de durabilidade na base de dados que se propõem.

(C-P1) Durabilidade de uma membrana de impermeabilização aparente de uma cobertura não-acessível			
Factor A	A1 - Declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade		Índice aplicável
	Com declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade		1,2
	Com declaração de conformidade CE ou Certificado de Qualidade		1,0
	Desconhecido		1,0
	A2 - Características do isolamento térmico		Índice aplicável
	Isolamento térmico com classificação ISOLE superior à encomendada para o tipo de cobertura		1,2
	Isolamento térmico com a classificação ISOLE recomendada para o tipo de cobertura		1,0
	Isolamento térmico com classificação ISOLE inferior à recomendada para o tipo de cobertura		0,8
	Desconhecido		1,0
	A3 - Presença de armadura na membrana (*)		Índice aplicável
	Membrana armada		1,1
	Membrana não armada		1,0
	Não aplicável/Desconhecido		1,0
	(*) - Aplicável apenas a membranas termoplásticas ou elastoméricas		
	A4 - Tipo de armadura da membrana betuminosa (*)		Índice aplicável
	Membrana armada com feltro de poliéster de 250 g/m <sup>2</sup> ou armada com feltros de poliéster e de fibra de vidro		1,2
	Membrana armada com feltro de poliéster de, pelo menos, 150 g/m <sup>2</sup>		1,0
	Membrana armada com feltro de fibra de vidro		0,8
	Não aplicável/Desconhecido		1,0
	(*) - Aplicável apenas a membranas betuminosas		
B1 - Qualidade e nível de pormenorização construtiva do projecto		Índice aplicável	
Soluções adequadas e pormenorização cuidada		1,2	
Soluções adequadas e pormenorização geral		1,0	
Soluções inadequadas ou deficiente pormenorização		0,8	
Desconhecido		1,0	
B4 - Caminhos de circulação		Índice aplicável	
Existência de caminhos de circulação que permitem o acesso a os os pontos de inspeção		1,2	
Existência de caminhos de circulação que permitem o acesso aos pontos de inspeção principais		1,0	
Inexistência de caminhos de circulação		0,8	
Desconhecido		1,0	
B5 - Juntas de sobreposição das membranas		Índice aplicável	

Figura 64 – Matriz de durabilidade da base de dados (excerto)

### 6.3. FUNCIONALIDADES

#### 6.3.1. BIBLIOGRAFIA

A base de dados proposta apresenta, para além do já enunciado, uma “Bibliografia”. Trata-se de um registo de documentos sobre durabilidade, mais especificamente, o Método Factorial, isto é, um catálogo de obras que podem servir como fonte para consulta.

Pretende-se, com esta partição, disponibilizar uma base de dados temática com as referências mais relevantes, ou seja, compilar as referências bibliográficas das fichas de durabilidade.

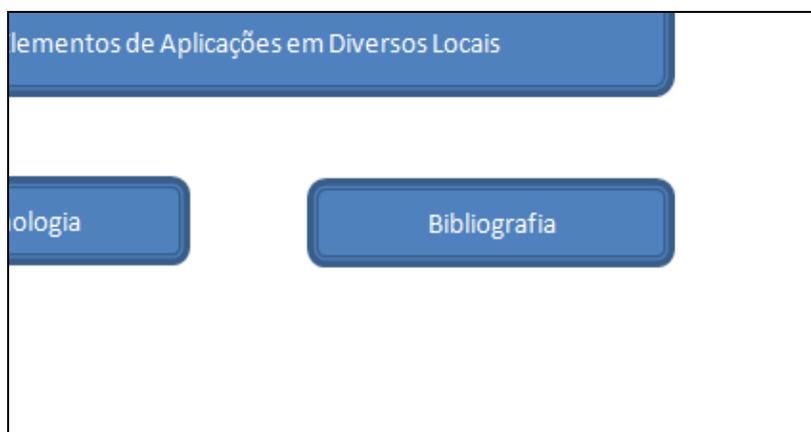


Figura 65 – Bibliografia

Para ter acesso a estas informações, é necessário seleccionar o ícone “Bibliografia”, tal como se demonstra na figura 65 e, como já foi mencionado, é possível analisar a bibliografia de toda a documentação analisada e que serviu de base à construção desta base de dados (figura 66).

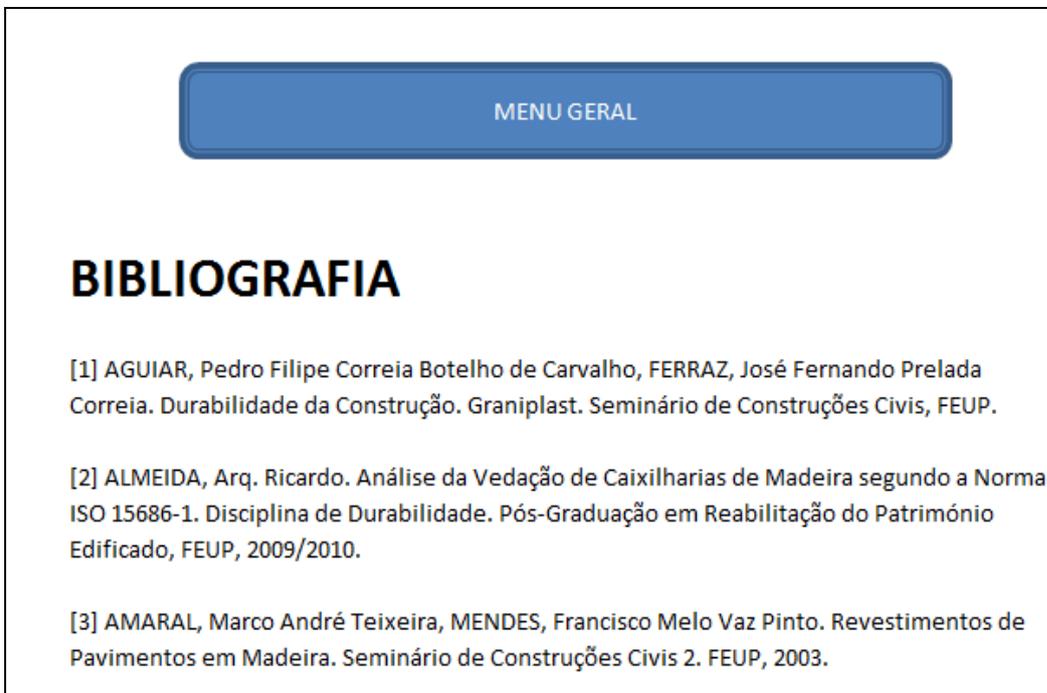


Figura 66 – Bibliografia da base de dados proposta (excerto)

### 6.3.2. TERMINOLOGIA

A base de dados proposta apresenta uma outra secção denominada “Terminologia”. Pretende-se com esta secção apresentar um conjunto de termos técnicos relacionados com a temática Durabilidade. Trata-se de uma base de dados com a definição dos conceitos e parâmetros mais utilizados no âmbito da temática da Durabilidade; uniformiza a linguagem empregada nas fichas de durabilidade.

De forma a aceder a este módulo, basta seleccionar o campo “Terminologia”, que se apresenta no Menu Geral, tal como se pretende evidenciar na figura 67.



Figura 67 – Terminologia

Esta secção contém, tal como já foi referido, a definição dos conceitos mais utilizados presentes na norma ISO15686-1, tal como se demonstra através da figura 68, na qual se apresenta um excerto.

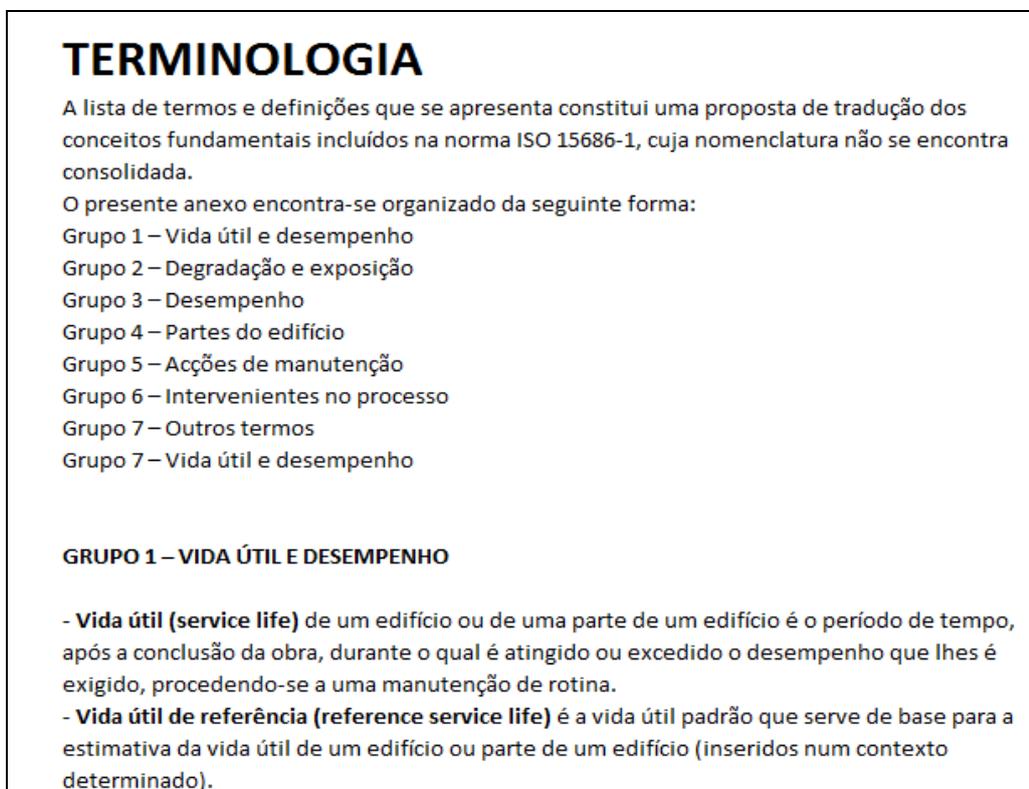


Figura 68 – Terminologia da base de dados proposta (excerto)

#### 6.4. NOTA FINAL

As fichas de durabilidade apresentadas propõem uma vida útil estimada tipo, determinadas para condições específicas que se pretendeu identificar devidamente. No entanto, a estimativa da vida útil exige um estudo detalhado de todos os factores modificadores e, por isso, de todas as condições a que o material está sujeito, pelo que, as estimativas apresentadas devem ser generalizadas e criteriosamente estudadas.



# 7

## VIDA ÚTIL DE REFERÊNCIA NUMA PERSPECTIVA FUTURA

### 7.1. INTRODUÇÃO

Tal como já foi referido e sumariamente, a vida útil de referência pode ser definida, segundo a norma ISO 15686, como a vida útil padrão que serve de base para a estimativa da vida útil de um edifício (inseridos num contexto determinado). O valor a atribuir a este conceito pode ser baseado em dados fornecidos pelo fabricante ou resultados de um laboratório de ensaios; dados de experiências anteriores ou observações de construções similares ou que se encontrem em condições similares; informações contidas em Documentos de Homologação ou outros documentos desse tipo; informação recolhida em bibliografia relacionada com o tema da durabilidade.

A fiabilidade do valor calculado pelo Método Factorial depende do valor da vida útil de referência, pelo que, este deve aplicar-se a condições próximas ou comparáveis com as especificações da situação a estimar e quando baseado em dados do fabricante deverá ter-se conhecimento das condições relativas às suas previsões bem como os métodos utilizados, evitando a situação da duplicação da quantificação do efeito de determinadas variáveis.

### 7.2. SITUAÇÃO ACTUAL

Hoje em dia os valores da vida útil de referência disponíveis são geralmente baseados em registos de dados não estruturados tomados a partir da experiência. Para isto contribuiu o facto de que os meios usados na atribuição da vida útil de referência apresentam algumas limitações.

Em relação aos produtos novos, na sua maioria ainda não foram submetidos a ensaios e não existe ainda um histórico de aplicações e, por isso, os dados referentes à vida útil de referência são apenas provenientes do fornecedor ou fabricante.

Contudo, são raros os fabricantes que apresentam um valor para a vida útil de referência dos seus materiais e quando apresentam, não fazem referência às condições em que foi determinada. Além disso, é necessário ter em conta que os valores apresentados são provavelmente influenciados por questões económicas.

Os materiais que foram submetidos a ensaios de curta duração apresentam um valor para a vida útil de referência que foi determinado por uma conversão entre o tempo de ensaio acelerado e o tempo de envelhecimento real; esta conversão nem sempre é feita em condições ideais, isto é, é muito difícil efectuar uma correcta transposição.

Por outro lado, os ensaios de longa duração são muito morosos e, a partir deles, não se obtém a resposta imediata necessária para satisfazer as exigências actuais de durabilidade; ou seja, apesar de se realizarem, por vezes, ensaios em edifícios experimentais especificamente concebidos para se ensaiar materiais e componentes, frequentemente não é possível obter resultados específicos por causa do factor tempo.

Além disso, como já foi mencionado, é necessário ter sempre em conta as condições em que os ensaios foram efectuados e os seus efeitos, como por exemplo, as condições ambientais, ou seja, é difícil quantificar as condições ambientais e monitorizar durante um período de tempo suficiente para a avaliação dessas condições ambientais. O valor da vida útil de referência determinada nestas condições é válido apenas para materiais que se encontrem igualmente nessas condições, o que nem sempre se verifica.

Outro obstáculo que se pode encontrar na atribuição de um valor à vida útil de referência diz respeito à dificuldade na determinação das características críticas dos produtos. Estas características críticas são difíceis de determinar e variam de produto para produto e influenciam o valor da vida útil de referência.

Devido a todas as restrições já enunciadas o valor da vida útil de referência é muito difícil de determinar. Esta constitui uma das dificuldades no âmbito da durabilidade.

### **7.3. PERSPECTIVAS FUTURAS**

Hoje em dia, assiste-se a grandes esforços na tentativa de obter estimativas de durabilidade dos componentes utilizados na construção. O Método Factorial e, por conseguinte, a vida útil de referência como dado para o método fornecem um ponto de partida muito valioso.

A introdução de novos materiais e soluções e o desconhecimento do seu desempenho, a maior preocupação com os problemas ambientais e a adequada utilização dos recursos existentes, a preocupação crescente com o controlo dos custos de construção são os factores impulsionadores para o empenho que se verifica actualmente neste âmbito. Nos últimos anos, assiste-se a grandes desenvolvimentos nesta temática mas mostra-se necessário a atribuição de um valor para a vida útil de referência para os diversos materiais de construção.

Apesar de alguns materiais já terem sido devidamente analisados, a nível internacional, e possuírem Documentos de Homologação ou similares onde se encontra o valor da vida útil de referência estes encontram-se dispersos.

Verifica-se também que vários estudos relacionados com esta temática já foram desenvolvidos, no entanto, são de difícil acesso e não se encontram uniformizados numa mesma documentação. O mesmo pode ser dito a respeito de dados de experiências anteriores ou de observações de construções similares.

Por estas razões, é objectivo deste trabalho criar uma base de dados onde é possível reunir e uniformizar esta informação.

Pelos motivos já enunciados, gostaria de propor, tendo em conta a importância desta temática, que fosse criada uma entidade ou uma instituição devidamente credenciada e com profissionais devidamente preparados ou que se atribuísse a uma instituição já criada a função de testar os materiais de construção de forma a atribuir um valor à sua vida útil de referência e a produzir um certificado a atribuir aos materiais onde se especifica não só esse valor mas também as condições em que foi determinada e qual os meios utilizados. Em simultâneo, deveria ser criada por essa mesma instituição uma base de dados que deveria ser actualizada periodicamente e que estivesse disponível on-line, bem como, um software de fácil consulta que possibilitasse estimar a vida útil acessível não só aos profissionais da área mas também aos que não têm conhecimento especializado nesta área. Para além disso, deveria ser efectuada uma correlação entre os materiais aplicados em Portugal e os estrangeiros.

Mostrava-se necessário também, e devido à crescente importância do tema da durabilidade, a obrigatoriedade presente na legislação portuguesa da atribuição do valor da vida útil de referência por parte dos fabricantes e fornecedores.

Poderia ser criado também programas de incentivo aos fabricantes e fornecedores para que construíssem edifícios experimentais concebidos para testar os materiais e as técnicas construtivas, bem como analisar a interação entre os diferentes materiais, desde que devidamente fiscalizados para que não interferissem nos resultados interesses económicos.

Outra sugestão, de forma a desenvolver esta temática, seria a inspecção periódica de edifícios públicos que superintendem um parque alargado de construções por parte dos técnicos da instituição proposta, tais como Câmaras Municipais, escolas, Juntas de Freguesia, etc. (edifícios públicos que têm sob a sua responsabilidade diferentes edifícios com diferentes usos), de forma, a averiguar o desempenho dos materiais ao longo do tempo de acordo com as condições a que estão sujeitos ou a atribuição de um programa de incentivo a particulares para que o mesmo fosse feito na sua habitação com a aplicação de materiais e técnicas construtivas novas.

Outra medida, de mais difícil concretização, poderia ser incluir nos censos perguntas relacionadas com o desempenho dos materiais genéricos aplicados nas suas habitações, o que daria, uma noção muito abrangente das condições dos materiais aplicados na construção e nas condições portuguesas. Contudo, as conclusões reunidas seriam pouco rigorosas devido à falta de informação técnica da generalidade dos proprietários.

A população portuguesa em geral deveria estar mais sensibilizada para esta temática da durabilidade da construção e deveria ter conhecimento e, por conseguinte, acesso a conferências e palestras que actualmente só se destinam a profissionais.



# 8

## CONCLUSÕES

### 8.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da durabilidade dos produtos da construção tem registado um forte desenvolvimento ao longo dos últimos anos, procurando ser uma ferramenta muito útil aos projectistas de forma a permitir a selecção de determinada solução construtiva e estabelecer o calendário para a execução dos trabalhos de manutenção e substituição do produto e quando associada a questões ambientais, económicas e à qualidade de vida, a sua importância acentua-se.

Com a publicação da norma ISO 15686, o Método Factorial tem vindo a despertar um crescente interesse e começam a surgir estudos que pretendem contribuir para a previsão quantificada da durabilidade dos produtos da construção, de modo a, permitir a opção por determinada solução construtiva na fase de projecto.

Trata-se, portanto, de uma excelente ferramenta para usar em projecto de forma a avaliar comparativamente determinadas opções do ponto de vista da durabilidade, conferindo com algum grau de confiança que uma solução com um maior valor da vida útil estimado será com certeza uma solução mais durável do que uma solução com um valor da vida útil baixo.

Para a avaliação da durabilidade de um edifício ou de um elemento de um edifício, é necessário conhecer a durabilidade dos produtos aí aplicados. Isto pressupõe um conhecimento profundo das propriedades desses produtos e dos agentes degradantes, sendo necessário contextualizar os produtos a diferentes realidades.

Os métodos para a previsão da vida útil dos produtos da construção devem permitir avaliar se determinado produto desempenha satisfatoriamente as suas funções durante um período de tempo, até que seja necessário intervir para o substituir ou reparar.

Para o efeito, foi estudada a norma ISO 15686, em particular o Método Factorial, e compreendido o seu âmbito de aplicação. Foram analisados os parâmetros de que depende a vida útil estimada, designadamente, a vida útil de referência e os factores modificadores.

Relativamente aos factores modificadores são caracterizados através de uma Matriz de Durabilidade, onde se tenta sintetizar as diferentes situações a que os materiais podem estar sujeitas em, sendo assim mais fácil a utilização por parte dos técnicos projectistas. Por este motivo, a Matriz de Durabilidade pode não abranger a todas as situações a que os materiais podem estar sujeitas.

Em relação à vida útil de referência, constatou-se que esta é de difícil determinação e a informação existente é rara e encontra-se actualmente dispersa.

Como já foi referido, o objectivo deste trabalho era criar uma base de dados que permitisse determinar uma estimativa da vida útil dos materiais ou componentes construtivos, mais especificamente discutir-se a importância da vida útil de referência para a determinação da vida útil estimada.

Posto isto, foi consultado um grupo de documentos nacionais e internacionais referentes ao tema da durabilidade na construção, nomeadamente, teses para atribuição de grau mestre em engenharia civil, pós-graduações em durabilidade, livros de actas de conferências de durabilidade e bases de dados internacionais disponíveis on-line.

Depois de analisada a documentação disponível, procedeu-se à recolha dos dados e posterior introdução destes na base de dados criada para o efeito, analisando-se em todos os casos a proveniência, a fiabilidade e as condições de determinação.

Percebeu-se que o Método Factorial, embora bastante utilizado, apresenta algumas limitações e é criticado por diversos autores por não ser um método sensível à incerteza associada à variabilidade dos fenómenos que ocorrem nos processos de degradação. De facto, pela aplicação deste método, obtém-se apenas um valor absoluto (expresso em anos) que representa o limite expectável da vida útil do elemento analisado, mas não informa da possível dispersão de resultados, não tem em conta a sinergia existente entre os diversos factores, nem o nível de risco associado ao resultado obtido. Este facto decorre de diversos factores, entre os quais se destacam [51]:

- utilização dos factores modificadores como variáveis absolutas, o que pressupõe uma certa constância no ritmo de degradação contrária ao que se verifica na realidade;
- utilização apenas de operações de multiplicação como forma de relacionar factores – sobretudo nos seus desenvolvimentos, preconiza a utilização de factores de adição;
- a não hierarquização das variáveis, como distinção das que mais poderão afectar a vida útil do elemento e da sua velocidade de actuação;
- por fim, note-se que, no estado actual do conhecimento, a determinação dos factores é feita sobretudo de forma empírica, o que pode introduzir pequenas variações ao nível da sua quantificação que se traduzem em grandes diferenças de resultado final (decorrentes da multiplicação de factores), não expressa na apresentação de resultados.

À semelhança de outros métodos para a estimativa da vida útil, alguns destes aspectos só poderão ser ultrapassados com a produção de grandes bases de dados que validem os resultados obtidos, que foi o que se pretendeu realizar com este trabalho.

Da literatura sobre o Método Factorial, destaca-se algumas pistas de desenvolvimento no sentido de lhes permitir incorporar a variabilidade da realidade, dentre as quais se destacam a manipulação dos parâmetros considerados nos seguintes pontos [74]:

- aumento do numero de factores na equação base, distinguindo as particularidades dos casos estudados;
- distinção hierárquica entre factores;
- identificação de novas formas de combinação de factores (novas operações, na equação base e sub-equações por factor);

- introdução dos níveis de risco ou incerteza relacionados com os factores.

*“ A quantificação dos factores modificadores exige uma considerável perícia e experiência e, apesar da abordagem simples, muita reflexão e trabalho para que se possa retirar conclusões a partir dessa abordagem. Não é adequada a sua aplicação por utilizadores finais.” [61]*

Tendo em conta que o Método Factorial ainda se encontra desconhecido pela maioria dos técnicos projectistas, sugere-se a sua divulgação enquanto ferramenta de dimensionamento da durabilidade, através dos actuais meios de comunicação com os técnicos abrangidos.

Considera-se importante, que a curto prazo, este tipo de métodos sejam utilizados na maioria dos projectos de modo a permitir detectar os principais desvios da realidade e consequentemente afinar critérios e valores a atribuir aos factores modificadores em Portugal.

As principais dificuldades encontradas ao longo da realização deste trabalho foram a reduzida informação disponível sobre a vida útil de referência, a sua dispersão e o desconhecimento das condições em que foram determinadas. A obtenção deste valor não é directa e nem sempre está acessível. A situação ideal seria aquela em que o fabricante indicasse desde logo o valor para a vida útil de referência, especificando a forma como foi obtido – por meio de ensaios de envelhecimento acelerado ou através de ensaios de campo, de envelhecimento natural -, em que circunstâncias e as variáveis tidas em conta. Os ensaios de envelhecimento acelerado, apesar de serem os mais frequentemente usados quando os materiais ainda não se encontram no mercado há tempo suficiente para a realização de ensaios de envelhecimento natural, são de relativa fiabilidade. Os ensaios de envelhecimento natural deveriam começar a ser aplicados progressivamente de forma sistematizada e organizada. Como tal, no capítulo anterior, fez-se um conjunto de sugestões com o objectivo de diminuir estas restrições.

Em termos conclusivos, é importante referir que é fundamental continuar a desenvolver métodos de avaliação da durabilidade dos produtos da construção, como forma de melhoria da qualidade e sustentabilidade dos edifícios.

Espera-se que as considerações feitas neste estudo possam contribuir para incrementar o desempenho e a durabilidade dos materiais de construção.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] Architectural Institute of Japan (AIJ) - *The English Edition of Principal Guide for Service Life Planning of Buildings*. Chairman: AIJ, 1993.
- [2] Aguiar, Pedro Filipe Correia Botelho de Carvalho; FERRAZ, José Fernando Prelada Correia. *Durabilidade da Construção*. Graniplast. Seminário de Construções Cívicas, FEUP.
- [3] Almeida, Arq. Ricardo. *Análise da Vedação de Caixilharias de Madeira segundo a Norma ISO 15686-1*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, 2009/2010.
- [4] Amaral, Marco André Teixeira; Mendes, Francisco Melo Vaz Pinto. *Revestimentos de Pavimentos em Madeira*. Seminário de Construções Cívicas 2. FEUP, 2003.
- [5] Antunes, Carla; Bastos, Paulo. *Projecto para a Durabilidade – Revestimentos Monomassa*. Durabilidade da Construção. Seminário de Construções 2. FEUP, 2003.
- [6] Antunes, Rui Nelson Carreira. *Durabilidade do Vidro em Pavimentos*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, 2009.
- [7] APCER – *Guia Interpretativo – ISO 9001:2000 – 2003*.
- [8] Araújo, Pedro Albuquerque de; Madureira, Luísa Marques. *Durabilidade de Telhas Cerâmicas*. Seminário de Construções. FEUP.
- [9] Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica e Construção - *Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos*. Coimbra: APICER, 2003.
- [10] Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica e Construção - *Manual de Aplicação de telhas cerâmicas*. Coimbra: APICER, 1998.
- [11] Association pour L'Étude de la Pathologie et L'Entretien du Bâtiment (EPEBat) – *Classement reVETIR des systèmes d'isolation thermique des façades par l'exterieur: définition et emploi*. Livraison 375, Cahier 2929. Paris: CSTB, 1996.
- [12] Assunção, Irma Lobato de Faria. *Durabilidade. Durabilidade de Revestimentos Cerâmicos em Piscinas*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, 2009/2010.
- [13] Barbedo, Paulo Jorge da Fonseca; Guedes, Luís Miguel da Silva; Silva, Pedro Henrique Vieira Alves da. *Parquet Industrial. Normas Aplicáveis. Durabilidade*. FEUP.
- [14] Barbosa, Pedro Ricardo G.D. (000501076); Nicolau, Ana João Carneiro (000501082). *Durabilidade da Construção. Tintas*. Seminário de Construções Cívicas, FEUP, Dezembro 2006.
- [15] BRE – *Building Elements Performance, diagnosis, maintenance, repair and the avoidance of defects – “Walls, Windows and Doors”* – 1998.
- [16] BS 7543:2003, *Guide to durability of buildings and building elements, products and components*. British Standards (BSi).
- [17] BS 8200:1985. *Code of practice for -Design of non-load bearing external vertical enclosures of buildings*. British Standards (BSi), 1985.
- [18] Calejo, Rui – *A incidência do factor humidade na patologia de edifícios*: actas das 6ª Jornadas de Construções Cívicas. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 1998, pp. 146-156.

- [19] Carvalho, Joana; Silva, Sónia; Teles, Marta. *Durabilidade de Rebocos Exteriores Correntes*. Seminário de Construções Cívicas, DEC. FEUP, 2003/2004.
- [20] Castanheira, Nuri Xilandra Velosa Ribeiro Morgado. *Durabilidade do Revestimento de Monocamada. Vida útil do material*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, 16 Fevereiro 2009.
- [21] Cecconi, Fulvio Re. *Epistemic Uncertainty Propagation in Service Life Prediction using the Factor Method* - XII DBMC 12<sup>th</sup> International conference on Durability of Building Materials and Components – FEUP, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Volume III, 2011.
- [22] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) – *Classement des Locaux en Fonction de l'Exposition à Humidité des Parois*. Cahier 3335 du CSTB. Paris: CSTB, 2001.
- [23] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) – *Revêtements de sol: notice sur le classement UPEC et classement UPEC des locaux*. Cahier 3509. Groupe spécialisé n° 12. Paris: CSTB, 2004.
- [24] Chamosa, J.V.; Ortiz, J.R. - *Patología de la construcción en España: aproximación estadística*. Informes de la Construcción. Madrid, 1984. Vol. 36 n°1, p. 364.
- [25] Comissão das Comunidades Europeias (CEE) – *Directiva Europeia 89/106/CEE – Directiva dos Produtos da Construção (DPC)*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias n° L 40 de 11/02/89, alterada pela Directiva 93/68/CE, publicada Jornal Oficial das Comunidades Europeias n° L 220 de 30/08/93. Bruxelas, 1993.
- [26] Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes (CSOPT) - *Proposta de Revisão do RGEU*. Lisboa: Subcomissão para a Revisão do Regulamento Geral de Edificações Urbanas (RGEU), Junho de 2004.
- [27] Corvacho, Maria Helena – *Durabilidade da Construção. Metodologia do projecto para a durabilidade. Planeamento da vida útil de um edifício*. Texto de apoio à disciplina de Patologia da construção. MRPE. Porto, FEUP, 2000.
- [28] Corvacho, Helena; Quintela, Marisa Antunes. *Establishing Specific Criteria for the application of ISO15686 Factor Method for Service Life Estimation* - XII DBMC 12<sup>th</sup> International conference on Durability of Building Materials and Components – FEUP, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Volume III, 2011.
- [29] Costa, César Luís Ribeiro da Silva Alves da (000501224); Silva, João Paulo Alves Gonçalves (000501113). *Durabilidade da Construção – Pastilha Cerâmica*. Seminário de Construções Cívicas. FEUP, 2005/2006.
- [30] Costa, Fausto (950501105); Gonçalves, Nuno (000501167). *Fachada Ventilada com Revestimento a Pedra Natural*. Seminário de Construções Cívicas, FEUP.
- [31] Costa, João Lino – *Metodologia para a melhoria da qualidade de produção de edifícios – Construção 2004. Identificação de falhas/procedimentos*: actas do 2º Congresso Nacional de Construção – Construção 2004. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2004, pp. 319-324.
- [32] Custódio, João; Eusébio, M. Isabel; – *Durabilidade de vernizes aplicados na protecção da madeira*. 2º Simpósio Internacional sobre Patologias, Durabilidade e Reabilitação de Edifícios. Lisboa, LNEC, Novembro de 2003, pp 251-260.

- [33] Decreto-Lei n.º 113/93, *Transposição da Directiva n.º 89/106/CEE para a Lei portuguesa*. Diário da República (D. R.). I Série A de 10 de Abril, alterado pelo 139/95 de 14 de Junho, pelo Decreto-Lei n.º 374/98 de 24 de Novembro e pelo Decreto-Lei n.º 4/2006 de 8 de Janeiro com a Portaria anexa n.º 565/93 de 2 de Junho. Lisboa.
- [34] Decreto-Lei n.º 235/83, *Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA)*. D.R. - I Série. Lisboa: 31 de Maio.
- [35] Decreto-Lei n.º 555/99, *Licenciamento municipal de loteamentos urbanos, obras de urbanização e obras particulares*. D.R. I - Série A. Lisboa: 16 de Dezembro alterado pelo Decreto-Lei n.º 177/2001 de 4 de Junho. D.R. I – Série A. Lisboa.
- [36] Despacho n.º 41/MES/85, *Recomendações básicas para habitação social*. Lisboa: 14 de Fevereiro.
- [37] European Organization for Technical Approvals (EOTA) - *Assessment of Working Life of Products – Guidance Document 003*. Bruxelas: EOTA, 1999.
- [38] European Organization for Technical Approvals (EOTA) - *Assumption of Working European Technical Approvals and Harmonized Standards – Guidance Document 002*. Bruxelas: EOTA, 1999.
- [39] European Organization for Technical Approvals (EOTA) - *Assumption of Working Life of Construction Products in Guideline for European Technical Approval, European Technical Approvals and Harmonized Standards – Guidance Document 002*. Bruxelas: EOTA, 1999.
- [40] Fernandes, Susana (010501206); Ferreira, Henrique (000501092). *Durabilidade dos Revestimentos Cerâmicos Colados em Fachadas*. Seminário de Construções Civas, FEUP, Dezembro 2006.
- [41] Ferreira, Cláudia Sofia Faia Miranda; Guimarães, Ana Sofia Moreira dos Santos. *Durabilidade na Construção. Janelas de caixilharia em PVC*, FEUP, 2003.
- [42] Ferreira, Cláudia Sofia Faia Miranda; Guimarães, Ana Sofia Moreira dos Santos. *Janelas de Caixilharia em PVC*. Seminário de Construções. Projecto. Durabilidade da Construção. FEUP, 2003.
- [43] Ferreira, Henrique; Fernandes, Susana – *Durabilidade dos revestimentos cerâmicos colados em fachadas*: actas do Seminário de Construções Civas. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto (FEUP), 2006.
- [44] Ferreira, Diogo (000501121); Fontes, João (990501039); Lopes, Angela (010501102). *Durabilidade de Construção. Betão Reforçado com Fibras de Vidro*. Seminário de Construções Civas, FEUP, Janeiro 2006.
- [45] Fernandes, Luís Miguel Rodrigues (000501103); Maia, Daniel Sérgio Névoa (970501163). *Durabilidade de Revestimentos Exteriores para Pintura*. Seminário de Construções Civas, FEUP, 2004/2005.
- [46] Fernandes, Maria do Rosário Pereira. *Durabilidade do Sistema de Portas Exteriores em Madeira*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP.
- [47] Freitas, Vasco Peixoto de – *Humidade e patologias: últimos desenvolvimentos*: actas das 6as Jornadas de Construções Civas. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 1998, pp. 33-48.

- [48] Freitas, Vasco Peixoto de; Lanzinha, João Carlos;– *Propriedades higrotérmicas de materiais de construção: um catálogo: actas das 6ª Jornadas de Construções Cívicas*. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 1998, pp. 127-142.
- [49] Freitas, Vasco Peixoto de; Pinto, Paulo da Silva – *Permeabilidade ao vapor de materiais de construção: condensações internas - NIT 002*. Porto: LFC, FEUP, 1998.
- [50] Fontes, André Filipe Oliveira Rodrigues. *Durabilidade de Pinturas Exteriores sobre Reboco. Estimativa da vida útil*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP, 2010.
- [51] GASPAR, Pedro Manuel dos Santos Lima – *Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em construção pelo IST. Lisboa, IST, 2002.
- [52] Gaspar, Pedro Lima; Brito, Jorge de – *O ciclo de vida das construções – Parte I. Critérios de análise*. *Arquitectura e Vida* n.º 42. Lisboa, Outubro de 2003, pp 98-103.
- [53] Gaspar, Pedro Lima; Brito, Jorge de – *O ciclo de vida das construções – Parte II. Vida útil funcional*. *Arquitectura e Vida* n.º 43. Lisboa, Novembro de 2003, pp 74-78.
- [54] Gaspar, Pedro Lima; Brito, Jorge de – *O ciclo de vida das construções – Parte III. Vida útil física*. *Arquitectura e Vida* n.º 44. Lisboa, Dezembro de 2003, pp 85-94.
- [55] Gaspar, Pedro Lima; Brito, Jorge de – *O ciclo de vida das construções – Parte IV. Vida útil económica*. *Arquitectura e Vida* n.º 45. Lisboa, Janeiro de 2004, pp 70-75.
- [56] Guimarães, Ana Sofia; Leite, Luísa Cláudia, [et al.] – *Fiscalização de obras – garantia da qualidade através da utilização de fichas de controlo de conformidade (FCC): actas do 2º Congresso Nacional de Construção – Construção 2004*. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2004, pp. 151-156.
- [57] Gomes, Simão Amaral; Maria, José Miguel L.. *Portas Exteriores de Madeira Maciça*. Seminário de Construções Cívicas. FEUP, Dezembro de 2004.
- [58] Haagenrud, S. E.; Krigsvoll, G.; LisØ, K. R. ; [et al.] – *Environmental characterisation and mapping with respect to durability: actas do 10th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC)*. Lyon, 2005.
- [59] Henriques, Fernando M. A. - *A noção de qualidade em edifícios*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil (DEC).
- [60] Horta, Isabel Maria Noronha Resende (000501090); Pereira, Fernando Manuel Vieira (000501075). *Revestimentos Cerâmicos Colados em Fachadas de Edifícios*. Durabilidade da Construção. FEUP, Porto, 16 de Dezembro de 2004.
- [61] Imamoto, Kei-ichi; Kanematsu, Manabu; Matsuda, Kei; Motohashi, Kenji; Nikeri, Takashi; Ota Takumi. *Service Life Prediction of Surface Finishing Coating Systems based upon Markov Chain Model - XII DBMC 12<sup>th</sup> International conference on Durability of Building Materials and Components – FEUP, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Volume II, 2011.*
- [62] International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB) – *Agenda 21 on sustainable construction – Cib Report: Publication 237*. CIB.

- [63] International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB) – *State of the art reports: Part A and Part B* – Cib Report: Publication 294. Trondheim: CIB W080/RILEM TC 175-SLM, 2004.
- [64] International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB) ; International Union Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM) – *Guide and bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and components – Part II: Factors causing degradation*. Joint CIB W080/RILEM TC 140, 2004.
- [65] ISO 6241:1984, *Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered*. Geneva: International Organization for Standardization (ISO).
- [66] ISO 15686-1:2000, *Buildings and constructed assets – Service Life Planning –Part 1: General principles*. Geneva: ISO.
- [67] ISO 15686-1:2001, *Buildings and constructed assets – Service Life Planning – Part 2: Service life prediction procedures*. Geneva: ISO.
- [68] ISO 15686-3:2002, *Buildings and constructed assets – Service Life Planning – Part 3: Performance audits and reviews*. Geneva: ISO.
- [69] ISO/WD 15686-8:2003, *Buildings and constructed assets – Service Life Planning – Part 8: Reference service life*. Draft Standard. Geneva: ISO/DIS.
- [70] Lessa, Elisa Maria Pereira da Silva Neves dos Santos. *Balcões Pétreos para Cozinha*. Durabilidade, FEUP, 2009.
- [71] Lima, Ana; Monteiro, Márcio. *Durabilidade do Contraplacado para Revestimentos de Paredes Exteriores*. Seminário de Construções Civas, FEUP, 2004/2005.
- [72] Lima, Hugo Miguel Parente. *Durabilidade de Revestimentos Cerâmicos Colados em Paredes Exteriores*. Seminário de Construções Civas. FEUP, Porto, 2001.
- [73] Lima, Maria do Pilar da Cunha Coutinho de Abreu e. *Revestimentos em Cortiça*. Pós- Graduação em Reabilitação do Património Edificado. Durabilidade. FEUP.
- [74] LNEC – Laboratório de Engenharia civil, *Directivas UEAtc para a homologação de sistemas de isolação térmica exterior em fachadas por revestimento delgado sobre o isolante*, LNEC, Lisboa, 1980.
- [75] Lopes, Carlos Alvarino da Silva. *Durabilidade da Construção. Estimativa da vida útil de Revestimentos Cerâmicos em Fachadas*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP, 2009.
- [76] Maçana, Tiago; Moreira, Luís. *Durabilidade da Madeira*. Seminário de Construções II. FEUP.
- [77] Magalhães, Eng. Civil Sílvia Alexandra. *Membranas Betuminosas Flexíveis como solução de Impermeabilização de Coberturas Planas – Estimativa do tempo de vida útil*. Disciplina de Durabilidade. Estudos Avançados em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, Fevereiro de 2009.
- [78] Marques, José Miguel Macedo Rolim. *Durabilidade de Revestimentos de Coberturas Inclinadas. Telhas Cerâmicas*. Estimativa da vida útil. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP, 2009.
- [79] Martins, João Miguel Sousa. *Pavimento Autonivelante*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, 2009/2010.

- [80] Matos, Maria José da Silva. *Durabilidade como Critério de Projecto – O Método Factorial no Contexto Português*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP, 2007.
- [81] Matos, Patrícia Pires Dias de. *Durabilidade de Telhas Cerâmicas*. Disciplina de Durabilidade. Estudos Avançados em Reabilitação do Património Edificado. FEUP, Porto, Fevereiro de 2010.
- [82] Mendes, Francisco Melo Vaz Pinto. *Durabilidade das Fachadas Ventiladas. Aplicação da Norma ISO 15686-1*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP, 2009.
- [83] Mendes, Olivério Ribeiro (990501205); Portela, Hélder Filipe (980501031). *Durabilidade na Construção. Tintas Interiores*. Seminário de Construções Civis, FEUP, 10 Dezembro 2004.
- [84] Moreira, Alexandra. *Durabilidade de Vinílico em Revestimento de Pavimentos*. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado. Disciplina: Durabilidade. FEUP, 2009/2010.
- [85] Moser, Konrad. *Towards the Practical Evaluation of Service Life – Illustrative Application of the Probabilistic Approach* – In 8th Int. Conference on Durability of Building Materials & Components. Vancouver, 1999, pp. 1319–1329.
- [86] NF P24-351 :1997, *Menuiserie métallique - Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique : Protection contre la corrosion et préservation des états de surface*. Paris: AFNOR.
- [87] Nóbrega, Marco Nuno Freitas. *Revestimentos de Pavimentos*. Seminário de construções II. FEUP, 2001/2002.
- [88] Paiva, Eng. Carlos Alberto M. Alves de Paiva. *Reboco Delgado Armado sobre Poliestireno Expandido – ETICS*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, 2008/2009.
- [89] Piedade, A. Canha – *Humidades em edifícios: uma perspectiva exigencial: actas das 6ª Jornadas de Construções Civis*. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 1998, pp. 11-29.
- [90] Pinho, Adriana Floret Matias e. *Durabilidade das Telhas Cerâmicas*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, 2009.
- [91] Portaria nº 1110/2001, *Elementos instrutores dos pedidos de realização de operações urbanísticas*. D.R. I Série B. Lisboa: 19 de Setembro.
- [92] Quintela, Marisa Betânia de Oliveira Antunes. *Durabilidade de Revestimentos Exteriores de Parede em Reboco Monocamada*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP, 2006.
- [93] Raposo, Tadeu Faria. *Durabilidade da Construção. Estimativa da vida útil de Revestimentos de Coberturas Planas*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP, 2009.
- [94] RCCTE - *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*. Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril, 2006.
- [95] Rego, Sandra. *Proposta de Matriz de Caracterização da Durabilidade do Reboco Exterior*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, Fevereiro 2009.
- [96] Reis, Marcos. *Estudo da Matriz de Durabilidade – Placas Perfiladas de Fibrocimento*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, 2009/2010.

- [97] Ribeiro, Cristina. *Argamassas Poliméricas. Uma Proposta de Matriz de Caracterização de Durabilidade*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, 2009/2010.
- [98] Ribeiro, Manuel Maria L.B. Sousa. *Durabilidade na Construção. Estimativa da vida útil de Fachadas Ventiladas*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP, 2010.
- [99] Rites, Adolfo Pires; Sá, Luísa Eugénia Marques da Silva. *Durabilidade da Fachadas Ventiladas*. Seminário de Construções Cíveis. FEUP, 2005/2006.
- [100] Rodrigues, Maria Fernanda; Varum, Humberto; Vicente, Romeu da Silva. *Reflexões sobre os erros frequentes na concepção e execução de moradias unifamiliares – casos de estudo: actas do 2º Congresso Nacional de Construção – Construção 2004*. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2004, pp. 797-802.
- [101] RSA. *Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes*. Decreto-lei nº 235 / 83, de 31 de Maio, 1983.
- [102] Russo, Ana Carolina (000501201); Silva, Lígia Martins (890501070); Sousa, André de Almeida (000501194). *Projecto para a Durabilidade. Pavimentos de Madeira em Edifícios Residenciais*. Seminário de Construções Cíveis, FEUP, 2005/2006.
- [103] Sá, Ana Margarida - *Durabilidade de cimentos-cola em revestimentos cerâmicos aderentes a fachadas*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). 2005. Dissertação de Mestrado.
- [104] Santos, Pedro Geraldês. *Preservação de Pavimentos em Madeira por Impregnação Química em Auto-clave - Estudo de Durabilidade*. Seminário de Construções Cíveis, FEUP, 2006.
- [105] Sarmento, Luísa Moraes. *Durabilidade de Argamassas Tradicionais em Rebocos Exteriores*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, 2010.
- [106] Silva, Joana Isabel Mamede Guerreiro. *Revestimento Exterior em Madeira. Madeira modificada Termicamente*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, 2009/2010.
- [107] Silva, Joana Rocha Soares da; Soares, Ana de Almeida Costa. *O Isolamento Térmico em Coberturas Invertidas*. Estudo da Durabilidade. Seminário de Construções Cíveis 2. FEUP.
- [108] Silva, João Pedro Machado. *Durabilidade do ETICS*. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado. FEUP, 2009/2010.
- [109] Simões, Ana Raquel Marques. *Durabilidade. Painéis Fenólicos (HPL) para Exterior*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, Setembro 2010.
- [110] Soronis, Georg – *Design for durability: State of the art*. Royal Institute of Technology, Department of Architecture. CIB-W94: Report 32. Stockholm, 1992.
- [111] Sousa, Fernando Carvalho de; Teixeira, Bernardo Azevedo. *Revestimentos em Placas de Granito das Fachadas da FEUP*. Durabilidade da Construção. Seminário de Construções 2. FEUP, Porto, Junho de 2003.
- [112] Sousa, Luís Filipe Tavares Teixeira. *Durabilidade da Construção. Estimativa da vida útil – ETICS*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP, 2010.

- [113] S478-95:2001, *Guideline on durability in buildings: structures design*. Vancouver: Canadian Standards Association (CSA).
- [114] TRESPA - *Sistema de revestimento de fachadas ventiladas con placas TRESPA METEO8 FR*. Documento de idoneidad técnica – 2005.
- [115] Ventura, Isabel Maria Lopes. *A Durabilidade dos Soletos de Ardósia*. Estudos Avançados em Reabilitação Do Património Edificado, FEUP.
- [116] Viana, Leonel Arcanjo Neves. *Durabilidade dos Sistemas de Drenagem Predial de Águas Pluviais*. Disciplina de Durabilidade. Pós-Graduação em Reabilitação do Património Edificado, FEUP.
- [117] Viana, Sofia Alexandra Cunha. *Durabilidade à Corrosão do Aço Galvanizado por Imersão a Quente*. Durabilidade. Estudos Avançados em Reabilitação do Património Edificado. FEUP, 2009/2010.
- [118] [www.dbh.govt.nz/building-code-compliance-documents](http://www.dbh.govt.nz/building-code-compliance-documents). 15/04/2011
- [119] [www.componentlife.com](http://www.componentlife.com). 21/04/2011
- [120] [www.arquitectos.pt](http://www.arquitectos.pt). 21/04/2011
- [121] [www.patorreb.com](http://www.patorreb.com). 26/04/2011
- [122] [www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp](http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp). 29/04/2011
- [123] [www.meteo.pt](http://www.meteo.pt). 29/04/2011
- [124] [http://www.banema.pt/artigos,solucoes,revestimento\\_de\\_fachadas,contraplacado\\_joubert](http://www.banema.pt/artigos,solucoes,revestimento_de_fachadas,contraplacado_joubert). 18/06/2011
- [125] <http://www.maxit.pt/2712>. 18/06/2011
- [126] <http://www.souzaegoveia.com/album/galeria-de-fotos/casa-toda-revestida-por-fora-com-reboco-projetado-exterior-jpg/>. 18/06/2011
- [127] <http://www.biofa.pt/Portfolio.aspx>. 18/06/2011
- [128] <http://vamosconstruir.com/telhados/telhas-de-fibrocimento>. 18/06/2011
- [129] [http://www.orzare.com/pt/materiais\\_construcao/Revestimentos:c=411\\_s=2058](http://www.orzare.com/pt/materiais_construcao/Revestimentos:c=411_s=2058). 18/06/2011
- [130] [http://www.banema.pt/show\\_newsletter.php?ID=38&DumpCache=4b1910a73d67d](http://www.banema.pt/show_newsletter.php?ID=38&DumpCache=4b1910a73d67d). 18/06/2011
- [131] <http://aminhamoradia.blogspot.com/2009/10/reboco-exterior.html>. 18/06/2011
- [132] <http://www.petrecal.com/fachadas-ventiladas/>. 18/06/2011
- [133] <http://bip.inescporto.pt/arquivo/17/paginas/noticia2.html>. 18/06/2011
- [134] <http://santamariadafeira.olx.pt/isolamento-termico-pelo-exterior-etics-iid-16639852>. 18/06/2011
- [135] <http://www.engenhariacivil.com/descolagem-de-um-revestimento-ceramico-em-fachada>. 18/06/2011
- [136] <http://www.dicasparaminhacasa.com.br/2011/02/637/>. 18/06/2011
- [137] [http://www.nogalink.com/industrial\\_parquet.htm](http://www.nogalink.com/industrial_parquet.htm). 18/06/2011
- [138] <http://www.pastilhacor.com.br/revista/?p=959>. 18/06/2011
- [139] <http://www.decaparte.com/Pavimentos.htm>. 18/06/2011

- [140] <http://vidrispelho.com/pavimentos-degraus/>. 18/06/2011
- [141] <http://luxury.lojasonline.net/sn/store/default.cfm?go=show&cat=992&id=130989>. 18/06/2011
- [142] [http://www.finsadecor.com/publicaciones/textosweb.nsf/nombrept/Ladrilhos%20Modelo%20cas%20Finsa?OpenDocument&L=PT&C=Exterior&F=Madeira%20t%E9cnica&V=\\_solucion0-pt](http://www.finsadecor.com/publicaciones/textosweb.nsf/nombrept/Ladrilhos%20Modelo%20cas%20Finsa?OpenDocument&L=PT&C=Exterior&F=Madeira%20t%E9cnica&V=_solucion0-pt). 18/06/2011
- [143] <http://forum.autohoje.com/off-topic/60605-colocar-caleiras-num-predio-s.html>. 19/06/2011
- [144] <http://www.habirobim.pt/obras/impermeabilizacoes/inicio-pt>. 19/06/2011
- [145] <http://mundodaimpermeabilizacao.blogspot.com/2010/11/manta-asfaltica-dos-gringos.html>. 19/06/2011
- [146] <http://www.raquelsenna.blogspot.com/2011/03/cadeia-produtiva-de-ceramica.html>
- [147] <http://pt.photaki.com/pictures-ardosia-telhado-p1>. 19/06/2011
- [148] <http://building.dow.com/europe/pt/insulate/thermal/invert/project/prot/acess.htm?view=print>. 19/06/2011
- [149] <http://www.vidro-temperado.org/caixilharia-em-pvc-ou-aluminio/>. 19/06/2011
- [150] <http://cozinhas.co/acabamentos/balcoes-e-gabinetes/balcao-de-granito-para-cozinha>. 19/06/2011
- [151] <http://www.solostocks.pt/venda-produtos/minerais-metais-materiais/produtos-pre-fabricados-pre-moldados/imersao-a-quente-de-aco-galvanizado-coil-530334>. 19/06/2011
- [152] <http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/17/imprime89506.asp>. 19/06/2011
- [153] [http://www.tintas2000.pt/nm\\_quemsomos.php?id=174](http://www.tintas2000.pt/nm_quemsomos.php?id=174). 19/06/2011
- [154] <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010160021107>. 19/06/2011
- [155] <http://www.engenhariacivil.com/betao-reforcado-fibras-vidro>. 19/06/2011
- [156] <http://www.parcopaints.com/graniplast.htm>. 19/06/2011
- [157] <http://www.luadecoracoes.com.br/pisos-vinilicos.html>. 23/06/2011
- [158] [http://www.nld.pt/janelas/IMG\\_0238a.html](http://www.nld.pt/janelas/IMG_0238a.html). 23/06/2011
- [159] <http://valenza.olx.pt/industria-de-janelas-e-portas-termo-acusticas-em-madeira-aluminio-e-carpintaria-de-limpos-iid-12983800>. 23/06/2011
- [160] <http://noitesdecinema4d.blogspot.com/2010/11/ambiente.html>. 23/06/2011

## **ANEXOS – A1 e A2**

## **A.1. TERMINOLOGIA**

A lista de termos e definições que se apresenta constitui uma proposta de tradução dos conceitos fundamentais incluídos na norma ISO 15686-1, cuja nomenclatura não se encontra consolidada.

O presente anexo encontra-se organizado da seguinte forma:

Grupo 1 – Vida útil e desempenho

Grupo 2 – Degradação e exposição

Grupo 3 – Desempenho

Grupo 4 – Partes do edifício

Grupo 5 – Acções de manutenção

Grupo 6 – Intervenientes no processo

Grupo 7 – Outros termos

Grupo 7 – Vida útil e desempenho

### **GRUPO 1 – VIDA ÚTIL E DESEMPENHO**

- **Vida útil (service life)** de um edifício ou de uma parte de um edifício é o período de tempo, após a conclusão da obra, durante o qual é atingido ou excedido o desempenho que lhes é exigido, procedendo-se a uma manutenção de rotina.

- **Vida útil de referência (reference service life)** é a vida útil padrão que serve de base para a estimativa da vida útil de um edifício ou parte de um edifício (inseridos num contexto determinado).

- **Vida útil estimada (estimated service life)** é o resultado da multiplicação da vida útil de referência por factores relativos a um contexto específico, como por exemplo, as características do projecto, as condições ambientais, o uso, a manutenção prevista, etc.

- **Vida de projecto (design life)** é a vida útil considerada pelo projectista como base para as suas especificações.

- **Vida útil prevista (predicted service life)** é o resultado da previsão da vida útil através do tratamento de dados do desempenho ao longo do tempo provenientes, por exemplo, de modelos de degradação ou ensaios de envelhecimento.

- **Vida útil prognosticada (forecast service life)** é a duração da vida útil considerada no projecto com base na vida útil estimada ou na vida útil prevista.

- **Planeamento da vida útil (service life planning)** é a elaboração do programa seguido do projecto do edifício e dos seus constituintes de forma a cumprir a vida do projecto requerida, a reduzir os custos da propriedade e a facilitar a manutenção e reparação.

- **Vida útil residual (residual service life)** é o período de tempo restante entre o momento da análise e o final da vida útil prognosticada.

## **GRUPO 2 – DEGRADAÇÃO E EXPOSIÇÃO**

- **Ensaio de envelhecimento (ageing test)** é a combinação entre uma exposição ao envelhecimento e uma avaliação do desempenho, usada para estudar as alterações nas propriedades críticas, com o propósito de prever a vida útil.

- **Agente de degradação (degradation agent)** é tudo o que actue sobre um edifício ou parte dele, afectando negativamente o seu desempenho (por exemplo, o utilizador, a água, as cargas mecânicas, o calor).

- **Mecanismo de degradação (degradation mechanism)** é a reacção química, física ou mecânica que conduz à alteração das propriedades dos produtos aplicados nos edifícios.

- **Degradação (degradation)** é a alteração ao longo do tempo da composição, microestrutura, e propriedades de um produto (material componente) que resulta numa redução do seu desempenho.

- **Durabilidade (durability)** é a capacidade de um edifício de desempenhar a sua função durante determinado intervalo de tempo, sob a acção dos agentes presentes em serviço ( a durabilidade não é uma propriedade intrínseca de um produto ou componente mas sim uma característica que depende das condições a que aquele está sujeito, em serviço.

- **Condições de ensaio em edifícios experimentais (exposure in experimental buildings)** são uma exposição de longa duração de um edifício ou de determinado elemento num edifício particular, com condições monitorizadas e, até mesmo, controladas.

- **Exposição de campo (field exposure)** é uma exposição de longa duração de um edifício ou parte de um edifício, numa localização particular, com condições ambientais conhecidas.

- **Exposição de longa duração “in situ” (long-term “in situ” exposure)** é uma exposição de longa duração de elementos deliberadamente incorporados num edifício corrente.

- **Exposição de curta duração em condições de serviço (short-term in use exposure)** é uma exposição de curta duração de um determinado elemento, numa localização particular, com condições ambientais conhecidas.

- **Envelhecimento (ageing)** é a degradação devido à influência a longo prazo dos agentes relacionados ao uso.

## **GRUPO 3 – DESEMPENHO**

- **Falência (failure)** é uma perda de aptidão de um edifício ou de parte de um edifício para cumprir a função que lhe é exigida.

- **Avaliação do desempenho (performance evaluation)** é a avaliação das propriedades críticas com base em medições ou inspecções.

- **Desempenho em serviço (performance in use)** é a aptidão de um edifício ou de parte de um edifício para cumprir a função que lhe é exigida nas condições de serviço.

- **Exigência de desempenho (performance requirement)** é o nível quantitativo ou qualitativo de desempenho exigido para uma determinada propriedade crítica.

- **Característica de desempenho (performance characteristic)** é o valor quantitativo ou qualitativo esperado para determinada propriedade crítica.

- **Desempenho a longo do tempo (performance over time)** é a descrição da variação de uma propriedade crítica ao longo do tempo, sob influência dos agentes de degradação.

- **Propriedade (property)** é uma característica, inerente ou adquirida, de um determinado item (edifício, produto de construção, material, componente).

- **Teste de medição da propriedade (Property measurement test)** constitui o teste para determinar o valor de uma propriedade.

- **Propriedade crítica (critical property)** é uma propriedade que terá, necessariamente, de ser mantida acima de um determinado nível para que o edifício, ou uma das suas partes, mantenham a aptidão para desempenhar as funções para que foram concebidos.

- **Estado do edifício (condition)** é o nível das propriedades críticas do edifício ou de uma parte do edifício que caracterizam a sua aptidão para desempenhar as suas funções.

- **Defeito, deficiência, anomalia (defect)** é uma falha ou desvio do estado pretendido para o edifício ou partes deste.

- **Obsolescência (obsolescence)** é a perda de aptidão de um determinado item para desempenhar satisfatoriamente as suas funções devido a alterações no nível de desempenho exigido.

#### **GRUPO 4 – PARTES DO EDIFÍCIO**

- **Edifício (building)** é uma construção que fornece abrigo a pessoas e bens, sendo, normalmente, esse o seu principal propósito. É, geralmente, fechado e concebido para permanecer sempre no mesmo local.

- **Produto de construção (building product)** é um item manufacturado ou processado para incorporação ou aplicação em trabalhos de construção.

- **Montagem (building assembly)** é um conjunto de componentes utilizados como um todo.

- **Componente do edifício (building component)** é um produto manufacturado como uma unidade distinta para desempenhar uma determinada função.

- **Material de construção (building material)** é uma substância que pode ser utilizada para fabricar produtos ou para ser incorporada directamente em trabalhos de construção.

- **Sub-componente de um edifício (Building sub-component)** trata-se de um produto manufacturado que faz parte de uma componente.

#### **GRUPO 5 – ACÇÕES DE MANUTENÇÃO**

- **Reparação (repair)** é a reposição num estado aceitável de um edifício ou parte de um edifício, através da renovação, substituição ou reparação de partes usadas, degradadas ou danificadas.

- **Manutenção (maintenance)** é a combinação das acções de carácter técnico e administrativo, durante a vida útil do edifício, que visam mantê-lo num estado adequado ao desempenho das suas funções.

- **Reabilitação (refurbishment)** é a modificação ou melhoria de um edifício existente com o objectivo de lhe devolver ou atribuir um estado aceitável.

- **Restauro (restoration)** é o conjunto de medidas tendentes a repor a aparência ou estado original de um item.

#### **GRUPO 6 – INTERVENIENTES NO PROCESSO**

- **Programa (brief)** é a fase em que são definidas as exigências a satisfazer pelo projecto de um edifício.

- **Cliente (client)** é a pessoa ou organização responsável pela construção, alteração ou ampliação do edifício e que é responsável por dar início ao programa e aprová-lo, posteriormente (será o chamado dono de obra numa construção nova; poderá ser o proprietário, posteriormente, podendo este coincidir com o primeiro. Poderá, também, ser o gestor da propriedade).

- **Construtor (contractor)** é a pessoa ou empresa que executa a construção.

- **Projectista (designer)** é a pessoa ou organização que define a forma e as especificações do edifício ou de parte do edifício.

- **Fabricante (manufacturer)** é a pessoa ou empresa que fabrica os produtos de construção.

- **Fornecedor (supplier)** é a pessoa ou empresa que fornece os produtos para a construção (pode ser só comerciante ou ser também fabricante).

- **Utilizador (user)** é a pessoa ou organização para a qual o edifício é projectado (inclui o proprietário, o gestor e os ocupantes).

#### **GRUPO 7 – OUTROS TERMOS**

- **Ambiente (environment)** é o conjunto de condições interiores e exteriores ao edifício, naturais, provocadas pelo Homem ou induzidas que podem influenciar o desempenho e o uso do edifício e das suas partes constituintes.

- **Condições ambientais (environmental condition)** são o estado de uma característica do ambiente.

- **Incompatibilidade (incompatibility)** é uma interacção química e/ou física prejudicial entre produtos de construção que conduz a uma degradação prematura do conjunto.

- **Método factorial (factor method)** é o método que consiste na multiplicação da vida útil de referência por factores que têm em conta as condições particulares que se verificam em serviço.

- **Custo da vida cíclica (life cycle cost)** é o custo total de um edifício ou de uma parte de um edifício ao longo da sua vida útil, incluindo os custos de planeamento, projecto, aquisição, exploração, manutenção e transmissão, menos o seu valor residual.

## A.2. EXEMPLOS DE MATRIZES DE DURABILIDADES DA BASE DE DADOS PROPOSTA

### A.2.1. FACHADAS

<b>(F-P13) Durabilidade do ETICS</b>		
<b>Factor A</b>	<b>A1 - Características do produto de colagem</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qualidade superior (utilização de produtos de colagem homologados com elevada qualidade)	1,2
	Qualidade de referência (utilização de produtos de colagem homologados)	1,0
	Qualidade inferior (utilização de produtos não homologados - risco de incompatibilidade)	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A2 - Características do material do isolamento térmico (EPS)</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qualidade de referência (Nível mínimo de aptidão $I_2S_4O_3L_4E_2$ ; massa volúmica entre 14 e 20 $Kg/m^3$ )	1,2
	Qualidade superior (Nível mínimo de aptidão $I_2S_4O_3L_4E_2$ ; massa volúmica entre 14 e 20 $Kg/m^3$ . Bordo lateral macho-fêmea)	1,0
	Espessura de isolamento <30 mm; utilização de outros materiais de isolamento não homologados	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A3 - Características da camada de base</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qualidade superior (respeito pela espessura adequada - 2 a 5mm; utilização de percentagens de cimento reduzidas - 25 a 30%)	1,2
	Qualidade de referência (respeito pela espessura adequada - 2 a 5 mm; constituição adequada)	1,0
	Qualidade inferior (desrespeito pela espessura e constituição da camada; elevadas percentagens de cimento na sua constituição)	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A4 - Características da rede de fibra de vidro</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qual. sup. (protegida do ataque alcalino humidade; embebida na camada de base pelos menos 0,4mm; resist. à tracção > 25N/mm)	1,2
	Qual. ref. (protegida da humidade e ambiente alcalino; densidade e resistência correntes; cuidados na exec. das sobrep.)	1,0
	Qualidade inferior (sem protecção à humidade e exposta a ambiente alcalino; mau posicionamento da rede)	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A5 - Características da camada de acabamento</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qual. sup. (Espessura adequada < 7mm; coef abs. < 0,7, cores claras; cores sem grande contraste na mesma fachada)	1,2
	Qual. ref. (Espessura adequada < 7mm; coef abs. < 0,7, cores claras; cores sem grande contraste na mesma fachada)	1,0
	Qualidade inferior (desrespeito pela espessura e pelo coeficiente de absorção)	0,8
Desconhecido	1,0	
<b>A6 - Características dos acessórios do sistema</b>	<b>Índice aplicável</b>	
Qualidade superior	1,2	
Qualidade referência (utilização de acessórios de acordo com as especificações do fabricante e dos documentos técnicos)	1,0	
Qualidade inferior (não utilização de acessórios; juntas insuficientes entre acessórios; acessórios susceptíveis de corrosão)	0,8	
Desconhecido	1,0	

<b>Factor B</b>	<b>B1 - Qualidade geral do projecto</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qual. Sup. (porm. constr. que evitem escorrência de água nas fachadas e acumulação de sujidade; dimensionamento do EPS)	1,2
	Qual. Ref. (dimensionamento do sistema - espessura do EPS - de acordo com os regulamentos)	1,0
	Qualidade inferior (não existência de acessórios; qualidade geral do projecto má ou muito má)	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B2 - Protecção nas zonas com risco elevado de choques</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qual. Sup. (embasamento junto ao solo de 1m de altura; utilização de rede de fibra de vidro reforçada nas zonas c risco de choque)	1,2
	Qual. Ref. (utilização de rede de fibra de vidro reforçada nas zonas com elevado risco de choques)	1,0
	Qual. Inf. (inexistência de qualquer protecção)	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B3 - Características de suporte</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qual. Sup. (suporte novo em óptimas condições de estabilidade, limpeza, regularidade e humidade; óptima aderência; sem fissuras)	1,2
	Qual. Ref. (suporte novo ou existente; estável, limpo; boa aderência; fissuras < 2mm)	1,0
	Qual. Inf. (suporte instável e constituído por materiais não regulamentares; fraca aderência; fissuras > 2mm)	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B4 - Pormenorização construtiva</b>	<b>Índice aplicável</b>
Qualidade superior (pormenorização cuidada e completa)	1,2	
Qualidade referência (pormenorização geral)	1,0	
Qualidade inferior (deficiente pormenorização)	0,8	
Desconhecido	1,0	
<b>Factor C</b>	<b>C1 - Direcção técnica da obra e fiscalização</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qualidade superior	1,2
	Qual. Ref. (existência técnico qualificado na direcção da obra; existência de controlo da qualidade e fiscalização independente)	1,0
	Qualidade inferior (não existência de técnico qualificado na direcção da obra nem de fiscalização independente)	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>C2 - Mão-de-obra</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qualidade superior (mão-de-obra especializada)	1,2
	Qualidade referência (mão-de-obra experiente)	1,0
	Qualidade inferior (mão-de-obra inexperiente)	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>C3 - Condições de aplicação</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qual. Sup. (bom tempo e temp. amenas; prot. fachada com toldos para evitar exp. Solar; não utilização de andaimes suspensos)	1,2
	Qual. ref. (temp. > 5°C; se houver períodos de chuva ou sol-prot. com toldos nos andaimes; não utilização de andaimes suspensos)	1,0
	Qual. inf. (períodos de chuva; temp. < 5°C; sup. expostas ao sol no verão ou a ventos fortes; utilização andaimes suspensos)	0,8
Desconhecido	1,0	

Factor D	Não aplicável	
Factor E	E1 - Água	
	Índice aplicável	
	Qual. sup. (sistema abrigado da chuva e com prot. ao nível do solo; não há penetração de água no sistema)	1,2
	Qual. ref. (sistema impermeável à água proveniente do exterior)	1,0
	Qual. inf. (penetração de água no sistema proveniente do exterior)	0,8
	Desconhecido	1,0
	E2 - Temperatura ambiente	
	Índice aplicável	
	Variações térmicas moderadas (sistema sujeito a variações de temperatura reduzidas)	1,2
	Variações térmicas de referência (variações de temp. <5°C; sist. Raramente sujeito a temp. neg. e nunca <-20°C)	1,0
	Variações térmicas extremas (variações bruscas de temp.> 50°C; sist. Sujeito a temp. < -20°C)	0,8
	Desconhecido	1,0
	E3 - Exposição solar	
	Índice aplicável	
	Qual. sup. (sist. parcialmente abrigado da exposição solar; temp. superficiais do sistema baixas)	1,2
	Qual. ref. (sistema exposto ao sol, mas a temperatura superficial não atinge 80°C)	1,0
	Qual. inf. (temperatura superficial do sistema superficial a 80°C)	0,8
	Desconhecido	1,0
	E4 - Nível de poluição	
	Índice aplicável	
	Exposição diminuta (situação corrente ou edifícios for a de centros urbanos ou grande dimensão)	1,1
	Exposição de referência (situação corrente para edifícios em grandes centros urbanos ou próximos de vias de circulação principais)	1,0
	Exposição elevada (edif. localizados em zonas ind., perto de fontes poluentes ou de circulares urbanas com tráfego elevado)	0,9
	Desconhecido	1,0
	E5 - Orientação da fachada	
	Índice aplicável	
	Nordeste (NE), Este (E), Sudeste (SE), Sudoeste (SO), Noroeste (NO) e Oeste (O)	1,1
	Sul (S)	1,0
	Norte (N)	0,8
	Superfícies horizontais e inclinadas (desde que não estejam expostas à precipitação)	0,8
Desconhecido	1,0	
E6 - Fixação de desenvolvimento de microrganismos		
Índice aplicável		
Qual. sup. (superf. lisa, sem vegetação circundante, com boa exp. ao sol e ao vento - sul -, com tratam. fungicida; hum. rel. baixa)	1,2	
Qual. ref. (superf. lisa, sem vegetação circund., com exp. ao sol e ao vento moderada, sem tratam. fungicida; hum.rel. <80%)	1,0	
Exposição elevada (edif. localizados em zonas ind., perto de fontes poluentes ou de circulares urbanas com tráfego elevado)	0,8	
Desconhecido	1,0	

Factor F	F1 - Condições e tipos de uso	Índice aplicável
	Qual. sup. (sistema em locais não acessíveis ou locais com uso restrito)	1,2
	Qual. ref. (sistema em locais com uso público ou privado, protegidos de actos de vandalismo)	1,0
	Qual. inf. (sistema em locais com usos excepcionalmente agressivos, potencialmente alvos a actos de vandalismo)	0,8
	Desconhecido	1,0
	F2 - Choques (punçoamento dinâmico)	Índice aplicável
	Qual. sup. (zonas não susceptíveis a serem danificadas por impactos)	1,2
	Qual. ref. (zonas vulneráveis a impactos de objectos, mas em locais onde a altura do edf. limita a ext. do impacto)	1,0
	Qual. inf. (zonas ao nível do chão facilmente acessíveis e vulneráveis a ompactos excepcionalmente severos)	0,8
Desconhecido	1,0	
Factor G	G1 - Tipo e frequência da manutenção	Índice aplicável
	Frequentes manutenções (operações regulares de manut. Preventiva, reparações e limpeza geral em cada 5 anos)	1,2
	Manutenção corrente (manutenção correctiva ou reactiva com reparações em cada 10 anos)	1,0
	Sem manutenção (ausência de manutenção, com substituição total ou parcial do ETICS após o final do seu período de vida útil)	0,8
	Desconhecido	1,0
	G2 - Acessibilidade para manutenção	Índice aplicável
	Solução favorável (edifícios facilmente inspeccionados)	1,2
	Solução de referência (edifícios até 4 pisos, facilmente inspeccionáveis a partir do exterior)	1,0
	Solução desfavorável (edifícios de 5 ou mais pisos, com uma configuração ou implantação que dificulte uma simples inspecção visual)	0,8
	Desconhecido	1,0

<b>(F-P10) Betão Reforçado com Fibras de Vidro</b>		
<b>Factor A</b>	<b>A1 - Fibra de vidro</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Utilização de materiais homologados com qualidade superior	1,2
	Utilização de materiais conforme especificações dos documentos de homologação	1,0
	Utilização de materiais não certificados	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A2 - Areia</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Utilização de materiais homologados com qualidade superior	1,2
	Utilização de materiais conforme especificações dos documentos de homologação	1,0
	Utilização de materiais não certificados	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A3 - Cimento Portland</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Utilização de materiais homologados com qualidade superior	1,2
	Utilização de materiais conforme especificações dos documentos de homologação	1,0
	Utilização de materiais não certificados	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A4 - Aditivos</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Utilização de materiais homologados com qualidade superior	1,2
	Utilização de materiais conforme especificações dos documentos de homologação	1,0
	Utilização de materiais não certificados	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>A5 - Isolamento</b>	<b>Índice aplicável</b>	
Utilização de materiais homologados com qualidade superior	1,2	
Utilização de materiais conforme especificações dos documentos de homologação	1,0	
Utilização de materiais não certificados	0,8	
Desconhecido	1,0	
<b>A6 - Sistema de fixação</b>	<b>Índice aplicável</b>	
Utilização de materiais homologados com qualidade superior	1,2	
Utilização de materiais conforme especificações dos documentos de homologação	1,0	
Utilização de materiais não certificados	0,8	
Desconhecido	1,0	
<b>Factor B</b>	<b>B1 - Dimensionamento</b>	<b>Índice aplicável</b>
	De acordo com as exigências do local garantindo níveis de conforto elevados	1,2
	De acordo com as exigências do local (uso, clima, exposição, etc)	1,0
	Sem atender às exigências do local	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B2 - Pormenorização</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Pormenorização cuidada	1,2
	Pormenorização geral	1,0
	Deficiente pormenorização	0,8
	Desconhecido	1,0

<b>Factor C</b>	<b>C1 - Fibra de vidro</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Resistência aos álcalis	1,0
	Fraca resistência aos álcalis	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>C2 - Areia</b>	<b>Índice aplicável</b>
	De acordo com as exigências	1,0
	Desrespeito das exigências	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>C3 - Cimento Portland</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Para painéis da mesma obra, utilização de cimento Portland do mesmo lote	1,0
	Para painéis da mesma obra, utilização de cimento Portland de lotes diferentes	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>C4 - Aditivos de pigmentação</b>	<b>Índice aplicável</b>
	De acordo com a norma BS1014	1,0
	Desrespeito pela norma BS1014	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>C5 - Sistemas de fixação</b>	<b>Índice aplicável</b>	
De acordo com as recomendações de projecto	1,0	
Desrespeito pelas recomendações de projecto	0,8	
Desconhecido	1,0	
<b>Factor D</b>	Não aplicável	
<b>Factor E</b>	<b>E - Agressividade dos agentes de degradação</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Ambientes com baixos níveis de agressividade	1,2
	Ambientes com níveis de agressividade médios	1,0
	Ambientes muito agressivos	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor F</b>	<b>F - Condições do tipo de uso</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Locais não acessíveis e locais com uso cuidado	1,2
	Locais com uso público ou privado	1,0
	Locais com uso excepcionalmente agressivos	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor G</b>	<b>G - Nível de manutenção</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Frequente	1,2
	Ocasional	1,0
	Inexistente	0,8
	Desconhecido	1,0

<b>(F-P5) Revestimento de Monocamada</b>		
<b>Factor A</b>	<b>A1 - Massa volúmica aparente</b>	<b>Índice aplicável</b>
	M5 e M6	1,2
	M3 e M4	1,0
	M1 e M2	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A2 - Modulo de elasticidade dinâmico</b>	<b>Índice aplicável</b>
	E3 a E6	1,2
	E2	1,0
	E1	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A3 - Resistência à tracção por flexão</b>	<b>Índice aplicável</b>
	R4 a R6	1,2
	R2 e R3	1,0
	R1	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A4 - Retenção de água</b>	<b>Índice aplicável</b>
	U6	1,2
	U5	1,0
	U1 a U4	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A5 - Coeficiente de capilaridade</b>	<b>Índice aplicável</b>
	C1	1,2
	C2	1,0
	C3 a C6	0,8
Desconhecido	1,0	
<b>A6 - Certificação do produto</b>	<b>Índice aplicável</b>	
Com declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade	1,2	
Com declaração de conformidade CE emitida pelo fabricante ou Certificado de Qualidade	1,0	
Sem declaração de conformidade CE e sem Certificado	0,8	
Desconhecido	1,0	
<b>Factor B</b>	<b>B1 - Tipo de acabamento da monomassa</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Rugoso	1,0
	Liso e poroso	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B2 - Cor da monomassa</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Predominância de cores claras e colocar cores escuras em zonas protegidas	1,2
	Só cores claras	1,0
	Só cores escuras	0,8
Desconhecido	1,0	

<b>Factor B</b>	<b>B3 - Geometria</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Geometria tem em conta as condicionantes do revestimento	1,2
	Existe algumas preocupações na definição da geometria	1,0
	Geometria não tem em conta as condicionantes do revestimento	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B4 - Definição de juntas</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Juntas estruturais e bom plano de juntas de trabalho	1,2
	Juntas estruturais e insuficiente número de juntas de trabalho	1,0
	Inexistência de juntas	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B5 - Pormenores de zonas particulares</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Projecto acompanhado de detalhes concisos e claros de construção	1,2
	Projecto com alguns detalhes e pormenores	1,0
	Inexistência de pormenores construtivos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B6 - Agressividade dos agentes de degradação</b>	<b>Índice aplicável</b>
Fachadas protegidas	1,2	
Fachadas semi-protegidas contra chuva directa	1,0	
Fachada não protegida	0,8	
Desconhecido	1,0	
<b>Factor C</b>	<b>C1 - Suporte</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Todos os suportes verticais em alvenaria e em betão, com excepção dos suportes pouco resistentes	1,2
	Todos os suportes verticais em alvenaria e em betão, incluindo os pouco resistentes	1,0
	Os suportes são considerados pouco resistentes quando apresentam uma coesão inferior a 0.8 Mpa	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>C2 - Mão-de-Obra</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Pessoal habilitado para as funções	1,2
	Pessoal com alguma experiência	1,0
	Pessoal não qualificado	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>C3 - Planeza da superfície</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Rugularidade superficial	1,2
	Correcção de algumas zonas - regularidade superficial	1,0
	Superfície irregular	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>C4 - Aplicação da monomassa</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Respeita na totalidade a quantidade de água, tempo de duração da amassadura de acordo com ficha técnica do produto	1,2
	Segue as quantidades de água de amassadura e duração de acordo com a ficha técnica do produto	1,0
	Não respeita a quantidade de água e duração do tempo de amassadura	0,8
	Desconhecido	1,0

<b>Factor D</b>	Não aplicável	
<b>Factor E</b>	E1 - Condições atmosféricas	Índice aplicável
	Clima frio - M6 - Clima quente ou vento - U6	1,2
	Clima frio - M5 - Clima quente ou vento - U5	1,0
	Clima frio - M1 a M4 - Clima quente ou vento - U1 a U4	0,8
	Desconhecido	1,0
	E2 - Chuva	Índice aplicável
	C1	1,2
	C2	1,0
	C3 a C6	0,8
	Desconhecido	1,0
	E3 - Choques e deteriorização	Índice aplicável
	R4 a R6	1,2
	R2 a R3	1,0
	R1	0,8
Desconhecido	1,0	
<b>Factor F</b>	F - Utilização de revestimento	Índice aplicável
	R5 e R6 ou E5 e E6	1,2
	R3 e R4 ou E3 e E4	1,0
	R1 e R2 ou E1 e E2	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor G</b>	G - Limpezas, reparações locais, substituições locais ou tratamentos de protecção da superfície	Índice aplicável
	Manutenção periódica	1,2
	Manutenção ocasional	1,0
	Só reparações locais	0,8
	Desconhecido	1,0

<b>(F-P18) Pinturas Exteriores</b>		
<b>Factor A</b>	<b>A1 - Qualidade dos componentes - tipo de material</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Material não certificado de acordo com a norma DIN EN ISO 9001	1,0
	Material não certificado de acordo com a norma DIN EN ISO 9001	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A2 - Qualidade dos componentes - aspectos de durabilidade como aditivo de protecção</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Revestimento provido de aditivos de protecção	1,0
	Revestimento não provido de aditivos de protecção	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor B</b>	<b>B - Nível de projecto - pormenores construtivos</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Definidos esquemas de aplicação, materiais tendo em conta as cond. da base e as de exposição a que o revest. vai estar sujeito	1,2
	Cadernos de encargos definido com as características dos materiais a aplicar	1,0
	Inexistência de referência ao tipo de material a aplicar	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor C</b>	<b>C - Nível de execução dos trabalhos - execução da pintura</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Mão-de-obra especializada e a exigência de fiscalização for elevada	1,2
	Mão-de-obra for qualificada e especializada na aplicação	1,0
	Utilização de mão-de-obra não qualificada	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor D</b>	<b>D - Ambiente interior - instalações especiais</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Ambientes pouco agressivos	1,2
	Ambientes moderadamente agressivos	1,0
	Ambientes muito agressivos	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor E</b>	<b>E1 - Ambiente exterior - incidência solar, UV</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Ambientes pouco agressivos	1,2
	Ambientes moderadamente agressivos	1,0
	Ambientes muito agressivos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>E2 - Ambiente exterior - Humidade relativa</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Ambientes pouco agressivos	1,2
	Ambientes moderadamente agressivos	1,0
	Ambientes muito agressivos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>E3 - Ambiente exterior - exposição eólica</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Ambientes pouco agressivos	1,2
	Ambientes moderadamente agressivos	1,0
	Ambientes muito agressivos	0,8
	Desconhecido	1,0

<b>Factor F</b>	F - Condições de uso - aspectos relacionados com a localização	Índice aplicável
	Locais privados e não acessíveis	1,2
	Locais pouco acessíveis	1,0
	Locais públicos e acessíveis	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor G</b>	G - Nível de manutenção - aspectos relacionados com a limpeza	Índice aplicável
	Manutenção periódica programada	1,2
	Manutenção esporádica	1,0
	Sem manutenção	0,8
	Desconhecido	1,0

A.2.2. PAVIMENTOS

<b>(P-P3) Parquet Industrial</b>		
<b>Factor A</b>	<b>A1 - Dureza da madeira</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Elevada	1,25
	Média	1,00
	Baixa	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>A2 - Tratamento prévio da madeira</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Adequado	1,25
	Desadequado	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>A3 - Teor em água</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Baixo	1,25
	Elevado	0,75
	Desconhecido	1,00
<b>Factor B</b>	Não aplicável	
<b>Factor C</b>	<b>C1 - Piso de suporte</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Boas condições	1,25
	Más condições	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>C2 - Produtos colantes</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Adequado	1,25
	Desadequado	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>C3 - Aplicação do produto colante</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Adequado	1,25
	Desadequado	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>C4 - Mão-de-obra (produtos colantes)</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qualificada	1,25
	Desqualificada	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>C5 - Colocação em obra</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Folga suficiente	1,25
	Folga insuficiente	0,75
	Desconhecido	1,00

<b>Factor D</b>	<b>D - Qualidade do acabamento</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Elevada	1,25
	Média	1,00
	Baixa	0,75
	Desconhecido	1,00
<b>Factor E</b>	Não aplicável	
<b>Factor F</b>	<b>F1 - Circulação de pessoas</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Baixa	1,25
	Média	1,00
	Elevada	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>F2 - Circulação com tacões pontiagudos e com solas com protectores metálicos</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Pouco frequente	1,25
	Frequente	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>F3 - Distância ao exterior</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Grande	1,25
	Pequena	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>F4 - Arrastamento de mobiliário</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Pouco frequente	1,25
	Frequente	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>F5 - Queda de objectos</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Pouco frequente	1,25
	Frequente	0,75
Desconhecido	1,00	
<b>Factor G</b>	<b>G1 - Produtos de limpeza</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Adequado	1,25
	Desadequado	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>G2 - Intervalo de tempo entre limpezas e manutenção</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Adequado	1,25
	Desadequado	0,75
	Desconhecido	1,00
	<b>G3 - Qualidade da manutenção</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Elevada	1,25
	Média	1,00
	Baixa	0,75
Desconhecido	1,00	

A.2.3. COBERTURAS

<b>(C-P9) Telhas Cerâmicas</b>		
<b>Factor A</b>	<b>A1 - Declaração de conformidade</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Com declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade	1,2
	Com declaração de conformidade CE emitida pelo fabricante ou com Certificado de Qualidade	1,0
	Sem declaração de conformidade CE e sem Certificação	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A2 - Tipo de telha</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Escolha com base no custo, características das telhas e do projecto a executar	1,2
	Escolha com base no custo e nas características das telhas	1,0
	Escolha com base no custo	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A3 - Tipo de acessório</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Escolha com base no custo, características das telhas e do projecto a executar	1,2
	Escolha com base no custo e nas características das telhas	1,0
	Escolha com base no custo	0,8
Desconhecido	1,0	
<b>Factor B</b>	<b>B - Especificações</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Projecto de acordo com a regulam. em vigor, peças escritas, desenhadas e especific. téc. dos prod. a aplicar de acordo com o caderno de encargos	1,2
	Projecto de acordo com a regulamentação em vigor, com descrição das principais soluções a adoptar	1,0
	Projecto incompleto	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor C</b>	<b>C1 - Mão-de-obra</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Qualificada e especializada	1,2
	Qualificada	1,0
	Não qualificada	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>C2 - Fiscalização</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Regular	1,2
	Pontual	1,0
	Ausente	0,8
	Desconhecido	1,0

Factor C	C3 - Assentamento	Índice aplicável
	Alinhamento correcto e cuidado	1,2
	Alinhamento correcto	1,0
	Alinhamento incorrecto	0,8
	Desconhecido	1,0
	C4 - Inclinação	Índice aplicável
	Segundo as indicações do fabricante consoante o tipo de telha aplicada	1,2
	Normal	1,0
	Insuficiente ou excessiva	0,8
	Desconhecido	1,0
	C5 - Isolamento térmico	Índice aplicável
	Com isolamento tendo em conta o tipo de isolante, posição, número e tipo de camada dos elementos acessórios	1,2
	Com isolamento	1,0
	Sem isolamento	0,8
	Desconhecido	1,0
	C6 - Ventilação	Índice aplicável
	Com ventilação devidamente dimensionada	1,2
	Com ventilação	1,0
	Sem ventilação	0,8
	Desconhecido	1,0
	C7 - Pontos singulares	Índice aplicável
Aplicação cuidada das soluções construtivas e escolha criteriosa dos elementos a aplicar	1,2	
Aplicação normal	1,0	
Aplicação com algumas deficiências	0,8	
Desconhecido	1,0	
Factor D	D1 - Ventilação do desvão da cobertura	Índice aplicável
	Forte ventilação	1,2
	Média ventilação	1,0
	Fraca ventilação	0,8
	Desconhecido/Não aplicável	1,0
	D2 - Humidade	Índice aplicável
	Nível baixo	1,2
	Nível normal	1,0
	Nível alto	0,8
Desconhecido	1,0	

<b>Factor E</b>	<b>E1 - Precipitação</b>	<b>Índice aplicável</b>
	≥ 1200m	1,2
	600 a 1200m	1,0
	≤ 600m	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>E2 - Vento</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Zona I	1,2
	Zona II	1,0
	Não aplicável	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>E3 - Geada</b>	<b>Índice aplicável</b>
	25 dias	1,2
	Entre 25 e 50 dias	1,0
	50 dias	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>E4 - Vento e Precipitação</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Zona I	1,2
	Zona II	1,0
	Zona III	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>E5 - Exposição</b>	<b>Índice aplicável</b>	
Protegida	1,2	
Normal	1,0	
Exposta	0,8	
Desconhecido	1,0	
<b>Factor F</b>	<b>F - Acessibilidade ao local</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Acesso reduzido	1,2
	Acesso normal	1,0
	Uso de telhas passadeiras para criar caminhos de acesso	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor G</b>	<b>G1 - Inspeção-geral</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Periodicidade anual	1,2
	Periodicidade de 2 em 2 anos	1,0
	Periodicidade de 5 em 5 anos ou menos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>G2 - Desobstrução dos pontos ventilação</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Periodicidade semestral	1,2
	Periodicidade de 2 em 2 anos	1,0
	Periodicidade de 5 em 5 anos ou menos	0,8
Desconhecido	1,0	

<b>Factor G</b>	<b>G3 - Lavagem e remoção de resíduos</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Periodicidade anual	1,2
	Periodicidade de 2 em 2 anos	1,0
	Periodicidade de 5 em 5 anos ou menos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>G4 - Manutenção do sistema de recolha águas</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Periodicidade semestral	1,2
	Periodicidade de 2 em 2 anos	1,0
	Periodicidade de 5 em 5 anos ou menos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>G5 - Manutenção dos elementos da cobertura</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Periodicidade anual	1,2
	Periodicidade de 2 em 2 anos	1,0
Periodicidade de 5 em 5 anos ou menos	0,8	
Desconhecido	1,0	

<b>(C-P1) Durabilidade de uma membrana de impermeabilização aparente de uma cobertura não-acessível</b>		
<b>Factor A</b>	<b>A1 - Declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Com declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade	1,2
	Com declaração de conformidade CE ou Certificado de Qualidade	1,0
	Desconhecido	1,0
	<b>A2 - Características do isolamento térmico</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Isolamento térmico com classificação ISOLE superior à encomendada para o tipo de cobertura	1,2
	Isolamento térmico com a classificação ISOLE recomendada para o tipo de cobertura	1,0
	Isolamento térmico com classificação ISOLE inferior à recomendada para o tipo de cobertura	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A3 - Presença de armadura na membrana (*)</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Membrana armada	1,1
	Membrana não armada	1,0
	Não aplicável / Desconhecido	1,0
	(*) - Aplicável apenas a membranas termoplásticas ou elastoméricas	
	<b>A4 - Tipo de armadura da membrana betuminosa (*)</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Membrana armada com feltro de poliéster de 250 g/m <sup>2</sup> ou armada com feltros de poliéster e de fibra de vidro	1,2
	Membrana armada com feltro de poliéster de, pelo menos, 150 g/m <sup>2</sup>	1,0
	Membrana armada com feltro de fibra de vidro	0,8
	Não aplicável / Desconhecido	1,0
(*) - Aplicável apenas a membranas betuminosas		
<b>Factor B</b>	<b>B1 - Qualidade e nível de pormenorização construtiva do projecto</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Soluções adequadas e pormenorização cuidada	1,2
	Soluções adequadas e pormenorização geral	1,0
	Soluções inadequadas ou deficiente pormenorização	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B2 - Caminhos de circulação</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Existência de caminhos de circulação que permitem o acesso a os os pontos de inspecção	1,2
	Existência de caminhos de circulação que permitem o acesso aos pontos de inspecção principais	1,0
	Inexistência de caminhos de circulação	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B3 - Juntas de sobreposição das membranas</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Largura das juntas superior à recomendada para a membrana	1,2
	Largura das juntas igual à recomendada para a membrana	1,0
Largura das juntas inferior à recomendada para a membrana	0,8	
Desconhecido	1,0	

<b>Factor B</b>	<b>B4 - Sistema de fixação mecânica ao suporte (*)</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Membranas fixadas linearmente ao suporte	1,2
	Membranas fixadas pontualmente ao suporte	1,0
	Não aplicável / Desconhecido	1,0
	(*) - Aplicável apenas a sistemas fixados mecanicamente ao suporte	
	<b>B5 - Juntas de dilatação</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Juntas de dilatação sobreelevadas e com interrupção da membrana	1,2
	Juntas de dilatação ao nível da superfície da cobertura e com interrupção da camada de protecção rígida e/ou da membrana	1,0
	Colocação de camada de protecção rígida e/ou membrana sem interrupção sobre a junta de dilatação	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor C</b>	<b>C1 - Qualificação da mão-de-obra (*)</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Mão-de-obra qualificada e experiente (excepto membranas betuminosas)	1,2
	Mão-de-obra qualificada e experiente (apenas membranas betuminosas)	1,1
	Mão-de-obra qualificada	1,0
	Mão-de-obra não qualificada e inexperiente (excepto membranas betuminosas)	0,8
	Mão-de-obra não qualificada e inexperiente (apenas membranas betuminosas)	0,9
	Desconhecido	1,0
	(*) - Substituir o valor de 1,2 por 1,1 e de 0,8 por 0,9 em membranas betuminosas	
	<b>C2 - Regularidade da Fiscalização em obra (*)</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Fiscalização pontual (excepto membranas betuminosas)	1,2
	Fiscalização pontual (apenas em membranas betuminosas)	1,1
	Fiscalização permanente	1,0
	Fiscalização inexistente (excepto membranas betuminosas)	0,8
	Fiscalização inexistente (apenas em membranas betuminosas)	0,9
	Desconhecido	1,0
(*) - Substituir o valor de 1,2 por 1,1 e de 0,8 por 0,9 em membranas betuminosas		
<b>Factor D</b>	Não aplicável	
<b>Factor E</b>	<b>E1 - Acção da temperatura em membranas aparentes (*)</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Membranas localizadas na zona V1 ou V2, com valores de $\alpha_s$ entre 0,2 e 0,3	1,2
	Membranas localizadas na zona V1 ou V2, com valores de $\alpha_s$ entre 0,2 e 0,3 (membranas de TPO, EPDM, borracha butílica e PIB)	1,1
	Membranas sujeitas às restantes situações	1,0
	Membranas localizadas na zona V2 ou V3, com valores de $\alpha_s$ superiores a 0,7	0,8
	Membranas localizadas na zona V2 ou V3, com valores de $\alpha_s$ superiores a 0,7 (membranas de TPO, EPDM, borracha butílica e PIB)	0,9
	Desconhecido	1,0
	(*) - Substituir 1,2 por 1,1 e 0,8 por 0,9 em membranas de TPO, EPDM, borracha butílica e PIB	

<b>Factor E</b>	<b>E2 - Zonas de precipitação</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Edifícios localizados na zona P1	1,2
	Edifícios localizados na zona P2	1,0
	Edifícios localizados na zona P3	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>E3 - Localização da cobertura face às acções do vento</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Pressão dinâmica do vento: $w \leq 1000$ Pa	1,1
	Pressão dinâmica do vento: $1000 < w \leq 1300$ Pa	1,0
	Pressão dinâmica do vento: $w > 1300$ Pa	0,9
	Desconhecido	1,0
	<b>E4 - Estanquidade ao ar da estrutura resistente</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Cobertura com protecção pesada	1,2
	Cobertura com estrutura resistente em betão armado, sem protecção pesada	1,0
	Cobertura com estrutura resistente em chapas metálicas nervuradas ou pranchas de madeira, sem protecção pesada	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>E5 - Altura das platibandas</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Cobertura com platibandas de altura superior a 1 m	1,2
	Cobertura com platibandas de altura entre 0,5 e 1 m	1,0
	Cobertura sem platibanda ou com platibanda de altura inferior a 0,5 m	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>E6 - Características da atmosfera</b>	<b>Índice aplicável</b>	
Atmosfera E1*, E2*, E1+E4 ou E2+E4	1,2	
Atmosfera E3*, E3+E4, E1+E5 ou E2+E5	1,0	
Atmosfera E3+E5, E1+E6, E7, E8 ou E9	0,8	
Desconhecido	1,0	
<b>Factor F</b>	Não aplicável	
<b>Factor G</b>	<b>G1 - Frequência de manutenção</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Realização de todas as operações de manutenção com a periodicidade definida	1,2
	Realização de todas as operações de manutenção com periodicidade entre um e dois anos	1,0
	Ausência de manutenção ou realização de apenas algumas operações de manutenção ou com periodicidade superior a 2 anos	0,8
	Desconhecido	1,0

<b>(C-P8) Isolamento Térmico em Coberturas Invertidas</b>		
<b>Factor A</b>	<b>A1 - Revestimento exterior</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Protege o isolamento das radiações ultravioleta e evita o seu levantamento pela acção do vento	1,2
	Protege o isolamento do levantamento pela acção do vento	1,0
	Não protege o isolamento térmico	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A2 - Isolamento térmico (classificação ISOLE)</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Valores superiores aos exigidos	1,2
	Valores de acordo com os exigidos	1,0
	Valores inferiores aos exigidos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A3 - Impermeabilização</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Bem impermeabilizado sem existencia de formação de poças de água	1,2
	Bem impermeabilizado com existencia de formação de pequenas poças de água (não mais de 5mm de profundidade)	1,0
	Existencia de formação de poças de água	0,8
Desconhecido	1,0	
<b>Factor B</b>	<b>B - Pormenores construtivos</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Estão previstos reforços de pontos singulares	1,2
	Estão previstos pormenores construtivos	1,0
	Não estão previstos pormenores ou reforços	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor C</b>	<b>C1 - Condições de humidade</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Aplicação em tempo seco	1,2
	Aplicação em tempo pouco humido	1,0
	Aplicação em tempo de chuva ou neve	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>C2 - Execução em obra</b>	<b>Índice aplicável</b>
	São seguidas todas as normas e regras de boa execução	1,2
	São seguidas as normas de execução do caderno de encargos	1,0
	Não são seguidas as normas de execução do caderno de encargos	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor D</b>	Não aplicável	

<b>Factor E</b>	<b>E1 - Variações de temperatura</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Temperaturas aproximadamente constantes ao longo do ano	1,2
	Clima propenso a variações de temperaturas moderadas	1,0
	Clima propenso a altos gradientes térmicos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>E2 – Chuva / Poluição</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Ambiente seco/Cobertura protegida da ação da chuva	1,2
	Ambiente rural ou urbano não particularmente húmido ou poluído	1,0
	Zonas com particular propensão à ocorrência de chuvas intensas. Zonas muito poluídas	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor F</b>	<b>F1 - Tipo de utilização</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Acesso privado	1,2
	Zona de passagem/Acesso público	1,0
	Acesso regular de crianças à cobertura/Acesso público com elevada afluência de pessoas	0,8
	Desconhecido	1,0
<b>Factor G</b>	<b>G1 - Frequência de manutenção</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Manutenção semestral ou ainda com periodicidade inferior	1,2
	Manutenção anual preferencialmente depois do Outono	1,0
	Sem manutenção	0,8
	Desconhecido	1,0

A.2.4. APLICAÇÃO EM DIVERSOS LOCAIS

<b>(D-P3) Janelas de Caixilharia em PVC</b>		
<b>Factor A</b>	<b>A1 - Empresa fornecedora certificada</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Sim	1,0
	Desconhecido	1,0
	<b>A2 - Especificações dos produtos diferentes das de projecto</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Não	1,2
	Sim	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A3 - Ensaaios em laboratórios certificados</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Estão previstos e incluem reforços	1,2
	Estão previstos	1,0
	Não estão previstos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A4 - Parâmetros avaliados segundo as normas adequadas</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Valores superiores aos exigidos	1,2
	Valores de acordo com os exigidos	1,0
	Valores inferiores aos exigidos	0,8
Desconhecido	1,0	
<b>Factor B</b>	<b>B1 - Desenhos de pormenores construtivos</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Estão previstos e incluem reforços	1,2
	Estão previstos	1,0
	Não estão previstos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B2 - Preocupação com a selecção de janelas</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Há preocupação e inclui certo detalhe	1,2
	Há já alguma preocupação	1,0
	Não há qualquer preocupação	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B3 - Utilização de medidas de protecção das janelas Ex: palas, estores, persianas, sombreadores, etc.</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Duas ou mais medidas	1,2
	Uma medida	1,0
	Não existem	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>B4 - Existência de boas ligações/fixações</b>	<b>Índice aplicável</b>
As ligações/fixações não são as ideais	1,2	
Em alguns casos	1,0	
As ligações/fixações são as ideais	0,8	
Desconhecido	1,0	

Factor C	C1 - Mão-de-obra especializada aquando da montagem	Índice aplicável
	Sim	1,2
	Não	0,8
	Desconhecido	1,0
	C2 - Existência de fiscalização	Índice aplicável
	Sim	1,2
	Não	0,8
	Desconhecido	1,0
	C3 - Boas condições atmosféricas (durante a execução)	Índice aplicável
	Dias limpos e secos	1,2
	Dias não húmidos	1,0
	Ocorrência de chuvas intensas	0,8
	Desconhecido	1,0
Factor D	D1 - Condensação	Índice aplicável
	Muita	1,2
	Alguma	1,0
	Nenhuma	0,8
	Desconhecido	1,0
	D2 - Ventilação	Índice aplicável
	Nenhuma	1,2
	Pouca	1,0
	Alguma/necessária	0,8
	Desconhecido	1,0
Factor E	E1 - Agressividade local	Índice aplicável
	Clima sem grandes variações térmicas	1,2
	Clima com variações térmicas moderadas	1,0
	Clima com altos gradientes térmicos	0,8
	Desconhecido	1,0
	E2 - Existência de poluição	Índice aplicável
	Zona com baixo índice de poluição	1,2
	Zona rural ou urbana pouco poluída	1,0
	Zona muito poluída	0,8
	Desconhecido	1,0
Factor F	F1 - Tipo de utilização	Índice aplicável
	Utilização de uma a duas vezes por dia	1,2
	Utilização esporádica	1,0
	Utilização frequente, zona de passagem	0,8
	Desconhecido	1,0
	F2 - Utilizador instruído	Índice aplicável
	Local privado e utilização cuidadosa	1,2
	Local de acesso e utilização do público	1,0
	Uso por crianças ou acessível a animais	0,8
	Desconhecido	1,0

<b>Factor G</b>	<b>G1 - Frequência de manutenção</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Manutenção regular, no mínimo semestral	1,2
	Manutenção anual	1,0
	Sem manutenção	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>G2 - Acessibilidade para limpeza</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Local acessível	1,2
	Local de difícil acesso	1,0
	Local não acessível	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>G3 - Limpeza com produtos adequados</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Produtos adequados de limpeza/protecção	1,2
	Produtos correntes mas não abrasivos	1,0
	Produtos abrasivos: lixívia, detergentes	0,8
Desconhecido	1,0	

<b>(D-P2) Argamassas Tradicionais em Rebocos Exteriores</b>		
<b>Factor A</b>	<b>A1 - Água de amassadura</b>	Índice aplicável
	Com cert. de qual., controlo da origem e ensaios periódicos. Doce, limpa e isenta de matérias. Qualidade superior	1,2
	Sem cert. de qual., controlo da origem e ensaios periódicos. Doce, limpa e isenta de matérias. Qualidade corrente	1,0
	Sem certificado de qualidade, controlo da origem nem ensaios periódicos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A2 - Areias/Inertes</b>	Índice aplicável
	Com declaração de conformidade CE	1,0
	Sem declaração de conformidade CE	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A3 - Areias/Inertes</b>	Índice aplicável
	Com certificado de qualidade, controlo da origem e ensaios periódicos. Qualidade superior.	1,2
	Com certificado de qualidade, controlo da origem e ensaios periódicos. Qualidade corrente.	1,0
	Sem Certificado de qualidade, controlo da origem nem ensaios periódicos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A4 - Cal aérea</b>	Índice aplicável
	Com declaração de conformidade CE	1,0
	Sem declaração de conformidade CE	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A5 - Cal aérea</b>	Índice aplicável
	Com certificado de qualidade, controlo da origem e ensaios periódicos. Qualidade superior	1,2
	Com certificado de qualidade, controlo da origem e ensaios periódicos. Qualidade corrente	1,0
	Sem Certificado de qualidade, controlo da origem nem ensaios periódicos	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A6 - Pozolonas</b>	Índice aplicável
	Com declaração de conformidade CE	1,0
	Sem declaração de conformidade CE	0,8
	Desconhecido	1,0
	<b>A7 - Pozolonas</b>	Índice aplicável
Com certificado de qualidade, controlo da origem e ensaios periódicos. Qualidade superior	1,2	
Com certificado de qualidade, controlo da origem e ensaios periódicos. Qualidade corrente	1,0	
Sem Certificado de qualidade, controlo da origem nem ensaios periódicos	0,8	
Desconhecido	1,0	
<b>Factor B</b>	<b>B1 - Dimensionamento das camadas do reboco e definição dos traços</b>	Índice aplicável
	De acordo com todas as exigências aplicáveis, garantindo um nível elevado de desempenho	1,20
	De acordo com as exigências aplicáveis, garantindo um nível mínimo de desempenho.	1,00
	Sem atender às exigências aplicáveis	0,80
	Desconhecido	1,00

<b>Factor B</b>	<b>B2 - Compatibilidade com o suporte</b>	Índice aplicável
	Compatível com o suporte	1,00
	Incompatível com o suporte	0,80
	Desconhecido	1,00
	<b>B3 - Pormenorização das peças desenhadas</b>	Índice aplicável
	Pormenorização detalhada	1,20
	Pormenorização geral	1,00
	Deficiente pormenorização	0,80
	Desconhecido	1,00
	<b>B4 - Especificações técnicas e compatibilização de todos os componentes</b>	Índice aplicável
	Especificação completa, incluindo instruções de trabalho.	1,20
	Especificação geral	1,00
	Especificação deficiente	0,80
Desconhecido	1,00	
<b>Factor C</b>	<b>C1 - Qualificação da mão-de-obra</b>	Índice aplicável
	Qualificada com experiência ou formação na aplicação do sistema	1,20
	Qualificada	1,00
	Não Qualificada	0,80
	Desconhecido	1,00
	<b>C2 - Direcção técnica da obra</b>	Índice aplicável
	Existência de técnico qualificado	1,00
	Inexistência de técnico qualificado	0,80
	Desconhecido	1,00
	<b>C3 - Condições de estaleiro</b>	Índice aplicável
	Materiais devidamente acondicionados e em condições ambientais controladas	1,20
	Materiais devidamente acondicionados	1,00
	Sem condições de acondicionamento dos materiais	0,80
	Desconhecido	1,00
	<b>C4 - Controlo de qualidade e fiscalização</b>	Índice aplicável
	Existência de controlo de qualidade e fiscalização regular	1,20
	Existência de controlo de qualidade ou fiscalização regular	1,00
Inexistência de controlo de qualidade ou fiscalização regular	0,80	
Desconhecido	1,00	
<b>Factor D</b>	Não aplicável	
<b>Factor F</b>	<b>F1 - Adequação ao uso</b>	Índice aplicável
	Possui classificação superior à exigida em todos os níveis	1,20
	Possui a classificação mínima exigida	1,00
	Inadequação ao uso	0,80
	Desconhecido	1,00

<b>Factor F</b>	<b>F2 - Vandalismo</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Acesso restrito	1,20
	Acesso ocasional	1,00
	Acesso facilitado	0,80
	Desconhecido	1,00
<b>Factor G</b>	<b>G1 - Programa de manutenção</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Está previsto um programa de manutenção	1,20
	Não está previsto um programa de manutenção	1,00
	Desconhecido	1,00
	<b>G2 - Classe de manutenção</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Necessita manutenção espaçada	1,20
	Necessita manutenção normal	1,00
	Necessita manutenção frequente	0,80
	Desconhecido	1,00
	<b>G3 - Classe de reparação</b>	<b>Índice aplicável</b>
	Reparação fácil	1,20
	Reparação normal	1,00
	Reparação difícil	0,80
	Desconhecido	1,00