

HUMIDADE NO PATRIMÓNIO

VICENTE TEIXEIRA DE VASCONCELOS E ANTUNES DE MAGALHÃES

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

Orientador: Professor Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas

JUNHO DE 2018

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2017/2018

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446

✉ 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 +351-22-5081440

✉ 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 - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.*

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

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

À minha família

"O futuro dependerá daquilo que fazemos no presente"

Gandhi

AGRADECIMENTOS

Com a conclusão deste trabalho quero expressar o meu profundo e sincero agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para que a sua realização fosse possível.

Quero agradecer, primeiramente, aos meus pais por todo o apoio durante esta longa etapa.

Agradeço também ao meu orientador, Professor Vasco Freitas, pela disponibilidade, orientação e partilha de conhecimento durante a realização desta dissertação. A sua ajuda foi essencial, sem ela a realização deste trabalho não seria possível.

Por último, agradeço a todos os amigos e familiares que também contribuíram, direta ou indirectamente, para a conclusão desta etapa da minha vida.

RESUMO

Portugal é um país com um vasto património edificado, no entanto não é possível quantificá-lo na sua totalidade pois não dispomos de qualquer tipo de inventário uniformizado nesta área. Existem algumas plataformas, nomeadamente o Sistema de Informação para o Património Arquitétonico (SIPA), que fazem parte desse trabalho, mas infelizmente mostram-se algo incompletas.

Nesta dissertação foi possível recolher a informação disponível relativamente a quatro tipos de edifícios: Museus, Palácios, Igrejas e Conventos/Mosteiros, recorrendo tanto ao SIPA como a outros sistemas de informação, e apresenta-la de uma forma organizada. No entanto ainda existe uma grande carência de informação disponível nesta área.

Portugal é um país onde o turismo se mostra cada vez mais crescente e se apresenta como um dos setores mais dinâmicos da sua economia, pelo que o bom estado de conservação do seu património cultural edificado se torna imprescindível.

As causas das patologias dos edifícios com valor patrimonial são várias, sendo que a presença de humidade se mostra como uma das principais e mais frequentes, pelo que se torna importante compreender os fenómenos que envolvem a transferência de humidade nos elementos de construção.

Esta dissertação tem como objetivo central a avaliação do comportamento face à humidade de edifícios com valor patrimonial. Deste modo, foi concebida uma metodologia de avaliação, com o intuito de ser aplicada pelas entidades gestoras dos edifícios, que nos permita ter um conhecimento geral do comportamento face à humidade do património edificado que constitui o nosso país.

PALAVRAS-CHAVE: património cultural, património edificado, museus, palácios, igrejas, conventos, mosteiros, humidade, comportamento

ABSTRACT

Portugal is a country with a vast built heritage, however it is not possible to quantify it in its entirety as we do not hold any kind of uniformed inventory in this topic. There are some platforms, namely the Sistema de Informação o Património Arquitetónico (SIPA), which are part of this work, but unfortunately they are somewhat incomplete.

In this dissertation it was possible to acquire the available information on four sorts of buildings: Museums, Palaces, Churches and Convents/Monasteries and presenting it in an organized way.

The tourism in Portugal is increasingly growing and presents itself as one of the most dynamic sectors of its economy, reason why the good condition of conservation of its built cultural heritage becomes essential.

The causes of pathologies of buildings with heritage value are various, being that the presence of humidity presents itself as one of the main and most frequent, reason why it becomes important to comprehend the phenomenon that involve the transfer of humidity in the elements of construction. This dissertation has as its main purpose the evaluation of the behaviour regarding the humidity of buildings with patrimonial value. In this way, a methodology of evaluation was conceived with the aim of being applied by the management entities of the buildings, allowing us to have general knowledge regarding the humidity of the built heritage that constitutes our country.

KEYWORDS: cultural heritage, built heritage, museums, palaces, churches, convents, monasteries, humidity, behavior

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS E ESTRATÉGIA	2
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2. O PATRIMÓNIO CULTURAL EDIFICADO EM PORTUGAL	5
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	5
2.2. QUANTIFICAÇÃO DO PATRIMÓNIO CULTURAL IMÓVEL CLASSIFICADO PELA DGPC	6
2.3. MUSEUS	7
2.3.1. NOTA INTRODUTÓRIA	7
2.3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS MUSEUS EM PORTUGAL	8
2.3.2.1. BDMuseus	8
2.3.2.2. IMUS	9
2.3.3. NÚMERO DE VISITANTES	13
2.3.4. RECURSOS HUMANOS ENVOLVIDOS	14
2.3.5. TUTELA DOS MUSEUS	15
2.3.6. DESPESAS PÚBLICAS COM MUSEUS EM PORTUGAL	16
2.4. PALÁCIOS	17
2.4.1. NOTA INTRODUTÓRIA	17
2.4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS PALÁCIOS EM PORTUGAL	17
2.4.3. TUTELA DOS PALÁCIOS	23
2.5. IGREJAS	26
2.5.1. NOTA INTRODUTÓRIA	26
2.5.2. CARACTERIZAÇÃO DAS IGREJAS EM PORTUGAL	26
2.5.3. TUTELA DAS IGREJAS	30
2.6. CONVENTOS E MOSTEIROS	30
2.6.1. NOTA INTRODUTÓRIA	30

2.6.2. CARACTERIZAÇÃO DOS CONVENTOS E MOSTEIROS EM PORTUGAL	31
2.6.3. TUTELA DOS CONVENTOS E MOSTEIROS	34
2.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO 2	34

3. HUMIDADE NOS EDIFÍCIOS COM VALOR PATRIMONIAL

3.1. NOTA INTRODUTÓRIA.....	37
3.2. FORMAS DE MANIFESTAÇÃO DA HUMIDADE	38
3.2.1. NOTA INTRODUTÓRIA.....	38
3.2.2. ÁGUA EM FASE LÍQUIDA.....	38
3.2.2.1. Infiltração	38
3.2.2.2. Fugas ou rotura de canalizações	39
3.2.2.3. Humidade ascensional	39
3.2.3. ÁGUA EM FASE DE VAPOR	43
3.2.3.1. Humidade devido a fenómenos de higroscopicidade.....	43
3.2.3.2. Humidade de condensação	44
3.2.3.2.1. Condensações superficiais.....	45
3.2.3.2.2. Condensações internas	46
3.2.3.3. Humidade na construção.....	47
3.3. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO DAS DIFERENTES MANIFESTAÇÕES DE HUMIDADE	48
3.3.1. NOTA INTRODUTÓRIA.....	48
3.3.2. TÉCNICAS NÃO DESTRUTIVAS.....	48
3.3.2.1. Ensaio de absorção de água sob baixa pressão – Tubo de Karsten.....	48
3.3.2.2. Técnicas de registo e monitorização das condições higrotérmicas	49
3.3.2.3. Método Baseado na Resistência Elétrica	51
3.3.2.4. Método Baseado na Constante Dielétrica	52
3.3.2.5. Microondas	52
3.3.2.6. Método TDR (Time Domain Reflectometry)	54
3.3.2.7. Termografia	55
3.3.2.8. Aparelho Baseado na Medição da Variação da Impedância dum Semicondutor	57
3.3.3. TÉCNICAS DESTRUTIVAS.....	57
3.3.3.1 Ensaio de permeabilidade ao vapor de água	57
3.3.3.2. Ensaio de variação dimensional com a humidade relativa	59
3.3.3.3. Técnicas de determinação do teor de sais – Kit de campo e fitas colorimétricas	60
3.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO 3	62

4. PROPOSTA DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FACE À HUMIDADE DE EDIFÍCIOS COM VALOR PATRIMONIAL	65
4.1. NOTA INTRODUTÓRIA	65
4.2. ESTRUTURA DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FACE À HUMIDADE DE EDIFÍCIOS COM VALOR PATRIMONIAL	66
4.2.1. IDENTIFICAÇÃO, INFORMAÇÕES GERAIS DO EDIFÍCIO E RESPONSÁVEL PELA GESTÃO.....	66
4.2.2. AVALIAÇÃO POR OBSERVAÇÃO VISUAL DE MANIFESTAÇÕES DE HUMIDADE POR COMPARTIMENTO	67
4.2.3. QUANTIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONDICIONAMENTO DA UTILIZAÇÃO FACE À HUMIDADE - I _{HUMIDADE}	71
4.3. SÍNTESE DO CAPÍTULO 4	77
5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA A UM CASO DE ESTUDO	79
5.1. ENQUADRAMENTO	79
5.2. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO	79
5.3. DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA AO CASO DE ESTUDO.....	81
5.3.1. SECÇÃO 1 - IDENTIFICAÇÃO, INFORMAÇÕES GERAIS DO EDIFÍCIO E RESPONSÁVEL PELA GESTÃO	81
5.3.2. SECÇÃO 2 – AVALIAÇÃO POR OBSERVAÇÃO VISUAL DE MANIFESTAÇÕES DE HUMIDADE POR COMPARTIMENTO.....	82
5.3.2.1. Compartmento 1 – Igreja.....	82
5.3.2.2. Compartmento 2 – Sacristia	89
5.3.3. SECÇÃO 3 - QUANTIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONDICIONAMENTO DA UTILIZAÇÃO FACE À HUMIDADE DO EDIFÍCIO - I _{HUMIDADE}	93
5.3.3.1. Compartmento 1 - Igreja.....	94
5.3.3.2. Compartmento 2 – Sacristia	95
5.3.3.3. Edifício – Igreja e Sacristia.....	97
5.4. NOTAS FINAIS.....	98
6. CONCLUSÕES	99
6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
6.2. PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

ANEXO 1 – PROPOSTA DE METODOLOGIA DA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FACE À HUMIDADE DE EDIFÍCIOS COM VALOR PATRIMONIAL APLICADA A UM CASO DE ESTUDO A1.1

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Distribuição dos Edifícios classificados pela DGPC numa base regional [9]	7
Fig. 2.2 - Evolução do número de Museus por situação no período de 2000 a 2010 [11]	8
Fig. 2.3 - Distribuição territorial Museus a funcionar/projetos no ano de 2010 [11].....	9
Fig. 2.4 - Evolução do número de Museus a funcionar/Museus inquiridos pelo INE no período de 2000 a 2010 [11].....	10
Fig. 2.5 - Evolução do número de Museus por situação no período de 2011 a 2016 [9] [13] [14] [15] [16] [17].....	11
Fig. 2.6 - Evolução do número de Museus por tipologia no período de 2011 a 2016 [9] [13] [14] [15] [16] [17].....	12
Fig. 2.7 - Evolução do número de visitantes a museus (em milhões) no período de 2011 a 2016 [9] [13] [14] [15] [16] [17]	14
Fig. 2.8 - Evolução do número de pessoal afeto ao serviço (total e remunerado) no período de 2011 a 2016 [9] [13] [14] [15] [16] [17]	15
Fig. 2.9 - Distribuição das tutelas dos museus no ano de 2016 [9]	16
Fig. 2.10 - Evolução das despesas correntes com museus de administração local no período de 2012 a 2016 (em milhões de euros) [9] [14] [15] [16] [17]	16
Fig. 2.11 – Distribuição territorial dos Paços reais, senhoriais e eclesiásticos em Portugal	19
Fig. 2.12 - Distribuição territorial das Casas nobres em Portugal.....	20
Fig. 2.13 - Distribuição territorial dos palacetes em Portugal	21
Fig. 2.14 – Distribuição da tutela dos Paços Reais [20].....	23
Fig. 2.15 - Distribuição da tutela dos Paços Senhoriais [20]	24
Fig. 2.16 - Distribuição da tutela dos Paços Eclesiásticos [20].....	24
Fig. 2.17 – Distribuição da tutela das Casas Nobres [20].....	25
Fig. 2.18 – Distribuição da tutela dos Palacetes [20].....	25
Fig. 2.19 – Distribuição territorial das Igrejas em Portugal	29
Fig. 2.20 – Distribuição da tutela das Igrejas [20]	30
Fig. 2.21 – Distribuição territorial dos Conventos e Mosteiros em Portugal	32
Fig. 2.22 – Distribuição da tutela dos Conventos e Mosteiros [20].....	34
Fig. 3.1 - Material de porosidade aberta [23]	39
Fig. 3.2-Material de porosidade fechada [23].....	40
Fig.3.3 - Variação do teor de humidade ao longo da secção transversal em função da espessura da parede [23]	40

Fig. 3.4 - Influência da colocação de material impermeável na humidade ascensional [23]	41
Fig. 3.5 - Influência da colocação de revestimentos impermeáveis na humidade ascensional [23].....	41
Fig. 3.6 - Humidificação por águas freáticas e águas superficiais [23]	43
Fig. 3.7 - Variação do teor de humidade em função da variação da humidade relativa [25].....	43
Fig. 3.8 - Diagrama psicométrico [26].....	45
Fig. 3.9 - Esquema representativo de condensações internas numa parede [26].....	47
Fig. 3.10 - Procedimento do ensaio de absorção de água sob baixa pressão [27]	49
Fig. 3.11 - Equipamentos usados na técnica de registo e monitorização das condições higrotérmicas [27] [29]	50
Fig. 3.12 - Variação da temperatura interior e exterior [27].....	50
Fig. 3.13 - Variação da humidade relativa interior e exterior [27]	50
Fig. 3.14 – Equipamento baseado na corrente elétrica [28].....	51
Fig. 3.15 – Equipamento baseado na constante dielétrica [28]	52
Fig. 3.16 – Equipamento baseado no método microondas [28].....	53
Fig. 3.17 – Distribuição dos valores obtidos num elemento [28].....	53
Fig. 3.18 – Equipamento TDR e sondas [28]	54
Fig. 3.19 – Equipamento para termografia (unidade de deteção) [30].....	55
Fig. 3.20 – Equipamento para termografia (unidade de controlo) [30].....	56
Fig. 3.21 – Mapeamento da humidade na zona de patologia numa parede e respetivo registo fotográfico [32]	56
Fig. 3.22 – Equipamento baseado na medição da variação da impedância dum semiconductor [28]...	57
Fig. 3.23 - Ensaio de permeabilidade ao vapor de água [27]	58
Fig. 3.24 - Variação da massa ao longo do ensaio de permeabilidade ao vapor de água [27]	58
Fig. 3.25 - Datalogger (direita) e protótipo ensaiado (esquerda) [27]	59
Fig. 3.26 - Gráfico obtido no ensaio de variação dimensional [27]	60
Fig. 3.27 - Ábaco obtido com os vários parâmetros do ensaio [27]	60
Fig. 3.28 - Kit de campo [27]	61
Fig. 3.29 - Fitas colorimétricas [27]	61
Fig. 4.1 – Campo destinado a informações para identificação e caracterização do Edifício em avaliação.....	66
Fig. 4.2 – Campo destinado a informações para identificação da Entidade responsável pela gestão.	67
Fig. 4.3 – Campo destinado a identificação do compartimento e registo da área de pavimento	67
Fig. 4.4 – Campo referente à classificação da intensidade das manifestações de humidade	68

Fig. 4.5 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades no pavimento de um compartimento	68
Fig. 4.6 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades no teto de um compartimento.....	69
Fig. 4.7 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 1 de um compartimento	69
Fig. 4.8 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 30 de um compartimento	70
Fig. 4.9 – Campo destinado à representação esquemática para identificação das paredes	70
Fig. 4.10 – Campo destinado à seleção das Condições de utilização do compartimento face à humidade.....	70
Fig. 4.11 – Campo destinado aos fatores e pesos da fórmula para quantificação do I_{humidade}	71
Fig. 4.12 – Campo referente à equação para quantificação dos $I_{\text{elemento},i}$	72
Fig. 4.13 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação dos $I_{\text{elemento},i}$	73
Fig. 4.14 – Campo referente à equação para quantificação do $I_{\text{compartimento}}$	74
Fig. 4.15 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação do $I_{\text{compartimento}}$	75
Fig. 4.16 – Campo referente à equação para quantificação do I_{humidade}	76
Fig. 4.17 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação do I_{humidade}	76
Fig. 4.18 – Campo destinado à classificação final do Edifício	77
Fig. 5.1 – Igreja de São Gonçalo.....	80
Fig. 5.2 – Interior da Igreja de São Gonçalo	80
Fig. 5.3 - Campo destinado a informações para identificação e caracterização da Igreja de São Gonçalo	81
Fig. 5.4 - Campo destinado a informações para identificação da Entidade responsável pela gestão da Igreja de São Gonçalo.....	81
Fig. 5.5 - Campo destinado a identificação do compartimento 1 e registo da área de pavimento	82
Fig. 5.6 - Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades no pavimento do compartimento 1	82
Fig. 5.7 – Manchas de Humidade no pavimento da Igreja de São Gonçalo	83
Fig. 5.8 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades no teto de um compartimento.....	83
Fig. 5.9 – Mancha de humidade no teto da Igreja de São Gonçalo.....	84
Fig. 5.10 – Manchas de Humidade com destacamento da pintura na parede 1 da Igreja de São Gonçalo	84
Fig. 5.11 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 1 do compartimento 1	85

Fig. 5.12 – Manchas de humidade e salitre na parede 2 da Igreja de São Gonçalo	85
Fig. 5.13 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 2 do compartimento 1	86
Fig. 5.14 – Manchas de humidade com destacamento da pintura na parede 3 da Igreja de São Gonçalo.....	86
Fig. 5.15 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 3 do compartimento 1	87
Fig. 5.16 – Manchas de humidade na parede 10 da Igreja de São Gonçalo	87
Fig. 5.17 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 10 do compartimento 1	87
Fig. 5.18 – Manchas de humidade e salitre na parede 15 da Igreja de São Gonçalo	88
Fig. 5.19 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 15 do compartimento 1	88
Fig. 5.20 – Campo destinado à representação esquemática para identificação das paredes do compartimento 1	89
Fig. 5.21 – Campo destinado à seleção das Condições de utilização do compartimento 1 face à humidade	89
Fig. 5.22 - Campo destinado a identificação do compartimento 2 e registo da área de pavimento	90
Fig. 5.23 – Manchas de humidade de intensidade frequente no pavimento da Sacristia da Igreja de São Gonçalo	90
Fig. 5.24 - Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades no pavimento do compartimento 2	91
Fig. 5.25 – Mancha de humidade na parede 2 da Sacristia da Igreja de São Gonçalo.....	91
Fig. 5.26 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 2 do compartimento 2.....	92
Fig. 5.27 – Campo destinado à representação esquemática para identificação das paredes do compartimento 2	92
Fig. 5.28 – Campo destinado à seleção das Condições de utilização do compartimento 2 face à humidade	92
Fig. 5.29 – Campo destinado aos fatores e pesos da fórmula para quantificação do I_{humidade}	93
Fig. 5.30 - Campo referente à equação para quantificação do I_{humidade}	93
Fig. 5.31 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação dos $I_{\text{elemento},i}$ do compartimento 1 .	94
Fig. 5.32 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação do $I_{\text{compartimento}}$ do compartimento 1	95
Fig. 5.33 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação dos $I_{\text{elemento},i}$ do compartimento 2 .	96
Fig. 5.34 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação do $I_{\text{compartimento}}$ do compartimento 2	96
Fig. 5.35 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação do I_{humidade} da Igreja São Gonçalo	97

Fig. 5.36 – Campo destinado à classificação final da Igreja de São Gonçalo 98

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Evolução do número de museus por região no período de 2011 a 2016.....	13
Tabela 2.2 – Número de Palácios em Portugal por distrito/arquipélago [20]	18
Tabela 2.3 – Número de Palácios Classificados pela DGPC por distrito/arquipélago e por grau de interesse [20].....	22
Tabela 2.4 – Características das dioceses em Portugal [19].....	27
Tabela 2.5 – Quantificação das Igrejas em Portugal [20]	28
Tabela 2.6 – Número de Conventos e Mosteiros em Portugal por distrito/arquipélago [20]	31
Tabela 2.7 – Número de Conventos e Mosteiros classificados pela DGPC por distrito/arquipélago e por grau de interesse [20]	33
Tabela 2.8 – Caracterização dos Museus, Palácios, Igrejas, Conventos e Mosteiros	36
Tabela 3.1 - Níveis de concentração aceitáveis para diferentes sais [27].....	62
Tabela 3.2 – Quadro síntese que relaciona as formas de manifestação de humidade com as anomalias com maior predominância para cada uma das formas de manifestação mencionadas	63
Tabela 3.3 - Quadro síntese das técnicas diagnóstico das diferentes manifestações de humidade ...	64

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

HR – Humidade Relativa [%]

P – Pressão do vapor de água [N/m²]

P_s – Pressão de Saturação [N/m²]

w – Teor de Humidade [Kg/Kg]

θ_{si} - Temperatura superficial interior (°C)

θ_i - Temperatura do ar interior (°C)

U – Coeficiente de transmissão térmica (W/m² · °C)

R_{si} – Resistência superficial interior (valor tabelado = 0.12 m² · °C/W)

θ_e - Temperatura exterior (°C)

A_{fachada} – Absorção de água numa fachada

C_{absorção} – Coeficiente de absorção do elemento

t_{chuva} – Intervalo de tempo que o elemento está sujeito à ação da chuva

ε – Constante dielétrica do meio

c – Velocidade da luz (3.0*10⁸ m/s)

t – Tempo de percurso da onda eletromagnética (s)

L – Comprimento da sonda TDR (m)

W – Permeância ao vapor de água (kg/m².s.Pa)

δ - Permeabilidade ao vapor de água (kg/m.s.Pa)

μ - Coeficiente de resistência à difusão do vapor de água (s.m.Pa/Kg)

e=espessura do provete (m)

A=área do provete (m²)

Δ_{pV}=diferença entre a pressão de vapor exterior e interior (Pa)

Fig. - Figura

DGPC – Direção Geral do Património Cultural

ZEP – Zona Especial de Proteção

INE – Instituto Nacional de Estatística

AML – Área Metropolitana de Lisboa

IPM – Instituto Português de Museus

OAC – Observatório da Atividade Cultural

IMUS – Inquério Anual aos Museus

BdMuseus – Base de Dados Museus

SIPA – Sistema de Informação do Património Arquitetónico

$I_{humidade}$ – Índice de Condicionamento da Utilização face à Humidade do Edifício

$I_{elemento}$ – Índice de Condicionamento da Utilização face à Humidade do Elemento

$I_{global,paredes}$ – Índice de Condicionamento da Utilização face à Humidade Global das Paredes

$I_{compartimento}$ - Índice de Condicionamento da Utilização face à Humidade do Compartimento

A_p – Área de Pavimento

$I_{manifestação}$ – Fator referente à intensidade da manifestação de humidade

$I_{utilização,compartimento}$ – Fator referente às condições de utilização do compartimento

$P_{area,pavimento}$ – Peso referente à área de pavimento

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Os edifícios têm sido encarados, ao longo dos tempos, como um dos símbolos de perenidade, de segurança e de estabilidade social e económica, em oposição ao que é provisório, amovível ou instável. É também através dos edifícios que se invoca com maior frequência a memória de um passado [1].

É erradamente considerado que a conservação dum edifício histórico obedece aos mesmos conceitos de qualidade aplicados na indústria da construção em geral, sem lhe ser reconhecida qualquer especificidade resultante quer pelo facto de se tratar de um objeto artístico e histórico, quer ainda do seu carácter único e insubstituível [5]. Devemos também ter em conta que ao reabilitar e preservar o património edificado estamos a contribuir para a preservação de uma herança cultural, que não pode ser negligenciada, e contribuir também para um futuro mais sustentável [6].

O peso do turismo sobre a economia em Portugal está a aumentar. Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE) em 2016 o turismo gerou cerca de 11.5 mil milhões de euros, o que representou mais de 7% do valor acrescentado bruto (VAB) e o consumo dos turistas ultrapassou os 23 mil milhões de euros, o que equivale a mais de 12% do produto interno bruto (PIB) do país [2]. O património cultural pode ser também gerador de formação qualificada, de uma maior estabilização da população no interior do país, de criação de emprego e inovação [3]. Devido a este paradigma, e aos padrões de qualidade da época em que vivemos, torna-se imprescindível o bom estado de conservação do património cultural edificado que dispomos [4].

Portugal é um país com um vasto património edificado, no entanto carece de um inventário uniformizado, que nos permita saber quantos edifícios de valor patrimonial existem em Portugal.

Uma das principais causas das patologias nos edifícios é a presença de humidade, com consequências tanto na sua durabilidade, como na degradação do aspeto, no desempenho estrutural, térmico e salubridade dos ocupantes. Deste modo, é necessário compreender os fenómenos que envolvem a transferência de humidade nos materiais e elementos de construção, de forma a caracterizar o seu comportamento face à presença de água.

Visto que a não satisfação das principais exigências de segurança, apesar de conduzirem a situações dramáticas, são, nos dias de hoje, pouco frequentes, passou então a ser o foco principal as condições de habitabilidade. No entanto, o não cumprimento destas exigências de habitabilidade, infelizmente, é ainda muito frequente em edifícios com valor patrimonial, nomeadamente edifícios antigos. Do ponto de vista cultural, não é concebível que um edifício de valor histórico e patrimonial possa ser degradado pela ação da humidade. [24][25]

1.2. OBJETIVOS E ESTRATÉGIA

Numa fase inicial o objetivo centrou-se na caracterização do património edificado Português. Desse modo, foi recolhida informação, recorrendo a diferentes fontes, relativa a quatro tipos de edifícios que constituem o nosso património edificado: Museus, Palácios, Igrejas e Conventos/Mosteiros, que foi, posteriormente, apresentada de uma forma organizada.

Relativamente aos Museus, foi obtida a informação disponível do recenseamento dos museus efetuado pelo já extinto Observatório das Atividades Culturais (OAC) e do inquérito feito anualmente pelo Instituto Nacional de Estatística (INE).

A informação relativa às Igrejas teve duas origens. Primeiramente foi recolhida a informação disponível no Anuário Católico Português, seguindo-se uma recolha de informação no Sistema de Informação para o Património Arquitetónico (SIPA), relativamente ao número de Igrejas e à sua Tutela.

A informação apresentada neste trabalho relativa a Palácios Conventos e Mosteiros foi obtida unicamente no SIPA.

Numa segunda fase foi feita uma abordagem a uma das principais causas das patologias dos edifícios que constituem o nosso património edificado, a humidade. Numa fase inicial foram abordadas as várias formas de manifestação da humidade nos edifícios, recorrendo-se às publicações mais relevantes em Portugal no que concerne a este tema, com destaque para as publicações de Vasco P. Freitas e Fernando M. A. Henriques. Numa fase posterior foram apresentadas várias técnicas de diagnóstico associadas à humidade, usadas em Engenharia Civil, que foram divididas em técnicas não destrutivas e técnicas destrutivas. O objetivo seria, sempre que possível, aplicar técnicas não destrutivas, no entanto, para a determinação de alguns parâmetros tal não foi possível.

Numa terceira fase foi concebida uma proposta de metodologia, sob forma de inquérito, com o intuito de ser aplicada pelas entidades gestoras do património edificado, de modo a termos um conhecimento geral do comportamento face à humidade dos edifícios com valor patrimonial que existem no nosso país. Esta proposta de metodologia consiste numa avaliação por observação visual das manifestações de humidade dos edifícios, seguindo-se a quantificação de um Índice de Condicionamento da Utilização face à Humidade do Edifício, que traduz o comportamento do edifício face à humidade.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos que foram organizados de modo a que os conteúdos estejam expostos de forma simples, clara e sucinta.

No capítulo 1 é feita uma introdução ao tema, onde é apresentada a importância e o interesse da realização deste trabalho, bem como os objetivos e a forma como este está estruturado e organizado o texto.

No capítulo 2 é realizado um estudo sobre o estado de arte do património edificado em Portugal. Primeiramente é feita uma contabilização dos edifícios classificados pela DGPC, seguindo-se uma análise mais detalhada a Museus, Palácios, Igrejas, Conventos e Mosteiros.

No capítulo 3, referente à humidade, faz-se inicialmente uma descrição das várias formas de manifestação de humidade em edifícios com valor patrimonial, seguindo-se uma apresentação de várias técnicas diagnóstico usadas em engenharia civil associadas à humidade.

No capítulo 4 é apresentada a proposta de uma metodologia de avaliação do comportamento face à humidade de edifícios com valor patrimonial.

No capítulo 5, é realizada a aplicação da metodologia proposta a um caso de estudo.

No capítulo 6 são expostas as conclusões deste trabalho e é apresentada uma reflexão sobre desenvolvimentos futuros.

Nos anexos será apresentada a aplicação da Proposta de Metodologia de Avaliação do Comportamento face à Humidade a um caso de estudo.

2

O PATRIMÓNIO CULTURAL EDIFICADO EM PORTUGAL

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A caracterização do património cultural edificado em Portugal é de extrema importância para esta dissertação no sentido em que, o objetivo da mesma, se centra na avaliação da influência da humidade no desempenho dos elementos de construção e do Património edificado no seu conjunto. É, pois, importante ter uma noção do universo a estudar.

O património cultural português é constituído por todos os bens materiais e imateriais que, pelo seu reconhecido valor próprio, devam ser considerados como de interesse relevante para a permanência e identidade da cultura portuguesa através do tempo. É, então, direito e dever de todos os cidadãos e obrigação do Estado e demais entidades públicas a preservação e valorização do património cultural do povo português [7]. Nesta dissertação irão ser abordados os bens imóveis de interesse cultural.

A protecção legal do património cultural edificado assenta na sua classificação e inventariação e está a cargo da Direcção Geral do Património Cultural (DGPC), serviço central da administração do Estado, dotado de autonomia administrativa. Dependendo do seu valor, os bens imóveis de interesse cultural podem ser classificados como de interesse nacional, de interesse público ou de interesse municipal. Um bem imóvel considera-se de interesse nacional quando a respetiva protecção e valorização represente um valor cultural de significado para a Nação, sendo que para os bens imóveis classificados como de interesse nacional, sejam eles monumentos, conjuntos ou sítios, adotar-se-á a designação «monumento nacional». Um bem considera-se de interesse público quando a respetiva protecção e valorização represente ainda um valor cultural de importância nacional, mas para o qual o regime de protecção inerente à classificação como de interesse nacional se mostre desproporcionado. Consideram-se de interesse municipal os bens cuja protecção e valorização representem um valor cultural de significado para um município. Os bens imóveis classificados beneficiam ainda de uma zona especial de protecção (ZEP), servidões administrativas nas quais não podem ser concedidas licenças para obras de construção sem prévio parecer favorável da administração do património cultural competente [8].

A definição do procedimento de classificação, do regime das zonas de protecção e o estabelecimento das regras para a elaboração do plano de pormenor de salvaguarda está previsto no Decreto de Lei nº 309/2009 [8]

Como sabemos, o património cultural edificado difere na tipologia construtiva e no seu uso. Segundo a DGPC, podemos dividir o património edificado da seguinte forma [10]:

- Arqueológico
- Arquitectura Civil: *Habitação, Museus, Palácios, Praças, Solares, Tribunais, Teatros, Pontes, entre outros.*
- Arquitectura Militar: *Fortalezas, Fortes, Muralhas, Castelos, entre outros.*
- Arquitectura Mista
- Arquitectura Religiosa: *Capelas, Cemitérios, Claustros, Colégios, Conventos, Igrejas, Mosteiros, Catedrais, Templos, Panteões, entre outros.*
- Património Industrial

Neste capítulo, irá ser feita primeiramente uma quantificação do património cultural imóvel classificado pela DGPC, e de seguida, iremos centrar a nossa análise nos seguintes tipos de edifícios: Museus, Palácios, Igrejas, Mosteiros e Conventos. A informação disponível varia para cada tipo de edifício mencionado, pelo que a estrutura do subcapítulo referente aos museus difere um pouco dos restantes. À parte disto, foi possível manter uma estrutura o mais constante possível, onde em primeiro lugar se faz uma caracterização e distribuição territorial do tipo de edifício, seguindo-se de uma abordagem à tutela do mesmo. Relativamente aos Museus, e para além desta informação referida anteriormente, faz-se ainda uma abordagem ao número de visitantes, aos recursos humanos e às despesas públicas envolvidas.

2.2. QUANTIFICAÇÃO DO PATRIMÓNIO CULTURAL IMÓVEL CLASSIFICADO PELA DGPC

Portugal é um país com um vasto património edificado não sendo possível quantificá-lo na sua totalidade, no entanto, segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE) sabemos que estão classificados pela DGPC 4716 imóveis, dos quais 4020 em Portugal Continental, 525 na Região Autónoma dos Açores e 171 na Região Autónoma da Madeira. Destes 4716 imóveis 820 são classificados como Monumentos Nacionais, 3100 como Imóveis de Público e 796 como Imóveis de Interesse Municipal [9].

Na Fig. 2.1 podemos observar uma distribuição dos 4716 imóveis classificados pela DGPC, numa base regional.

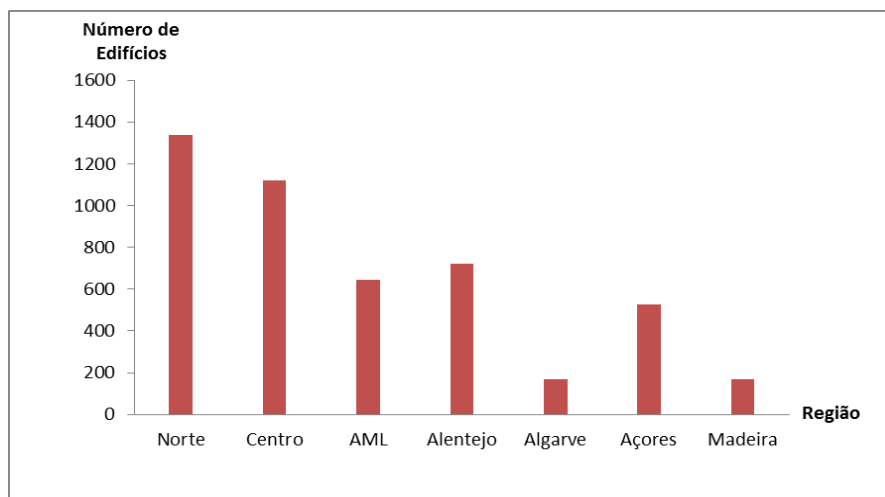


Fig. 2.1 – Distribuição dos Edifícios classificados pela DGPC numa base regional [9]

Como podemos observar na Fig. 2.1, a região norte é a que contém mais edifícios classificados pela DGPC, contabilizando 1336, seguindo-se a região centro com 1119. A Área Metropolitana de Lisboa (AML) contabiliza 646 imóveis classificados, enquanto que o Alentejo contém 720. A região do Algarve é a que menos imóveis classificados contabiliza no país todo. Relativamente às ilhas, podemos observar que os Açores contém um número bastante mais elevado de imóveis classificados que o Arquipélago da Madeira.

2.3. MUSEUS

2.3.1. NOTA INTRODUTÓRIA

A 5 de Abril de 2000, na sequência do pioneiro Inquérito aos Museus em Portugal, foi assinado um protocolo entre os dirigentes do Instituto Português de Museus (IPM), do Observatório das Atividades Culturais (OAC) e do Instituto Nacional de Estatística (INE) que articulava investigação, estatísticas oficiais e políticas públicas e que previa a actualização do universo dos Museus e do instrumento de recolha de informação do inquérito anual do INE (o IMUS) e ainda a realização do levantamento dos museus para o qual foi criada uma base de dados gerida pelo OAC (a BdMuseus). Com base nesse recenseamento era actualizada, anualmente, a base de dados que constitui o universo do IMUS [11].

Esta base de dados deixou de ser actualizada em 2011 devido à extinção do Observatório das Actividades Culturais. Desde então a única forma de se obter informação sobre museus é através do inquérito feito anualmente pelo Instituto Nacional de Estatística (o IMUS).

Na contabilização dos Museus serão apresentadas informações estatísticas relativas a dois períodos distintos. De 2000 a 2010, aquando da existência da BdMuseus, onde o recenseamento dos museus permitiu o acompanhamento e a monitorização da realidade museológica, e de 2011 a 2016, após a extinção do Observatório das Actividades Culturais, onde a informação existente apenas diz respeito ao inquérito realizado pelo Instituto Nacional de Estatística, o IMUS.

2.3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS MUSEUS EM PORTUGAL

2.3.2.1. BDMuseus

A Fig. 2.2 evidencia a evolução do número de museus, por situação, durante o período do ano de 2000 a 2010

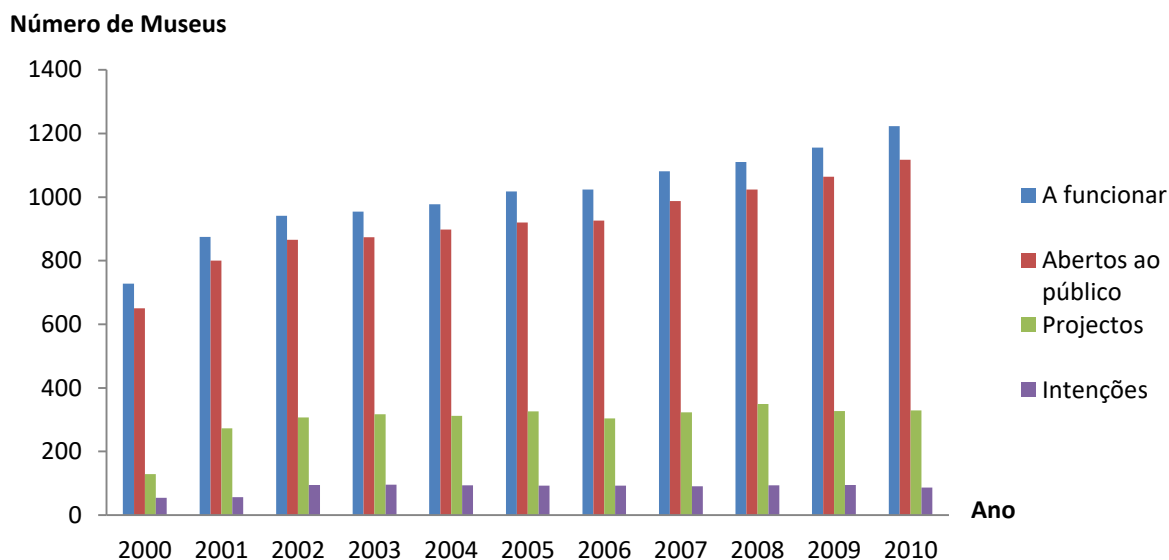


Fig. 2.2 - Evolução do número de Museus por situação no período de 2000 a 2010 [11]

Analisando a Fig. 2.2 é possível verificar que neste período de 10 anos registou-se um aumento de 68% dos museus a funcionar (em 2000 existiam 728 enquanto que em 2010 já existiam 1223), verificando-se também que de todos os museus a funcionar a grande maioria são abertos ao público.

Relativamente aos projectos/intenções vemos que também houve um aumento ao longo destes dez anos, com uma taxa de variação de 155% para projectos e de 61% para intenções, o que nos permitia prever um aumento do número de museus a funcionar após 2010.

Na Fig. 2.3 é apresentada uma distribuição territorial numa base concelhia, dos museus a funcionar e dos projectos/intenções relativamente ao ano de 2010.

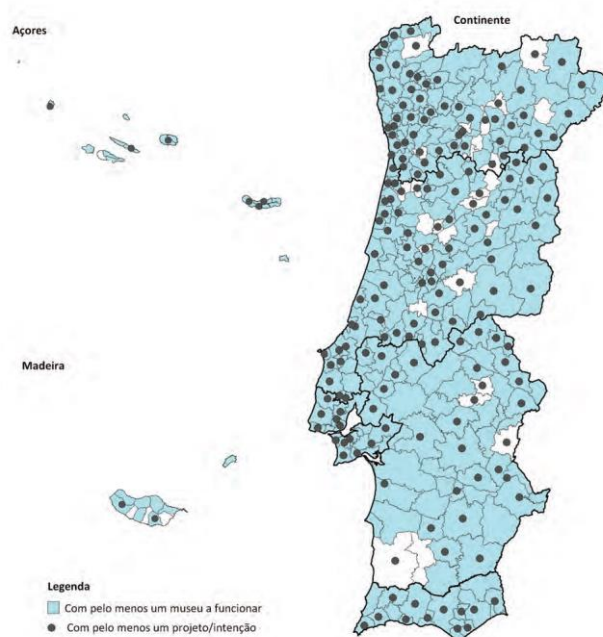


Fig. 2.3 - Distribuição territorial Museus a funcionar/projetos no ano de 2010 [11]

Como podemos observar, em 2010 praticamente todos os concelhos do país tinham pelo menos um museu a funcionar (apenas 29 dos 278 existentes em Portugal continental não tinha qualquer museu). Podia-se perspectivar também a abertura de pelo menos um novo museu em 189 concelhos, sendo que 17 desses ainda não tinham nenhum museu em funcionamento, o que nos permitia prever que após 2010 ia haver uma redução do número de concelhos sem qualquer museu, ou seja, restariam apenas 12 concelhos no país sem qualquer museu em funcionamento. Podemos ainda verificar a raridade de projectos/intenções na região do Alentejo.

2.3.2.2. IMUS

Como já foi referido anteriormente, a partir de 2011 a base de dados BdMuseus deixou de ser actualizada devido à extinção do Observatório das Actividades Culturais, como tal, a partir desse ano a única forma de obter informação relativamente a museus é através do IMUS.

Para termos uma ideia da dimensão do universo a inquirir pelo INE, na Fig. 2.4 será apresentada a diferença entre o número de museus recenseados pelo OAC e número de museus a inquirir pelo INE no período de 2000 até 2010.

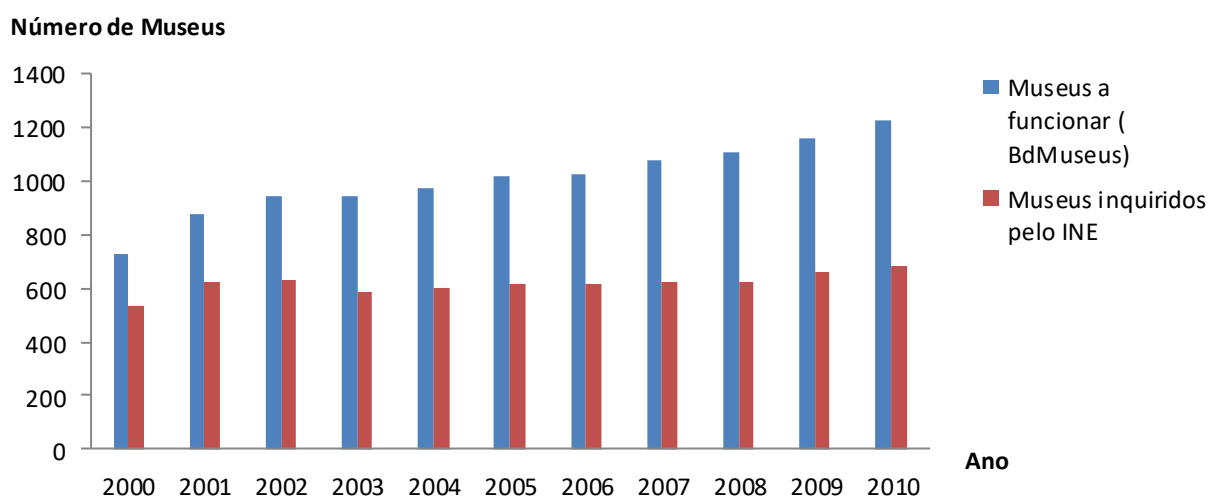


Fig. 2.4 - Evolução do número de Museus a funcionar/Museus inquiridos pelo INE no período de 2000 a 2010 [11]

Como podemos verificar o número de museus inquiridos pelo INE corresponde apenas a uma parte dos museus recenseados pelo OAC. Isto deve-se ao facto de o universo a inquirir pelo INE ser delimitado pelos seguintes parâmetros: todas as entidades autodenominadas museu, com funcionamento permanente ou sazonal, com pelo menos uma sala ou espaço de exposição e com pelo menos uma pessoa ao serviço [11].

De todos os museus inquiridos pelo INE, apenas uma restrita parte são considerados para fins estatísticos. Esses terão que respeitar os cinco critérios seguintes [9]:

- 1: Existência de pelo menos uma sala de exposição
- 2: Estarem abertos ao público (permanente ou sazonal)
- 3: Existência de pelo menos um conservador ou técnico superior (incluindo pessoal dirigente)
- 4: Existência de orçamento (ótica mínima: conhecimento do total da despesa)
- 5: Existência de um inventário (ótica mínima: inventário sumário)

Na Fig. 2.5 é apresentada a evolução do número de museus de acordo com a sua situação no período de 2011 a 2016.

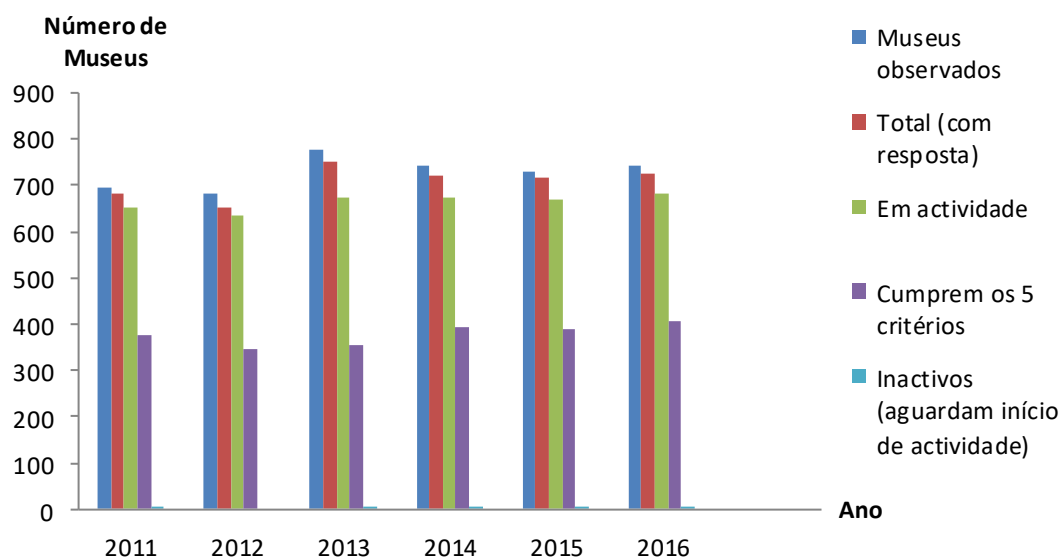


Fig. 2.5 - Evolução do número de Museus por situação no período de 2011 a 2016 [9] [13] [14] [15] [16] [17]

De acordo com os resultados obtidos pelo Inquérito aos Museus podemos verificar que houve um aumento do número de museus observados durante o período de 2011 a 2016, registando-se uma subida de 695 para 744, apesar do número ter baixado a partir de 2013, onde se registou o maior valor de 775. Relativamente ao número de museus em actividade e ao número de museus considerados para fins estatísticos observamos que em 2016 atingimos o maior valor, 684 e 405 respectivamente, apesar do decréscimo que houve de 2011 para 2012 e de 2014 para 2015. Outro dado interessante é o número de museus inactivos que aguardam o início de actividade pois permite-nos perspectivar cenários futuros, e relativamente a este dado desde 2013 que temos um aumento (onde existiam 3 museus nesta situação), registando-se o valor máximo de 4 museus em 2016.

De seguida vamos abordar os museus de acordo com a sua tipologia. Segundo o Instituto Nacional de Estatística podemos classificar os museus quanto á sua tipologia da seguinte forma:

- Museus de Arte
- Museus de Arqueologia
- Museus de Ciências Naturais e História Natural
- Museu de Ciência e de Técnica
- Museus de Etnografia e Antropologia
- Museus Especializados
- Museus de História
- Museus Mistos e Pluridisciplinares
- Museus de Território
- Outros Museus

Na Fig. 2.6 é apresentada a evolução do número de museus de cada tipologia (considerados para fins estatísticos) para o período de 2011 a 2016.

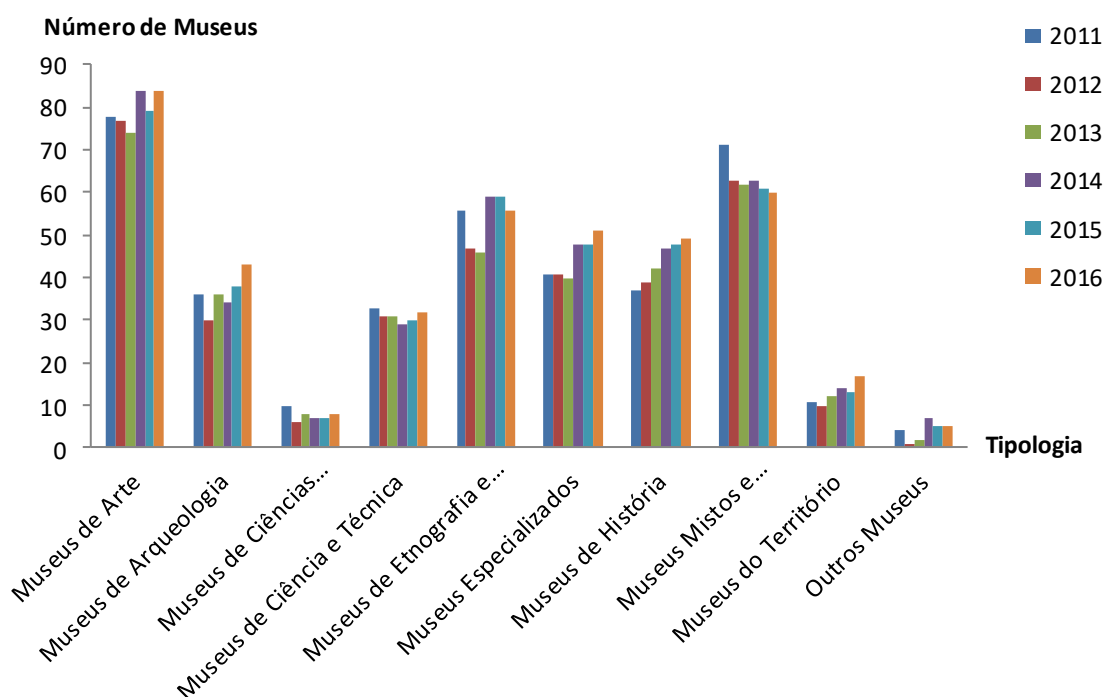


Fig. 2.6 - Evolução do número de Museus por tipologia no período de 2011 a 2016 [9] [13] [14] [15] [16] [17]

Analisando a Fig. 2.6 constatamos que Museus de Arte são os que existem em maior número, e dentro desta tipologia houve um aumento significativo neste período, passando de 78 para 84.

Relativamente aos Museus de Arqueologia, de Etnografia e Antropologia, e Mistos e Pluridisciplinares, registou-se um crescimento na primeira tipologia referida, onde em 2011 existiam 36 e em 2016 passaram a existir 43, na segunda tipologia manteve-se o número, com o valor de 56 museus, apesar de em 2014 e 2015 registar-se um número de 59 mas que decaiu este ano, e na terceira tipologia referida houve um decréscimo de 71 para 60 museus.

Nas restantes tipologias, os Museus Especializados, de História e de Território apresentam um crescimento significativo, Outros Museus aumentaram o seu número de 4 para 5 entre 2011 e 2016, enquanto que Museus de Ciências Naturais e História Natural, e de Ciência e de Técnica decrescem mas em número muito reduzido.

Por último será apresentada a evolução do número de museus em Portugal por região para o período de 2011 a 2016 (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Evolução do número de museus por região no período de 2011 a 2016

Região	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Norte	108	90	102	109	111	115
Centro	98	82	88	96	95	100
Área Metropolitana de Lisboa	80	76	75	80	75	80
Alentejo	53	52	42	59	64	64
Algarve	20	11	11	12	13	16

Analisando a Tabela 2.1 verificamos que a região Norte é onde se localizam o maior número de museus, e desde 2012 que o seu número vem a crescer.

Na região Centro o cenário é idêntico mas em número mais reduzido. Na área metropolitana de Lisboa, apesar do número se ter mantido, registaram-se decréscimos de 2011 para 2013 e de 2014 para 2015, tendo em 2016 o número aumentado para 80. No Alentejo houve um crescimento significativo do seu número, passando de 53 para 64 nestes últimos 6 anos.

Na região do Algarve é onde se regista um decréscimo do número de museus, apesar que desde 2011 vêm aumentando, atingindo os 16 museus em 2016, no entanto o número registado em 2011 pelo INE foi de 20 museus, fazendo desta região a única onde se verifica uma diminuição do número de museus.

2.3.3. NÚMERO DE VISITANTES

A evolução do número de visitantes a museus no período de 2011 a 2016 está representada na Fig. 2.7.

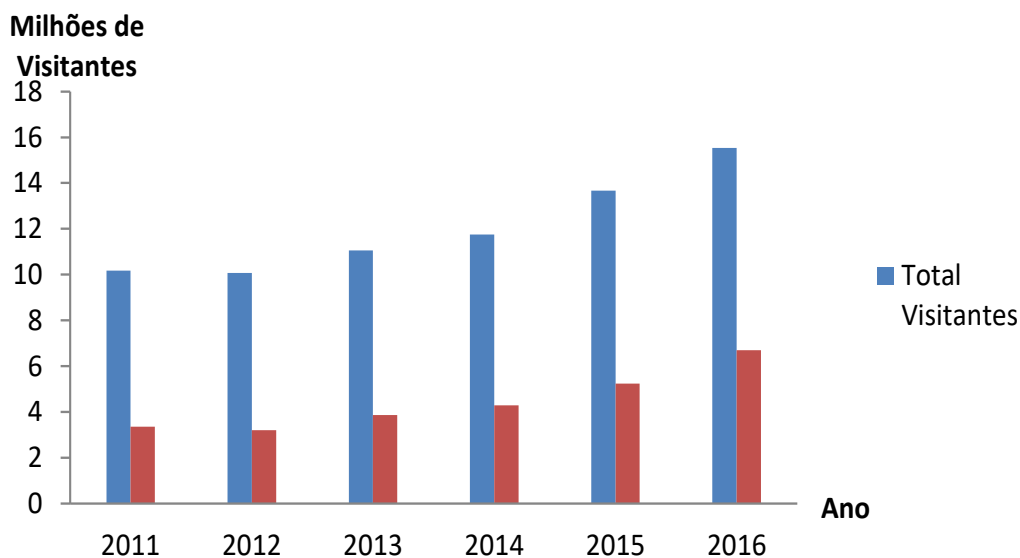


Fig. 2.7 - Evolução do número de visitantes a museus (em milhões) no período de 2011 a 2016 [9] [13] [14] [15] [16] [17]

Fazendo a análise da Fig. 2.7 podemos verificar que apesar de ter havido um decréscimo de 2011 para 2012, tanto o número de visitantes totais como de estrangeiros, a partir de 2012, têm vindo a aumentar significativamente, atingindo os seus máximos em 2016. É possível também verificar que para além dos visitantes estrangeiros representarem aproximadamente 40% dos visitantes totais, grande parte do crescimento nestes últimos 6 anos do número de visitantes totais deve-se ao crescimento dos visitantes estrangeiros, que é um sinal claro do crescimento do turismo cultural em Portugal e da importância que este tem para o património.

2.3.4. RECURSOS HUMANOS ENVOLVIDOS

De modo a representar a evolução do número de recursos humanos envolvidos nos Museus no período de 2011 a 2016 é apresentada a Fig. 2.8.



Fig. 2.8 - Evolução do número de pessoal afeto ao serviço (total e remunerado) no período de 2011 a 2016 [9] [13] [14] [15] [16] [17]

Segundo o Instituto Nacional de Estatística o número de pessoal afecto ao serviço nos museus em Portugal nos últimos 6 anos evoluiu de acordo com Fig. 2.8. Fazendo uma análise podemos constatar a crescente evolução do seu número, mais precisamente a partir do ano de 2013, onde desde aí até 2016 se verificou um aumento de 4019 para 4925 pessoas ao serviço. No ano de 2013 houve uma diminuição do número de pessoas a trabalhar em museus relativamente ao ano de 2012, onde se registaram 4092 pessoas. Fazendo uma comparação entre o número total de pessoal a trabalhar em museus e o pessoal remunerado verificamos que em todos os anos mais de 90% das pessoas que trabalham nos museus são remuneradas.

2.3.5. TUTELA DOS MUSEUS

Relativamente à Tutela dos Museus e forma jurídica de que dependem, segundo o Instituto Nacional de Estatística, mais de metade dos museus contabilizados para fins estatísticos em 2016 dependem de administração local (Municípios), verificando-se também uma grande dependência de administração central ou regional apesar de esta ter diminuído nos últimos anos. Na Fig. 2.9, relativa ao ano de 2016, podemos ver de forma qualitativa e quantitativa as formas jurídicas de que os museus dependem. Fazendo uma comparação entre o público e o privado verificamos que mais de 80% dos museus são tutelados por entidades públicas.

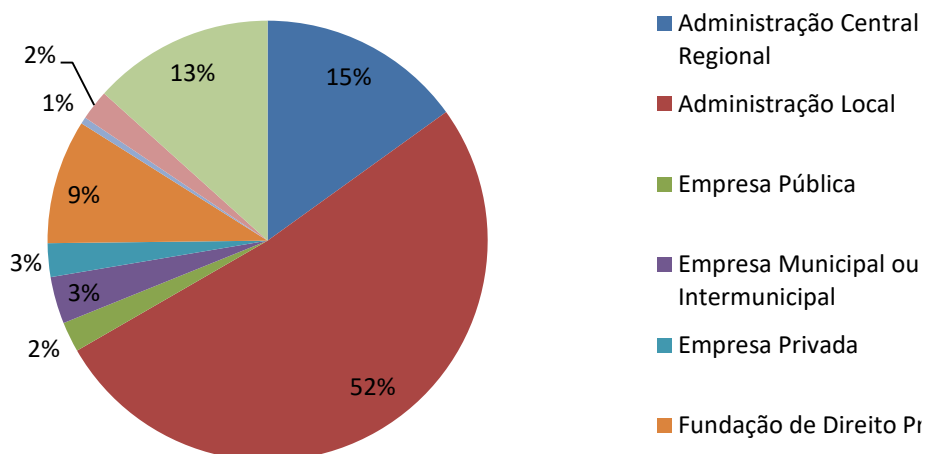


Fig. 2.9 - Distribuição das tutelias dos museus no ano de 2016 [9]

2.3.6. DESPESAS PÚBLICAS COM MUSEUS EM PORTUGAL

Segundo os dados do INE, obtidos através do Inquérito ao Financiamento Público das Actividades Culturais das Câmaras Municipais, as despesas correntes da administração local com museus registaram um crescimento desde 2012, atingindo o seu valor máximo em 2015, de 54,7 milhões de euros, tendo baixado de forma muito pouco acentuada em 2016 para 37.406 milhões de euros. Relativamente aos restantes museus de tutelias diferentes não foi possível saber as despesas anuais, no entanto estes dados são relevantes e representativos pois como foi verificado anteriormente mais de 50% dos museus dependem da administração local. Segundo ainda dados do INE (Inquérito ao Financiamento Público das Actividades Culturais das Câmaras Municipais) verificou-se que dentro do património cultural os museus são os que apresentam maiores despesas, representando cerca de 60% das despesas correntes dos municípios para o património cultural.

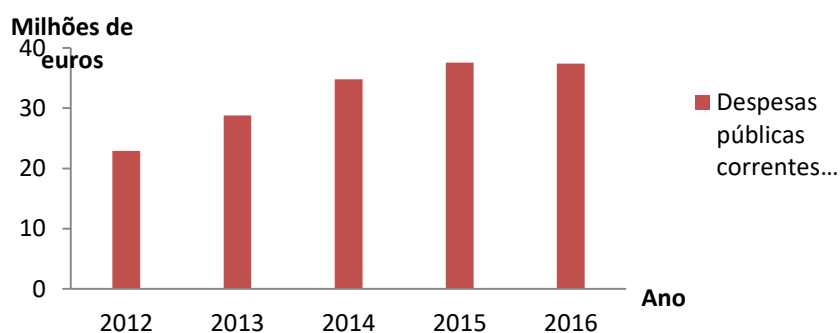


Fig. 2.10 - Evolução das despesas correntes com museus de administração local no período de 2012 a 2016 (em milhões de euros) [9] [14] [15] [16] [17]

2.4. PALÁCIOS

2.4.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Este subcapítulo terá como objetivo a caracterização dos palácios em Portugal. Os palácios são edifícios que outrora serviram de residência a membros das altas classes sociais, nomeadamente de famílias reais, nobreza e clero. Desta forma, neste subcapítulo, serão considerados os seguintes tipos de palácios: paços reais, paços senhoriais, paços eclesiásticos, casas nobres e palacetes.

Paços reais, como o próprio nome indica, são edifícios que no passado serviram como residência real, logo pode prever-se que sejam os que existem em menor número. Paços senhoriais, casas nobres e palacetes serviam de residência à nobreza, enquanto que os paços eclesiásticos pertenciam ao clero.

Neste subcapítulo será ainda apresentada a distribuição territorial dos palácios em Portugal, e uma abordagem à tutela dos mesmos.

2.4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS PALÁCIOS EM PORTUGAL

A Tabela 2.2 apresenta a quantificação dos palácios existentes em Portugal, segundo o Sistema de Informação do Património Arquitectónico (SIPA), sistema de informação e documentação sobre o património arquitectónico, urbanístico e paisagístico português e de origem ou matriz portuguesas, gerido pela Direcção Geral do Património Cultural, de administração pública [18]. Este sistema de informação é o mais completo e acessível a nível nacional.

Tabela 2.2 – Número de Palácios em Portugal por distrito/arquipélago [20]

Distrito/Arquipélago	Paços Reais	Paços Senhoriais	Paços Eclesiásticos	Casas Nobres	Palacetes	Total
Aveiro	0	0	0	51	8	59
Beja	0	1	0	10	6	17
Braga	0	3	2	123	18	146
Bragança	0	0	4	56	3	63
Castelo Branco	0	0	5	56	23	84
Coimbra	0	2	3	55	10	70
Évora	3	5	2	64	25	99
Faro	0	0	3	11	18	32
Guarda	0	0	4	104	2	110
Leiria	3	1	2	17	16	39
Lisboa	12	5	5	163	186	371
Portalegre	0	0	2	45	22	69
Porto	0	0	2	78	38	118
Santarém	2	0	0	34	19	55
Setúbal	0	1	1	18	14	34
Viana do Castelo	0	0	0	132	9	141
Vila Real	0	1	1	115	2	119
Viseu	2	0	5	183	9	199
Açores	0	0	1	11	10	22
Madeira	0	0	2	10	11	23
Total	22	19	44	1336	449	1870

Analisando a Tabela 2.2 podemos verificar a existência de um elevado número de casas nobres relativamente aos outros tipos de edifícios. Seguem-se os palacetes com 449 contabilizados. Os paços reais, senhoriais e eclesiásticos são os que existem em menor número. Relativamente aos distritos que mais palácios contabilizam, Lisboa lidera esta contabilização com 371 palácios, seguindo-se Viseu com 199, Braga com 146, Viana do Castelo com 141, Vila Real com 119 e Porto com 118. No seguimento desta tabela, é importante, através da elaboração de cartografia, analisar a distribuição territorial dos palácios em Portugal. Com base nas informações disponibilizadas pelo SIPA, e

recorrendo ao programa QGIS, foram elaborados os mapas a seguir representados (Fig. 2.11 a Fig. 2.13).

A distribuição dos palácios foi feita através de três mapas distintos. No primeiro são representados os paços reais, senhoriais e eclesiásticos, no segundo são representadas as casas nobres, e no terceiro os palacetes. Foi feita a separação desta forma devido à diferente distribuição que cada um destes três apresenta, não fazendo sentido inclui-los todos no mesmo mapa. Os três mapas descritos são apresentados de seguida (Fig. 2.11 a Fig. 2.13).

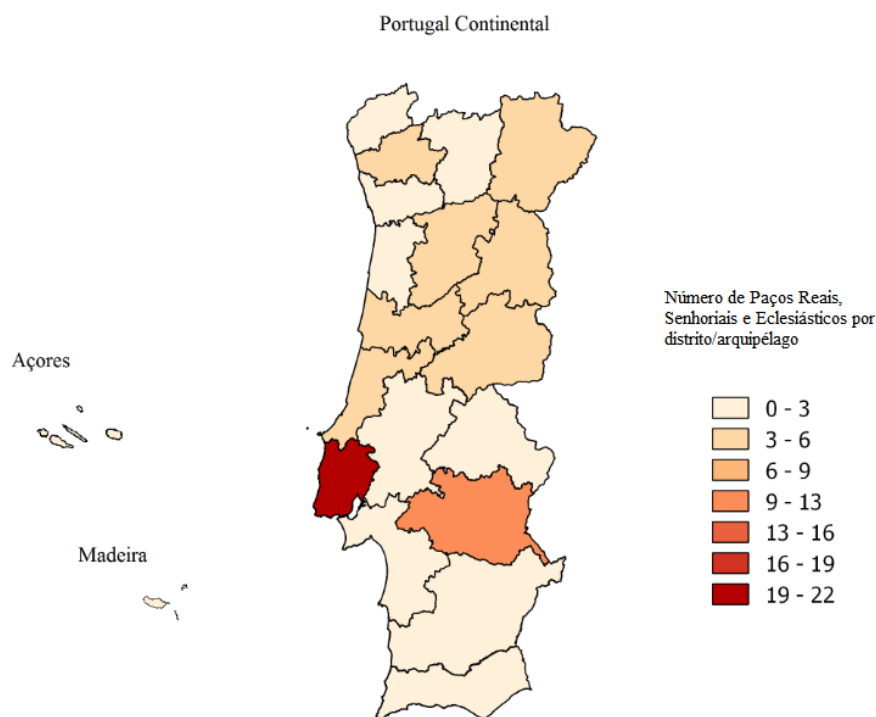


Fig. 2.11 – Distribuição territorial dos Paços reais, senhoriais e eclesiásticos em Portugal

Relativamente aos paços reais, senhoriais e eclesiásticos podemos ver na Fig. 2.11 a grande diferença de densidade no distrito de Lisboa relativamente aos outros distritos. À exceção de Évora e Lisboa, o norte do país é onde existe uma maior densidade destes edifícios.

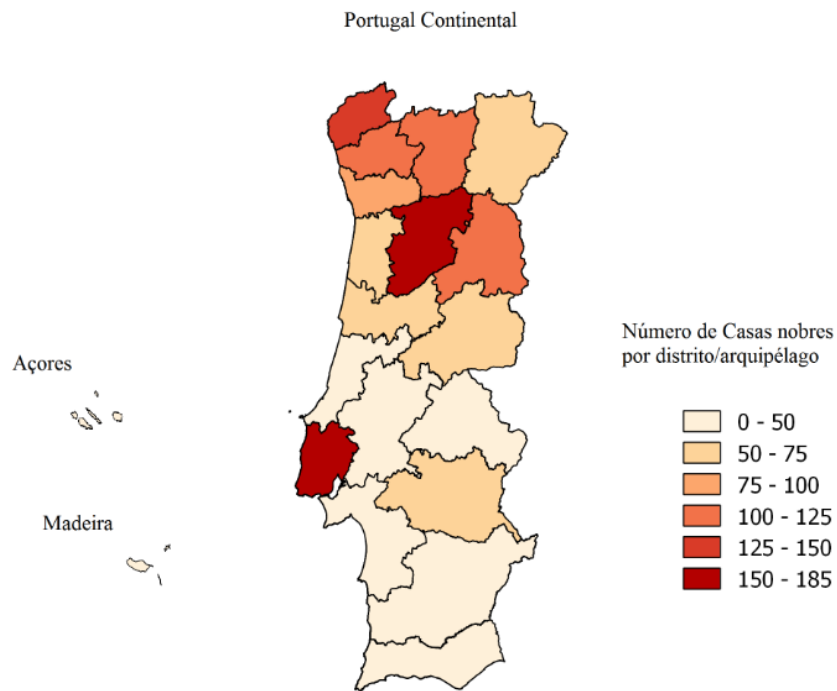


Fig. 2.12 - Distribuição territorial das Casas nobres em Portugal

No que diz respeito às casas nobres, como podemos observar na Fig. 2.12, mais uma vez existe um grande número destes edifícios no distrito de Lisboa, seguindo-se depois o norte do país, com destaque para Viseu e Viana do Castelo.

Para finalizar esta secção é representada a distribuição territorial dos palacetes em Portugal na Fig. 2.13.

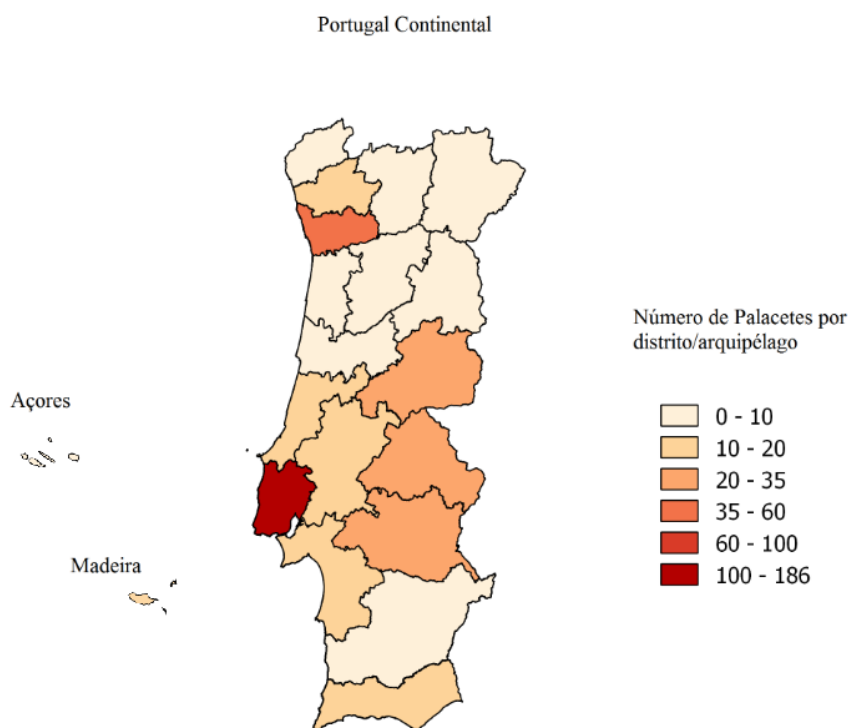


Fig. 2.13 - Distribuição territorial dos palacetes em Portugal

Fazendo uma análise à Fig. 2.13 podemos verificar, mais uma vez, a abundância destes edifícios no distrito de Lisboa, seguindo-se o Porto, Évora, Castelo Branco e Portalegre. A densidade destes edifícios em Lisboa relativamente ao resto do país é muito elevada.

De seguida será apresentada uma tabela com os palácios classificados pela DGPC, por grau de interesse e por distrito. De salientar que relativamente aos edifícios de interesse público e de interesse municipal, estes podem ter a designação de monumento conjunto ou sítio, no entanto nesta contabilização não foi feita essa distinção.

Tabela 2.3 – Número de Palácios Classificados pela DGPC por distrito/arquipélago e por grau de interesse [20]

Distrito/Arquipélago	Paços Reais			Paços Senhoriais			Paços Eclesiásticos			Casas Nobres			Palacetes			Total
	MN	IP	IM	MN	IP	IM	MN	IP	IM	MN	IP	IM	MN	IP	IM	
Aveiro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1	0	0	0	12
Beja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	4
Braga	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	38	2	0	2	1	47
Bragança	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9	0	0	0	0	10
Castelo Branco	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	4	4	0	1	2	14
Coimbra	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	13	13	0	3	2	33
Évora	1	2	0	1	2	0	0	0	0	3	9	1	0	3	0	22
Faro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	5	1	10
Guarda	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	13	5	0	0	0	20
Leiria	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	4	0	0	2	1	10
Lisboa	4	5	0	0	1	0	0	2	0	8	46	8	1	31	5	111
Portalegre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	1	5
Porto	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	29	0	0	6	1	38
Santarém	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	5	12
Setúbal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	6	0	12
Viana do Castelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	36	2	0	3	0	44
Vila Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	4	0	0	0	19
Viseu	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	33	7	0	0	1	44
Açores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	0	7	2	19
Madeira	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	3	0	8
Total	5	8	0	3	2	0	4	11	1	23	279	55	2	77	22	494
MN – Monumento Nacional ; IP – Interesse Público ; IM – Interesse Municipal																

Analisando a Tabela 2.3 podemos verificar que, relativamente aos paços reais, dos 22 existentes, 13 são classificados pela DGPC como monumento nacional e de interesse público, representando cerca de

60%. Nos paços senhoriais a percentagem de classificados pela DGPC é mais reduzida, sendo apenas 5 classificados nestas categorias, dos 19 existentes, representando 26%. Em relação aos paços eclesiásticos a percentagem de classificados pela DGPC nas categorias referidas é de cerca de 35%. Nas casas nobres e palacetes a percentagem de edifícios classificados pela DGPC é também mais reduzida, sendo 26% e 22%, respetivamente. É de salientar que a grande maioria destes edifícios, quando classificados, são classificados como de interesse público. Convém ainda referir que, muitos edifícios que não estão aqui a ser contabilizados como sendo classificados pela DGPC, estão incluídos em zonas especiais de proteção correspondentes a outros edifícios.

2.4.3. TUTELA DOS PALÁCIOS

Relativamente á tutela dos palácios a pesquisa foi feita através do SIPA, que tendo a “ficha” de cada edifício inventariado, nos permite obter várias informações sobre cada edifício, nomeadamente a tutela do mesmo. A tutela dos palácios também foi dividida por tipologia. Serão apresentados de seguida cinco gráficos, cada um correspondente a cada tipo de palácio (Fig. 2.14 a Fig. 2.18)

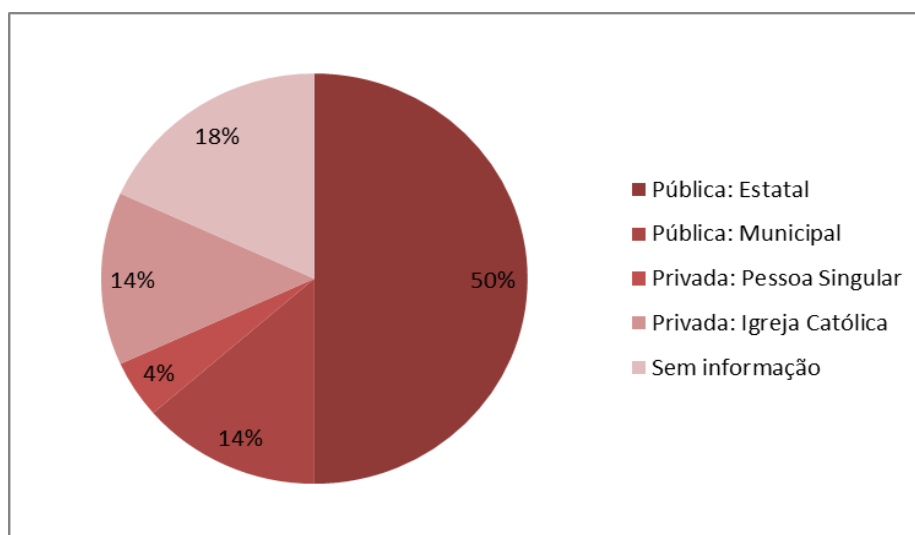


Fig. 2.14 – Distribuição da tutela dos Paços Reais [20]

Em primeiro lugar vai ser analisada a tutela dos paços reais, e como podemos ver na Fig. 2.14, metade dos paços reais existentes pertencem ao Estado. A Igreja também tutela parte dos paços reais (18%), e os restantes são distribuídos pelos municípios e por pessoas singulares. Podemos constatar que mais de metade (64%) são tutelados por entidades públicas.

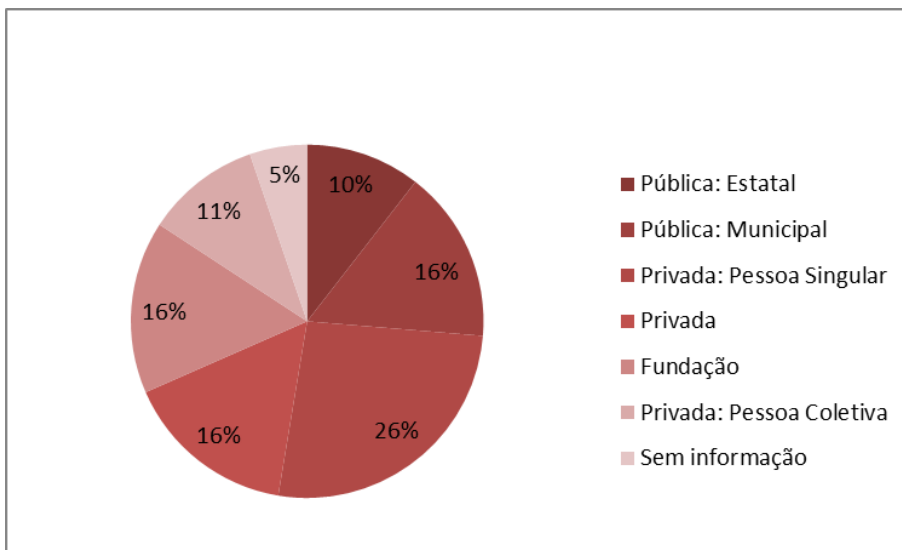


Fig. 2.15 - Distribuição da tutela dos Paços Senhoriais [20]

Analisando a Fig. 2.15 verificamos que apenas 26% dos Paços Senhoriais são tutelados por entidades públicas, 10% pertencentes ao Estado e 16% aos municípios. Os restantes, à exceção dos 5% que não tinham qualquer informação respeitante a esta matéria, são de tutela privada, pertencentes a pessoas singulares, colectivas, fundações ou entidades privadas.

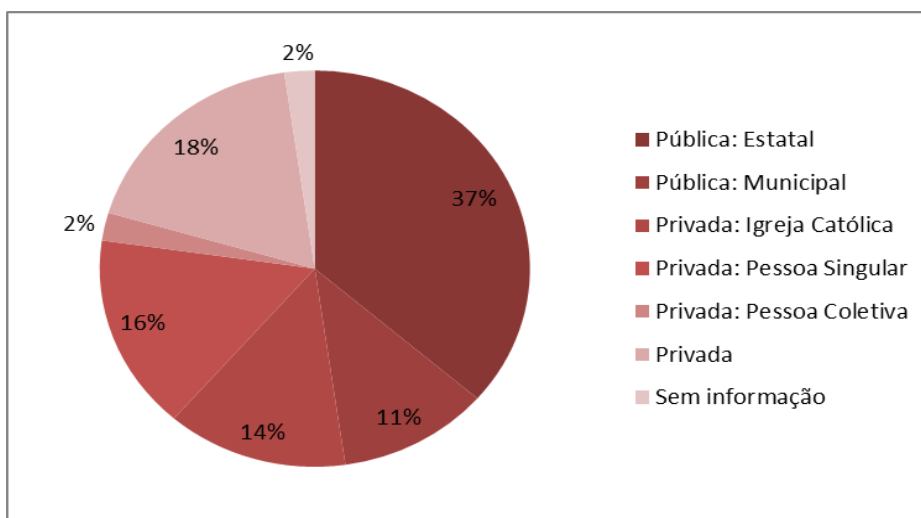


Fig. 2.16 - Distribuição da tutela dos Paços Eclesiásticos [20]

Relativamente aos Paços Eclesiásticos, o Estado detém a maior parte (37%). Os municípios tutelam 11% destes edifícios, e o restante é tutelado por entidades privadas, como a Igreja, pessoas singulares/coletivas ou entidades públicas. Neste tipo de palácios existe também uma maior percentagem com tutela privada, ainda que não tanto acentuada (50%). Visto que 2% não tinham qualquer informação relativamente á propriedade, 48% são de tutela pública (Estado e municípios).

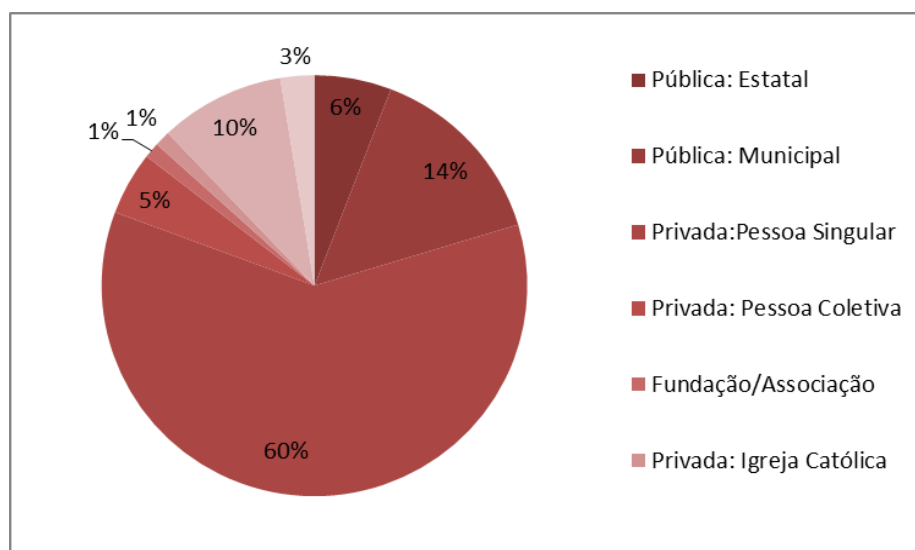


Fig. 2.17 – Distribuição da tutela das Casas Nobres [20]

As casas nobres, como se pode observar na Fig. 2.17, são maioritariamente pertencentes a pessoas singulares. Os restantes 40% distribuem-se pelo Estado, municípios, pessoas coletivas, entidades públicas e fundações/associações. Cerca de 80% deste tipo de edifícios são de tutela privada.

Para finalizar este subcapítulo serão apresentados, na Fig. 2.18, os dados correspondentes à tutela dos Palacetes em Portugal.

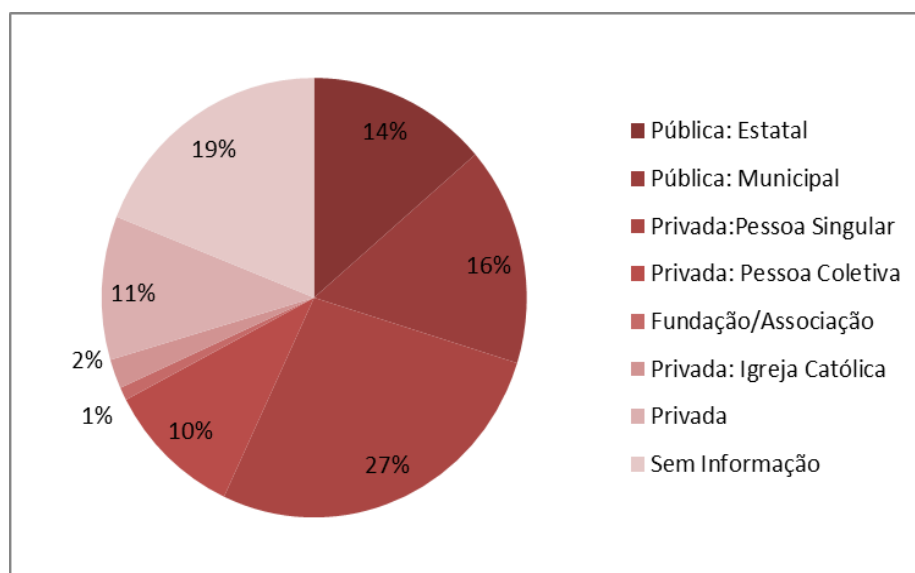


Fig. 2.18 – Distribuição da tutela dos Palacetes [20]

Como podemos verificar a grande maioria continua a pertencer a pessoas singulares, no entanto o Estado e os municípios já detêm uma parte significativa dos palacetes (30%). Neste tipo de edifícios

uma grande parte não tinha qualquer informação relativamente à tutela, no entanto é possível constatar que o privado continua a deter a maior parte.

2.5. IGREJAS

2.5.1. NOTA INTRODUTÓRIA

A religião católica marca de forma inextinguível a nossa cultura, e o património edificado que lhe está associado é um dos mais ricos e extensos do nosso país. As Igrejas representam uma grande parte desse património e, como sabemos, são um local de culto que as pessoas frequentam assiduamente e um instrumento imprescindível no exercício da missão evangelizadora e pastoral da própria Igreja, pelo que é de valor acrescido o seu bom estado de conservação. Sabemos também que a grande maioria das igrejas em Portugal foi construída há mais de cem anos, pelo que o seu estado de conservação e o seu conforto higrotérmico não serão os mais desejados, bem como as patologias associadas à humidade possivelmente serão recorrentes. Neste subcapítulo irá ser apresentada uma caracterização das Igrejas em Portugal, respectiva distribuição territorial, e uma abordagem à tutela.

2.5.2. CARACTERIZAÇÃO DAS IGREJAS EM PORTUGAL

A quantificação do número de igrejas em Portugal pode ser feito através de dois sistemas distintos, segundo a Conferência Episcopal Portuguesa (dados do Anuário Católico), sistema pertencente à Igreja, e segundo o SIPA.

Neste trabalho, a contabilização das igrejas em Portugal será feita recorrendo aos dois sistemas. É necessário referir que a contabilização segundo a Conferência Episcopal Portuguesa é relativa ao número de paróquias por diocese, e que cada paróquia tem pelo menos a sua igreja paroquial, deste modo, existem pelo menos o mesmo número de igrejas que paróquias contabilizadas por este sistema.

Na Tabela 2.4 serão caracterizadas as dioceses relativamente à área, população e número de paróquias, de acordo com dados obtidos no Anuário Católico de Portugal, referentes ao ano de 2014, à excepção das dioceses de Viana do Castelo e Leiria-Fátima em que os respectivos dados se referem ao ano de 2015.

Tabela 2.4 – Características das dioceses em Portugal [19]

Província					
Eclesiástica	Dioceses	Superfície [km ²]	População	Católicos [%]	Paróquias
Braga	Braga	2857	994980	79,6	551
	Aveiro	1532,92	310000	86,5	101
	Bragança-Miranda	6545	136469	99,3	326
	Coimbra	5300	549000	91,1	269
	Lamego	2848	130250	96,3	223
	Porto	3010	2064810	46,2	477
	Viana do Castelo	2255	241300	89,88	291
	Vila Real	4273	213775	98,3	264
	Viseu	3400	260356	92,1	208
Évora	Évora	13547	278000	94,6	156
	Algarve	5071	450000	60,0	80
	Beja	12300	211496	83,0	120
Lisboa	Lisboa	3735	1924650	85,7	285
	Angra	106,40	247066	92,4	165
	Funchal	782	274000	96,5	96
	Guarda	6759	240000	97,9	361
	Leiria-Fátima	1700	292402	91,1	75
	Portalegre-Castelo Branco	9149,44	222341	92,2	161
	Santarém	3202,82	295000	80,0	112
	Setúbal	1500	779399	69,9	57
Total					4379

Analisando a Tabela 2.4 podemos verificar que existem em Portugal, segundo a Conferência Episcopal Portuguesa, 4379 paróquias, ou seja, existem pelo menos 4379 igrejas. Outro dado interessante é o facto de mais de metade das paróquias existentes (cerca de 60%) pertencerem à Província Eclesiástica de Braga, sendo a diocese de Braga a que contabiliza o maior número de paróquias. É possível verificar também que a Província Eclesiástica de Braga é a que contabiliza um maior número de paróquias por km², sendo o seu valor 0.085. As Províncias Eclesiásticas de Évora e

Lisboa têm um índice de paróquias por km² de 0.012 e 0.049, respectivamente. Outro dado que acho relevante analisar é o número de paróquias por cada 1000 habitantes católicos, e neste aspecto a Província Eclesiástica de Braga continua a ser a que mais paróquias contabiliza, tendo um índice de 0.787 paróquias por cada 1000 habitantes católicos. As Províncias Eclesiásticas de Évora e Lisboa têm um rácio de 0.515 e 0.36 paróquias por cada 1000 habitantes católicos, respectivamente.

De seguida será apresentada a quantificação das igrejas segundo SIPA, a qual é feita por distrito/arquipélago e não por diocese. De referir que as igrejas contabilizadas segundo este sistema de informação são referentes a Igrejas Paroquiais, Catedrais que funcionam como Igrejas paroquiais, outras igrejas, Catedrais/Sés e Santuários, não sendo Capelas e Ermidas admitidas para esta quantificação.

Tabela 2.5 – Quantificação das Igrejas em Portugal [20]

Distrito/Arquipélago	Igrejas Paroquiais	Catedrais/Igreja Paroquiais	Outras Igrejas	Catedrais/Sés	Santuários	
Aveiro	196	0	1	0	2	
Beja	92	0	14	0	1	
Braga	365	0	12	1	13	
Bragança	408	0	11	2	4	
Castelo Branco	160	0	10	1	1	
Coimbra	156	0	5	1	3	
Évora	70	0	17	1	3	
Faro	56	0	21	1	0	
Guarda	370	0	13	1	1	
Leiria	103	1	32	0	6	
Lisboa	163	1	56	0	2	
Portalegre	89	0	22	2	1	
Porto	383	0	20	1	6	
Santarém	131	0	15	0	0	
Setúbal	52	0	17	0	0	
Viana do Castelo	274	0	12	0	2	
Vila Real	261	0	3	0	2	
Viseu	362	0	24	2	6	
Madeira	41	0	3	1	2	
Açores	132	0	28	1	0	
Total	3864	2	336	15	54	4271

Como podemos verificar o número de igrejas contabilizado pelo SIPA é inferior ao número de paróquias contabilizadas pela Conferência Episcopal Portuguesa, o que nos leva a concluir que existem muitas igrejas no país que não estão inventariadas pelo SIPA. Deste modo, será mais interessante considerar o número de paróquias contabilizadas pela Conferência Episcopal Portuguesa visto que nos garante um número de Igrejas mais próximo da realidade.

No seguimento das análises anteriores será apresentado um mapa com a distribuição territorial das igrejas em Portugal.

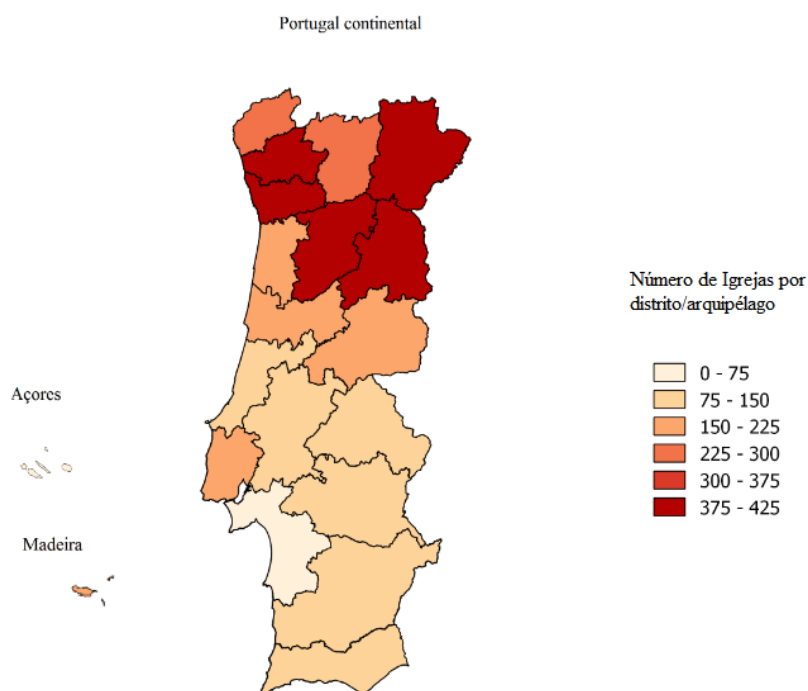


Fig. 2.19 – Distribuição territorial das Igrejas em Portugal

Pela análise da Fig. 2.19 é possível constatar que existe um maior número de igrejas no norte do país, sendo Bragança, Viseu, Braga, Porto e Guarda os distritos onde mais Igrejas se contabilizaram. À medida que descemos o número de igrejas vai diminuindo, à exceção de Lisboa que contabiliza 222 igrejas. Setúbal é o distrito onde foram contabilizadas menos igrejas. Relativamente aos arquipélagos verifica-se que a Madeira contém um número de igrejas significativamente mais alto que os Açores.

2.5.3. TUTELA DAS IGREJAS

As informações relativas à tutela das igrejas são representadas na Fig. 2.20.

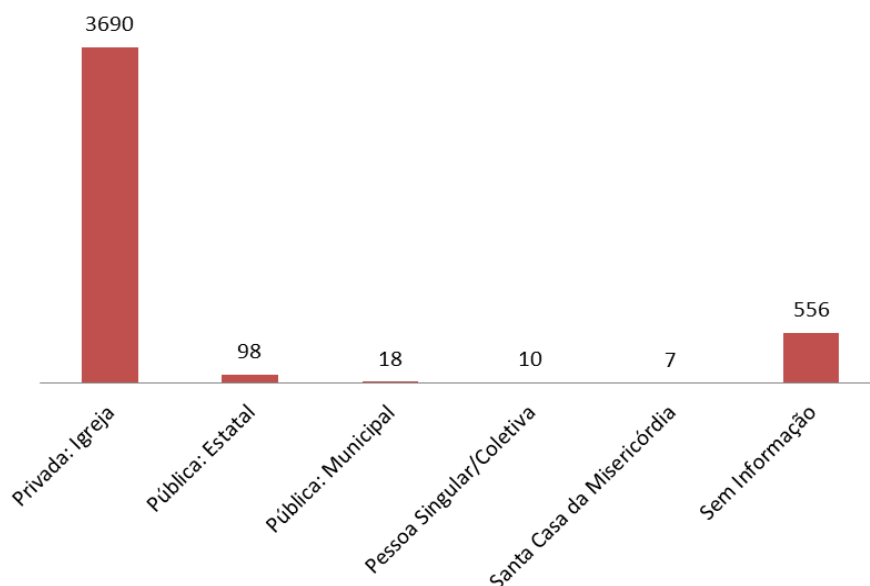


Fig. 2.20 – Distribuição da tutela das Igrejas [20]

Fazendo a análise à Fig. 2.20 podemos verificar que a grande maioria das igrejas são tuteladas pela própria igreja, cerca de 84%, sendo que as restantes se distribuem pelos Municípios, Estado, Santa Casa da Misericórdia e pessoas singulares/coletiva.

2.6. CONVENTOS E MOSTEIROS

2.6.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Neste subcapítulo serão observados os conventos e mosteiros. Em primeiro lugar é importante perceber a diferença entre estes dois tipos de edifícios religiosos. Ora então, tanto os mosteiros como os conventos são edifícios habitacionais religiosos mas pertencentes a ordens eclesiásticas diferentes, os mosteiros pertencentes à ordem monástica e os conventos à ordem mendicante. Outra diferença é a zona de implantação destes edifícios. Relativamente aos conventos, a zona de implantação era essencialmente urbana, ou seja, dentro das cidades, enquanto que os mosteiros eram de implantação rural ou de montanha. Dentro da ordem monástica havia ainda a separação entre homens e mulheres, daí a existência de mosteiros masculinos e mosteiros femininos [22].

Neste subcapítulo será feita uma caracterização dos conventos e mosteiros, baseada na sua quantificação por tipologia, recorrendo ao SIPA, e por tipo de classificação da DGPC. Será ainda apresentada a distribuição territorial e uma abordagem à tutela dos mesmos.

2.6.2. CARACTERIZAÇÃO DOS CONVENTOS E MOSTEIROS EM PORTUGAL

A quantificação dos conventos e mosteiros em Portugal foi feita recorrendo ao sistema de informação SIPA, como já foi referido. Este sistema de informação inventaria o património numa base distrital, logo será apresentada aqui a quantificação destes edifícios por distrito/arquipélago. Foi feita ainda a divisão dos mosteiros em mosteiros masculinos e mosteiros femininos.

Tabela 2.6 – Número de Conventos e Mosteiros em Portugal por distrito/arquipélago [20]

Distritos/Arquipélagos	Conventos	Mosteiros (Masc)	Mosteiros (Femin)	Total
Aveiro	5	1	4	10
Beja	13	1	3	17
Braga	9	19	12	40
Bragança	6	1	2	9
Castelo Branco	9	1	0	10
Coimbra	8	8	10	26
Évora	25	7	13	45
Faro	15	2	6	23
Guarda	7	2	8	17
Leiria	9	2	3	14
Lisboa	56	11	32	99
Portalegre	17	5	6	28
Porto	19	27	13	59
Santarém	24	1	6	31
Setúbal	14	1	4	19
Viana do Castelo	14	18	5	37
Vila Real	4	1	2	7
Viseu	10	10	10	30
Açores	15	0	7	22
Madeira	1	0	3	4
Total	280	118	149	547

A análise efetuada à Tabela 2.6 permite verificar a existência de sensivelmente o mesmo número de mosteiros e conventos em Portugal, existindo 280 conventos e 267 mosteiros. Podemos verificar ainda

que Lisboa é o distrito que mais conventos e mosteiros contabiliza, seguindo-se o Porto, Évora e Braga.

À semelhança do que foi feito no subcapítulos anteriores, a distribuição territorial dos conventos e mosteiros foi feita recorrendo ao QGIS (software de referência geográfica) com base nos dados disponibilizados pelo SIPA. Na figura que se segue é apresentada então a distribuição territorial dos conventos e mosteiros em Portugal por distrito e por arquipélago.

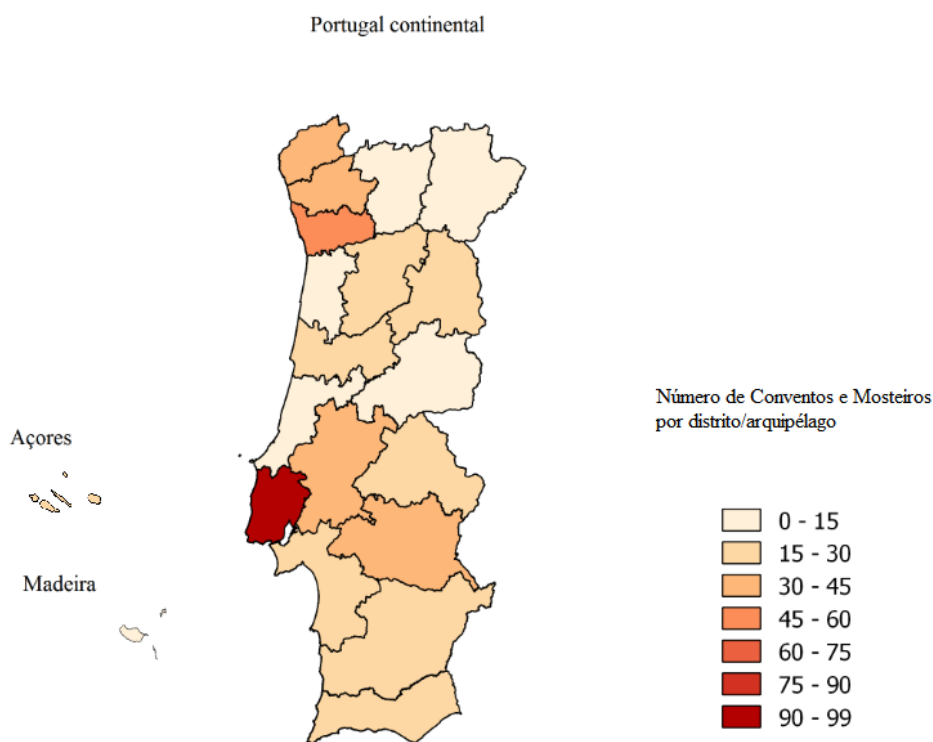


Fig. 2.21 – Distribuição territorial dos Conventos e Mosteiros em Portugal

Fazendo uma análise à Fig. 2.21 e à Tabela 2.6 podemos constatar que existe uma grande discrepância entre o número contabilizado de conventos e mosteiros em Lisboa e nos restantes distritos e arquipélagos. Lisboa conta com 99 mosteiros/conventos, vindo a seguir o Porto com 59. Nos restantes distritos, Braga, Évora e Viana do Castelo destacam-se como tendo um número elevado. Verificamos também que, à exceção de Lisboa, a distribuição territorial destes edifícios é equilibrada.

De seguida será apresentada a quantificação dos conventos e mosteiros classificados pela DGPC, por distrito e por grau de interesse.

Tabela 2.7 – Número de Conventos e Mosteiros classificados pela DGPC por distrito/arquipélago e por grau de interesse [20]

Distritos/Arquipélagos	Conventos			Mosteiros			Total
	MN	IP	IM	MN	IP	IM	
Aveiro	1	3	0	3	0	0	7
Beja	1	4	0	1	1	0	7
Braga	1	5	0	7	8	0	21
Bragança	0	4	0	1	0	0	5
Castelo Branco	0	3	0	0	0	0	3
Coimbra	1	4	0	8	7	0	20
Évora	6	10	1	8	5	1	31
Faro	1	8	0	1	1	0	11
Guarda	0	1	0	1	2	0	4
Leiria	1	3	0	2	1	0	7
Lisboa	10	17	1	11	11	0	50
Portalegre	2	5	0	3	0	0	10
Porto	4	4	0	18	18	0	44
Santarém	5	6	0	3	2	0	16
Setúbal	1	3	0	1	0	0	5
Viana do Castelo	1	6	0	8	7	0	22
Vila Real	1	0	0	1	0	0	2
Viseu	1	0	0	1	0	0	2
Açores	0	11	0	0	5	0	16
Madeira	0	0	0	1	1	0	2
Total	35	99	2	79	69	1	285
<i>MN – Monumento Nacional ; IP – Interesse Público ; IM – Interesse Municipal</i>							

A análise efetuada à Tabela 2.7 permite-nos confirmar que dos 280 conventos existentes em Portugal 136 são classificados pela DGPC, que apesar de representarem menos de metade dos existentes, comparativamente a outros tipos de edifícios, a percentagem de classificados é substancialmente mais elevada. Dos 136 conventos classificados 99 são de interesse público e 35 monumentos nacionais, o que permite constatar a importância destes edifícios para o património cultural. Relativamente aos mosteiros a situação é idêntica, dos 267 mosteiros existentes em Portugal 149 estão classificados pela DGPC, dos quais 79 como monumentos nacionais e 69 de interesse público. Numa análise distrital

podemos verificar que os distritos com mais conventos e mosteiros classificados pela DGPC são Lisboa, Porto e Évora, com 50, 44 e 31 conventos e mosteiros classificados, respetivamente.

2.6.3. TUTELA DOS CONVENTOS E MOSTEIROS

No gráfico apresentado de seguida pode ser observada a distribuição da tutela de Conventos e Mosteiros.

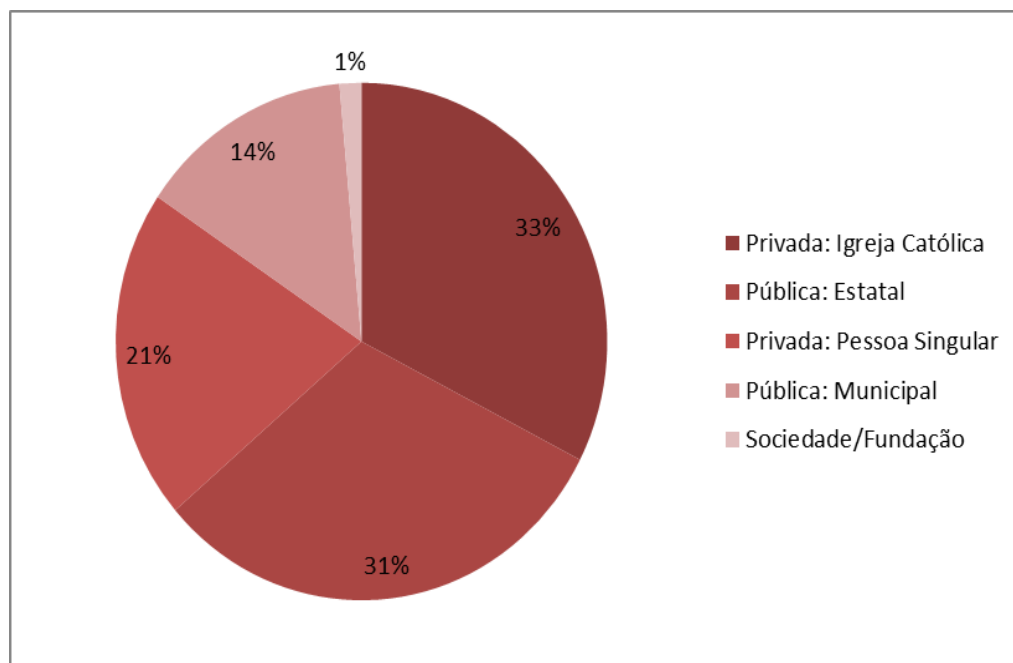


Fig. 2.22 – Distribuição da tutela dos Conventos e Mosteiros [20]

Pela análise da Fig. 2.22 é possível verificar que mais de 60% dos conventos e mosteiros pertencem à Igreja e ao Estado, distribuídos sensivelmente de igual forma entre estas duas entidades. Os restantes são tutelados pelos municípios, pessoas singulares ou sociedades/fundações, sendo que as sociedades/fundações representam uma parte muito pequena. Fazendo a comparação entre os conventos e mosteiros que são tutelados por entidade públicas ou privadas, verificamos estes se distribuem igualmente entre o público e o privado, sendo que privado representa uma parte sensivelmente maior (55%).

2.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO 2

Fazendo a análise deste capítulo é possível constatar que Portugal é um país com um vasto património edificado. Infelizmente não é possível saber com exatidão o número de edifícios com valor patrimonial em Portugal, mas com as informações fornecidas pelo INE e pelo SIPA, conseguimos ter uma noção aproximada do património edificado existente no nosso país.

Os dados relativos aos museus mostram que o seu número não tem parado de crescer, desde o ano de 2000 houve um aumento contínuo e significativo do seu número. Com a extinção do OAC, e consequente desatualização da BdMuseus, não é possível hoje em dia saber o número exato de museus em Portugal. A única informação disponível é a que resulta do inquérito feito pelo INE, anualmente, apenas a uma parte dos museus existentes. No entanto em 2010 foram contabilizados pela BdMuseus 1200 museus. Relativamente ao número de visitantes houve também um aumento

significativo, atingindo-se um máximo, no ano de 2016, de cerca de 15 milhões de visitantes, o que é explicado pelo crescimento do turismo em Portugal. O distrito de Lisboa é a principal escolha dos visitantes a museus. Outro sinal claro do crescimento dos museus é o aumento constante das despesas de ano para ano, onde em 2016 chegou-se a um valor de cerca de 37,4 milhões de euros.

Os Palácios, situados maioritariamente em Lisboa (à exceção das casas nobres que situam-se em maior número na região norte e centro) representam também uma parte significativa do nosso património edificado, tendo sido contabilizados 1870 palácios, sendo que as Casas nobres contribuem em muito para este elevado número.

As igrejas representam uma grande parte do nosso património edificado, existindo também em grande número. Estima-se que existam pelo menos 4379 igrejas em Portugal, situadas maioritariamente no norte do país, mais propriamente nos distritos de Viseu, Porto, Braga, Bragança e Guarda.

Relativamente aos mosteiros e conventos apesar de não existirem em número tão elevado, (foram contabilizados 280 Conventos e 267 Mosteiros) a sua importância para o património cultural é incontestável, traduzido pelo facto de que cerca de metade dos existentes serem classificados pela DGPC, e de todos os classificados, cerca de 40% serem Monumentos Nacionais. Os conventos e mosteiros estão maioritariamente situados no distrito de Lisboa.

Daqui conclui-se que o nosso património edificado fica maioritariamente situado entre a região norte, centro, e o distrito de Lisboa. Convém ainda referir que apesar de não existir informação sobre o número de visitantes a Palácios, Igrejas, Conventos e Mosteiros, estes existem em número suficiente para justificar a sua preservação e valorização.

No que diz respeito à tutela dos edifícios com valor patrimonial, esta divide-se entre o público e o privado. Os museus são tutelados maioritariamente pelos municípios, enquanto que as igrejas pertencem quase na totalidade à própria igreja. Os conventos e mosteiros repartem-se principalmente entre o Estado e a Igreja. Nos palácios, os paços reais e senhoriais pertencem em grande parte ao Estado, no entanto a Igreja detém também uma parte significativa. Já os paços senhoriais, casas nobres e palacetes são tutelados em grande maioria pelo privado, principalmente por pessoas singulares.

De seguida será apresentada uma tabela com as informações compiladas relativas aos tipos de edifícios analisados.

Tabela 2.8 – Caracterização dos Museus, Palácios, Igrejas, Conventos e Mosteiros

	Número de Edifícios	Classificação			Tutela			
		MN	IP	IM	Estatal [%]	Municipal [%]	Pessoa Singular/Coletiva [%]	Igreja [%]
Museus	1200	-	-	-	15	52	3	2
Palácios	1870	37	377	78	9.2	14.4	60.8	3.1
Igrejas	4379	-	-	-	2.2	0.4	0.2	84
Conventos e Mosteiros	547	114	168	3	31	14	21	33
Total	7996							

3

HUMIDADE NOS EDIFÍCIOS COM VALOR PATRIMONIAL

3.1. NOTA INTRODUTÓRIA

A ação da humidade nos edifícios tem sido reconhecida como um fator de extrema importância, capaz de conduzir à ocorrência de anomalias capazes de impedirem a satisfação das mais elementares exigências de habitabilidade das edificações, e com consequências sociais, culturais e económicas [24].

Neste capítulo, primeiramente, irão ser descritas as várias formas de manifestação da humidade em edifícios com valor patrimonial, onde foi feita a separação das manifestações associadas à água em fase líquida, e à água em fase de vapor. Relativamente às manifestações associadas à água em fase líquida serão descritas as infiltrações, fugas ou roturas de canalizações e humidade ascensional. Numa fase posterior serão descritas as manifestações associadas à água em fase de vapor, mais especificamente a humidade devido a fenómenos de higroscopicidade, a humidade de condensação (condensações superficiais e internas) e humidade na construção.

Numa segunda parte são apresentadas técnicas de diagnóstico usadas em engenharia civil, com os seguintes objetivos:

- Avaliação de características dos materiais associadas à humidade (coeficiente de absorção de água por capilaridade, permeabilidade ao vapor de água, variação dimensional com a humidade relativa e presença de sais nos elementos)
- Monitorização das condições higrotérmicas dos edifícios
- Determinação do teor de humidade dos materiais de construção.

No âmbito deste trabalho, cujo objetivo se centra na avaliação do desempenho dos edifícios com valor patrimonial face à humidade, é de todo o interesse que os ensaios e técnicas usadas sejam, sempre que possível, não destrutivos. Assim sendo, e devido à existência de ensaios destrutivos e não destrutivos para determinação do teor de humidade dos materiais de construção, serão apenas apresentados os ensaios não destrutivos. Relativamente aos ensaios que permitem a avaliação de parâmetros associados à humidade, existem três, dos cinco apresentados, que são destrutivos. Deste modo, as técnicas diagnóstico apresentadas neste capítulo serão separadas em técnicas não destrutivas e técnicas destrutivas.

3.2. FORMAS DE MANIFESTAÇÃO DA HUMIDADE

3.2.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Neste subcapítulo serão descritas as formas de manifestação associadas à humidade em edifícios com valor patrimonial. Como já foi referido anteriormente, as formas de manifestação vão ser divididas em formas de manifestação associadas à água em fase líquida e formas de manifestação associadas à água em fase de vapor.

Relativamente às formas de manifestação associadas à água em fase líquida, serão apresentadas três formas de manifestação. As infiltrações onde a água, na maior parte dos casos, é proveniente da precipitação, as fugas ou roturas de canalizações, onde a água, como o próprio nome indica, resulta de fugas ou roturas das canalizações, e a humidade ascensional, onde a água é proveniente dos solos.

Relativamente às formas de manifestação associadas à água em fase de vapor, serão descritas a humidade devido a fenómenos de higroscopicidade, a humidade de condensação e a humidade de construção. A humidade de condensação vai ser dividida em condensações superficiais e condensações internas. Relativamente à humidade de construção, podemos afirmar que é uma forma de manifestação que difere um pouco de todas as outras pois está associada à água proveniente da fase de construção.

De seguida serão apresentadas e descritas todas as formas de manifestação mencionadas de forma detalhada.

3.2.2. ÁGUA EM FASE LÍQUIDA

3.2.2.1. Infiltração

As infiltrações resultam da absorção de água por capilaridade pelas estruturas porosas ou pela percolação através de zonas fissuradas. Este problema prende-se com deficiências de concepção, execução ou falta de manutenção, nomeadamente, aparecimento de fissuras, deterioração dos revestimentos, má ligação das caixilharias com a fachada ou aplicação de materiais com coeficientes de absorção de água muito elevados [23].

Quando à chuva está associada a componente vento, esta constitui uma ação gravosa para as paredes dos edifícios. Esta situação é bastante recorrente, e dá origem a que a trajetória da chuva passe a ter uma componente horizontal tanto maior quanto maior for a intensidade do vento. Sempre que a chuva incida diretamente nas fissuras ou juntas mal vedadas, devido à energia cinética das gotas de água, pode ocorrer a penetração direta. Outra forma de penetração da água nas paredes é originada pela formação de uma cortina de água, que ao escorrer pela superfície, penetra nela por gravidade, resultante da sobrepressão causada pelo vento ou por ação da capilaridade dos materiais [24].

O aparecimento de manchas de humidade nos paramentos interiores de paredes exteriores, em simultâneo com ocorrência de precipitações é a forma mais comum de manifestação das anomalias devidas à ação da chuva. Estas manchas tendem a desaparecer quando cessam os períodos de chuva, não sendo visíveis em períodos secos. Nas zonas que sofreram humedecimento, é ainda normal o aparecimento de bolores, eflorescências, criptoflorescências, e ainda a ocorrência de condensações devido ao aumento da condutibilidade térmica do elemento, conseqüente do aumento do teor de água [24].

Apesar de as paredes duplas com caixa de ar serem uma solução eficaz em relação a este fenómeno, verifica-se com muita regularidade a ocorrência deste tipo de problemas nestas paredes, devido a

situações como por exemplo a obstrução parcial da caixa de ar com desperdícios de argamassa ou outros materiais, os elementos de ligação dos panos terem inclinação para o interior, ou a caleira de recolha das águas de infiltração estar obstruída, mal executada, ou não existir [24].

3.2.2.2. Fugas ou rotura de canalizações

As fugas ou rotura de canalizações podem originar anomalias devidas à presença de humidade em edifícios. A rotura das canalizações, nomeadamente das redes de distribuição de águas correntes, de águas pluviais e de esgotos, está na origem destas anomalias.

Os sintomas devidos a esta causa podem ser muito variáveis, mas destacam-se os seguintes:

- Carácter permanente e de grande gravidade, eventualmente sazonal se as roturas forem de águas pluviais
- Migração da humidade para locais afastados da origem das anomalias em situações em que o débito de água seja fraco e propicie a atuação dos mecanismos da capilaridade [24].

3.2.2.3. Humidade ascensional

As paredes e pavimentos em contacto com o terreno podem apresentar anomalias provocadas pelas águas provenientes dos solos, que podem ter duas fontes distintas, águas freáticas e águas superficiais. Isto acontece devido ao facto de os materiais de construção possuírem uma estrutura porosa que conduz a valores de capilaridade elevados, permitindo que a água migre através deles por ascensão capilar. Na ausência de qualquer barreira que iniba este deslocamento, a migração pode ocorrer, quer horizontalmente, quer verticalmente, o que se verifica quando estão reunidas condições como a existência de zonas dos elementos em contacto com a água do solo, a existência de materiais com elevada capilaridade e a inexistência ou deficiente posicionamento de barreiras estanques no caso das paredes [23] [24].

A altura atingida pela ascensão capilar numa parede depende de fatores como a porosidade dos seus materiais constituintes, a quantidade de água em contacto com o elemento construtivo, a espessura do elemento construtivo, as condições de evaporação à superfície, a orientação, e a presença de sais [23] [24].

Relativamente à porosidade dos materiais constituintes, estes podem ser de porosidade aberta ou porosidade fechada, como se pode ver na seguinte figura.

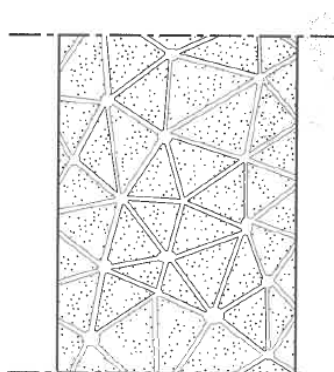


Fig. 3.1 - Material de porosidade aberta [23]

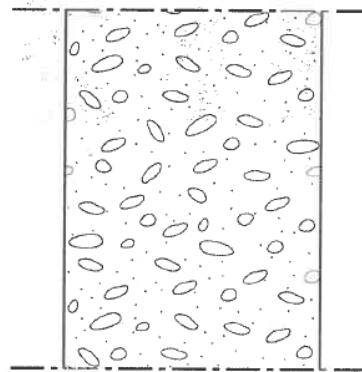


Fig. 3.2-Material de porosidade fechada [23]

Os materiais de construção são na sua grande maioria de porosidade aberta, o que facilita a transferência de água no seu interior, que é tanto maior quanto maior for o diâmetro dos poros. Já os materiais de porosidade fechada são interessantes para a humidade ascensional, pois como o material é impermeável não permite a circulação da água no seu interior. Considerando as condições ambientais constantes, podemos afirmar que quanto maior for a espessura da parede maior será a altura atingida pela humidade, uma vez que é também maior a quantidade de água absorvida. Segundo estudos de simulação efetuados é possível afirmar que a altura atingida pela frente húmida, quando se passa de uma espessura de 0,20 m para 1,00 m, aumenta significativamente. Este facto é demonstrado na fig.3.3, onde podemos observar a variação do teor de humidade em função da espessura da parede [23].

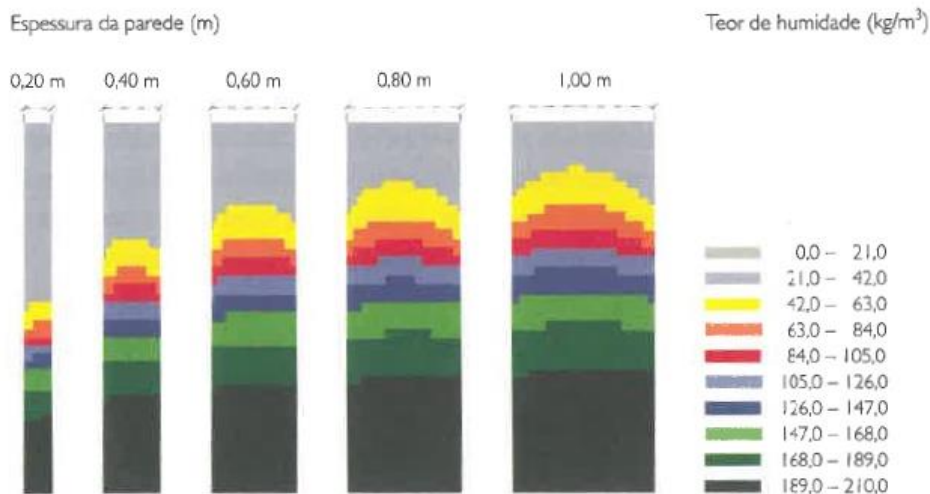


Fig.3.3 - Variação do teor de humidade ao longo da seção transversal em função da espessura da parede [23]

Sempre que as condições de evaporação dos elementos são diminuídas, como por exemplo a utilização de revestimentos permeáveis, a altura atingida pela ascensão capilar tem tendência a aumentar. Isto é explicado pelo facto de a ascensão de água numa parede verifica-se até ao nível em que a quantidade de água evaporada compensa aquela que é absorvida por capilaridade, ou seja, até quando quantidade de água que “entra” por absorção iguala à que “sai” por evaporação. Então se diminuirmos as

condições de evaporação o nível atingido pela água vai aumentar, até que se atinja um novo equilíbrio. Este fenómeno é ilustrado na fig. 3.4 e fig. 3.5 [23] [24].

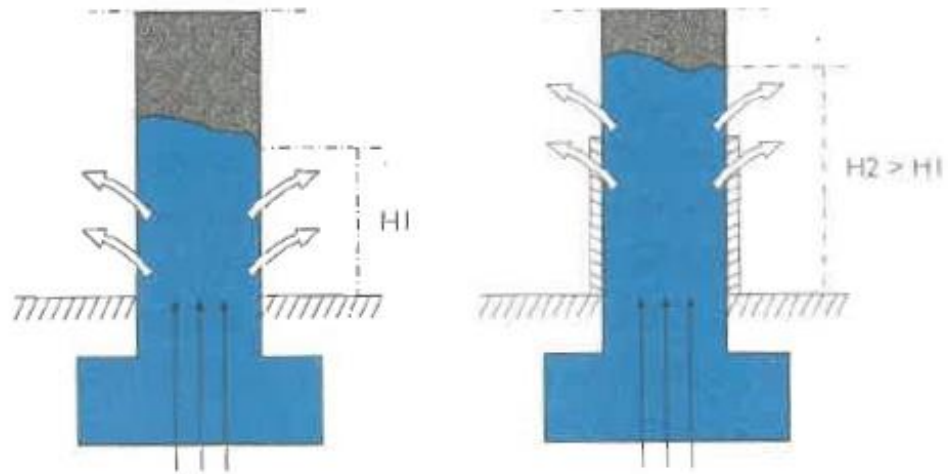


Fig. 3.4 - Influência da colocação de material impermeável na humidade ascensional [23]

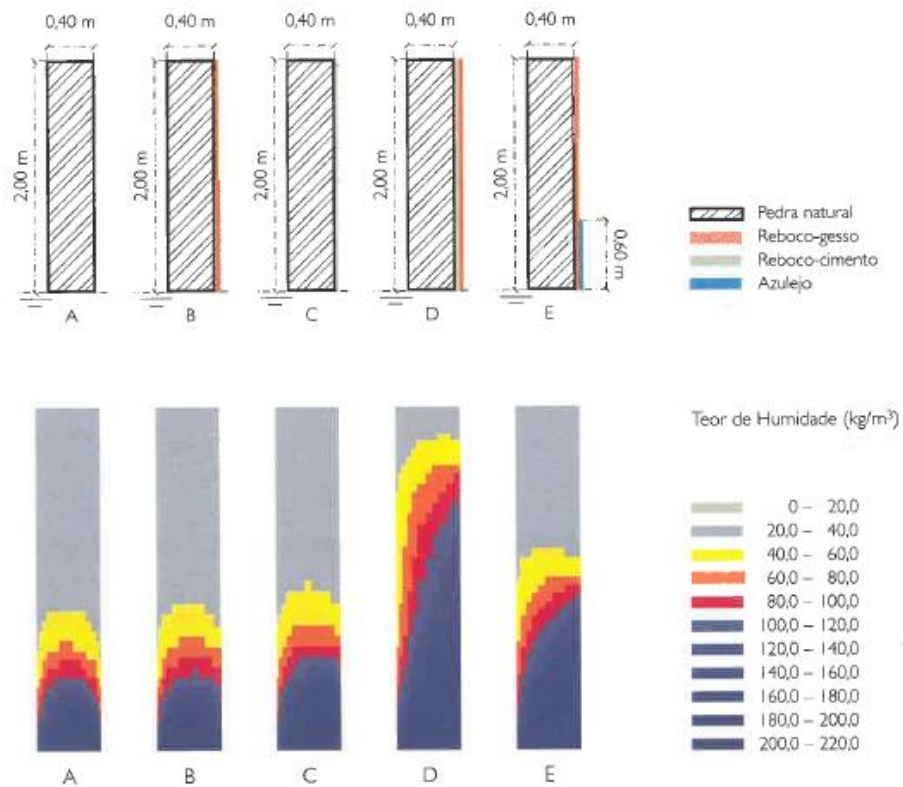


Fig. 3.5 - Influência da colocação de revestimentos impermeáveis na humidade ascensional [23]

Quando as condições climáticas são idênticas, é possível observar-se diferentes alturas do nível da água na parede de acordo com a orientação geográfica, a insolação e a ventilação da parede. A insolação e o coeficiente de absorção da radiação fazem com que a temperatura superficial e a distribuição da temperatura na parede se alterem com consequências no processo de secagem. Outro fator que tem influência no processo de secagem das paredes são as condições climáticas das ambiências. Em locais com humidade relativa muito elevada o processo de evaporação faz-se com mais dificuldade tornando a altura de água na parede mais elevada. Contrariamente, quando a humidade relativa é baixa, a evaporação faz-se com mais facilidade tornando a frente húmida menor [23].

A presença de sais é outro fator que pode fazer aumentar o nível atingido pela humidade ascensional. Os sais, que se dissolvem quando a humidade relativa do ar aumentar, e cristalizam quando a humidade relativa diminui, estão presentes no terreno e materiais de construção. Quando são dissolvidos pela água migram com esta através da parede para níveis de altura superior. Ao atingirem a superfície das paredes, a água evapora e os sais cristalizam e ficam aí depositados. Este fenómeno provoca o preenchimento progressivo dos poros e uma consequente diminuição das condições de evaporação, o que origina o aumento do nível atingido pela ascensão capilar. Em alguns casos, a cristalização dos sais à superfície pode originar a formação de eflorescências ou de criptoflorescências, consoante se trate de uma cristalização à superfície ou sob o revestimento da parede, respectivamente [23] [24].

As anomalias devidas à humidade ascensional caracterizam-se pelo aparecimento de manchas de humidade nas zonas junto ao solo, apresentando muitas vezes zonas erodidas na parte superior dessas manchas, e em certos casos, com a formação de eflorescências, criptoflorescências, manchas de bolor ou vegetação parasitária [24].

A água que chega aos elementos construtivos por via ascensional, como já foi referido, pode ser proveniente de duas fontes distintas: águas freáticas e águas superficiais, e a cada uma destas duas fontes de alimentação correspondem sintomas diferentes. Quando se trata de humidade proveniente de águas freáticas as manifestações de humidade ascensional apresentam-se mais estáveis ao longo do ano devido ao facto de este tipo de fonte de alimentação estar ativo o ano todo. Nestas situações é possível verificar que a altura das manchas é aproximadamente constante em cada parede, sendo maior nas paredes interiores do que nas paredes exteriores. Contrariamente, quando a humidade é proveniente de águas superficiais, o nível das respectivas manifestações apresentam variações ao longo do ano, sendo geralmente mais gravosas no Inverno do que no Verão, e a altura das zonas húmidas pode variar ao longo das paredes, principalmente nas exteriores [23]. De seguida são apresentados 3 esquemas onde é possível verificar como se dá a humidificação por via de águas freáticas e águas superficiais.

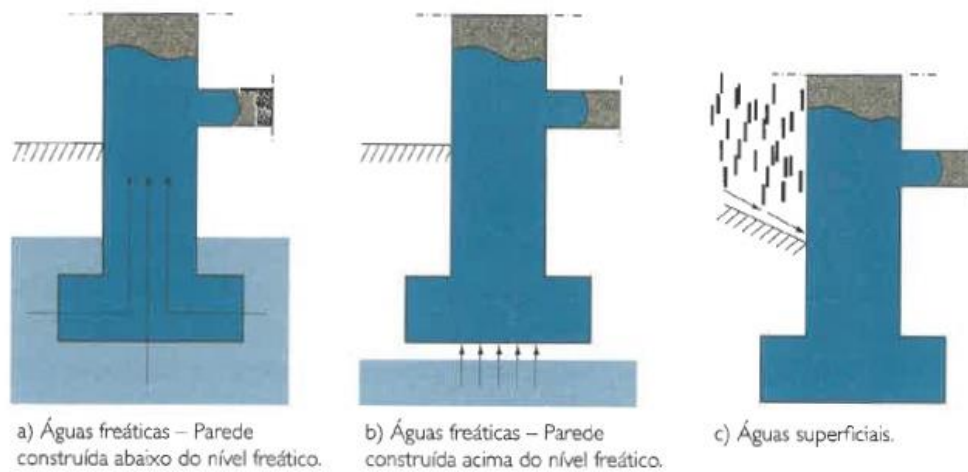


Fig. 3.6 - Humidificação por águas freáticas e águas superficiais [23]

3.2.3. ÁGUA EM FASE DE VAPOR

3.2.3.1. Humidade devido a fenómenos de higroscopicidade

A grande maioria dos materiais usados em engenharia civil são higroscópicos, ou seja, quando são colocados em ambientes cuja humidade relativa varia, o seu teor de humidade também varia. A humidade relativa (HR) é definida como sendo o quociente entre a pressão de vapor existente e a pressão de saturação ($HR = P/P_s$), para uma dada temperatura. Este fenómeno é representado na fig. 3.7, onde podemos ver a variação do teor de humidade em função da variação da humidade relativa, em materiais higroscópicos [25].

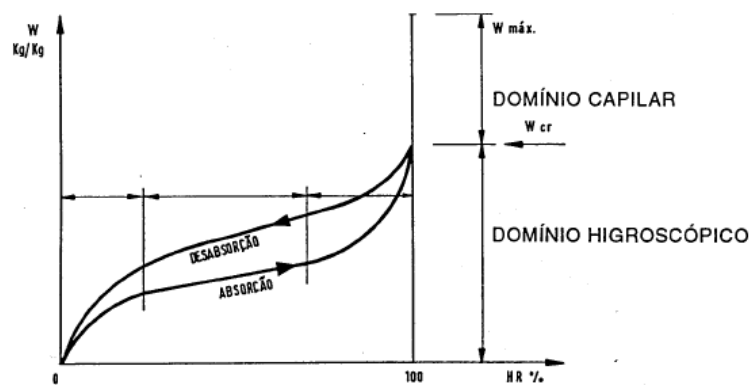


Fig. 3.7 - Variação do teor de humidade em função da variação da humidade relativa [25]

Numa primeira fase ocorre a fixação de uma camada de moléculas de água na superfície interior dos poros (absorção monomolecular), seguindo-se depois a deposição de várias camadas de moléculas (absorção polimolecular) [25].

Sabemos também que uma grande parte dos materiais usados em engenharia civil contém sais solúveis em água. Com a humidificação dos elementos construtivos, os sais dissolvidos vão acompanhar as migrações de água até as superfícies, onde vão cristalizar sob a forma de eflorescências e criptoflorescências. Alguns destes sais são também higroscópicos, dissolvendo-se quando a humidade relativa é superior a 65-75%, voltando a cristalizar quando a humidade relativa baixa estes valores, aumentando significativamente o seu volume, o que pode dar origem a fenómenos de degradação, resultantes destes mesmos aumentos de volume que acompanham a sua cristalização, em consequência dos ciclos dissolução-cristalização. As anomalias características deste tipo de manifestação de humidade são o aparecimento de manchas de humidade em locais de forte concentração de sais, associadas por vezes à degradação do revestimento dos elementos. Relativamente às manchas, estas podem ocorrer durante o ano todo, em períodos de elevada humidade relativa. A degradação dos revestimentos também pode ocorrer durante o ano todo e está associada às variações frequentes do estado higrométrico dos materiais [24].

Existe uma forte semelhança entre as anomalias deste tipo de manifestação e as resultantes de fenómenos de condensações superficiais [24].

3.2.3.2. Humidade de condensação

A quantidade máxima de vapor de água que o ar pode conter, designada de limite de saturação, depende da temperatura. Quanto maior for a temperatura a que o ar se encontra, maior é o seu limite de saturação.

A humidade realtiva (HR), que é expressa em percentagem, é a relação entre a quantidade de vapor de água que o ar contém, designada de humidade absoluta, e o limite de saturação correspondente à temperatura a que o ar se encontra. Se analisarmos o diagrama psicométrico, que relaciona a temperatura do ar com as respetivas humidades relativa e absoluta, verificamos que a diminuição da temperatura implica um aumento da humidade relativa, que por sua vez, ultrapassando o limite de saturação (ponto de orvalho) faz com que o vapor de água condense [24].

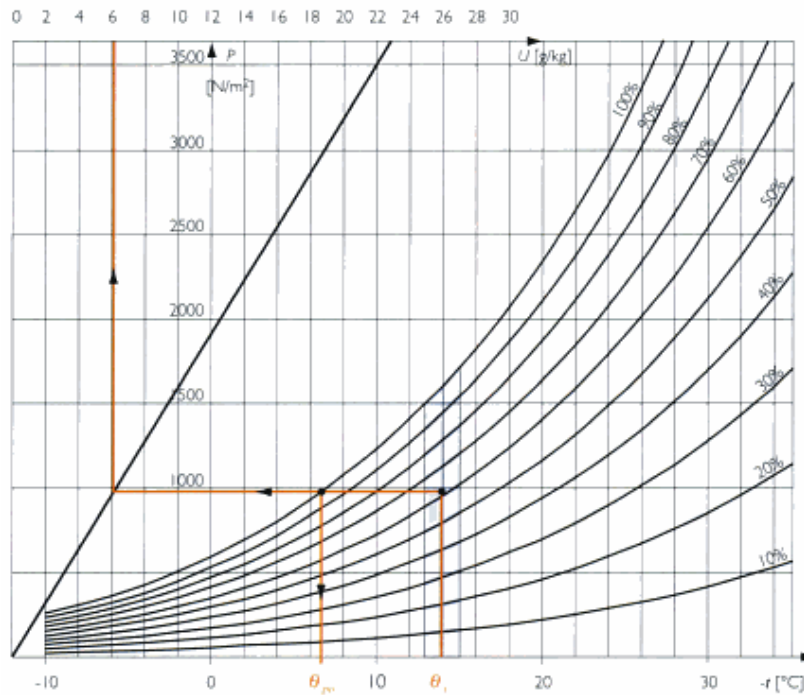


Fig. 3.8 - Diagrama psicométrico [26]

Podemos observar no diagrama psicométrico que as ordenadas podem também ser expressas em unidades de pressão. Entende-se por pressão parcial (P) do vapor de água no ar como a pressão que esse vapor teria se ocupasse sozinho a totalidade do volume da massa de ar. A pressão de saturação (P_s) é correspondente ao limite de saturação. Para que não haja ocorrência de condensações, a seguinte condição tem que ser verificada: $P \leq P_s$ [24].

3.2.3.2.1. Condensações superficiais

Como constatado anteriormente, a diminuição da temperatura duma massa de ar pode provocar a ocorrência de condensações. No Inverno, geralmente, a temperatura superficial da face interior dos elementos de construção está a uma temperatura (θ_{si}) inferior à temperatura do ar interior (θ_i), e pode ser calculada, em regime permanente, através da seguinte expressão [24] [25]:

$$\theta_{si} = \theta_i - U * R_{si} (\theta_i - \theta_e)$$

Onde:

θ_{si} - Temperatura superficial interior (°C)

θ_i - Temperatura do ar interior (°C)

U – Coeficiente de transmissão térmica ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

R_{si} – Resistência superficial interior (valor tabelado = $0.12 m^2 \cdot ^\circ C/W$)

θ_e - Temperatura exterior (°C)

Se analisarmos a expressão podemos verificar que quanto maior for o isolamento térmico (menor coeficiente de transmissão térmica), maior vai ser a temperatura superficial interior, logo menor vai ser o risco de condensações. Se a temperatura do ar interior aumenta, a temperatura superficial interior também vai aumentar, conduzindo igualmente a uma diminuição do risco de condensações superficiais interiores. Outro fator que influencia o risco de condensações superficiais é a ventilação dos espaços interiores. Sabemos que devido às várias atividades humanas é produzida uma grande quantidade de vapor de água nos espaços interiores. Este vapor de água é transportado para o exterior através da renovação do ar interior, condensando nos paramentos internos das paredes exteriores, ou atravessando as paredes exteriores por difusão. No caso de haver condensação superficial interior, esta vai ocorrer primeiro nas partes envidraçadas e só depois nas partes opacas. No caso de não existirem condensações superficiais interiores, estima-se que 95% da humidade produzida é evacuada por renovação do ar interior, e 5% por difusão através das paredes exteriores, podendo neste caso ocorrerem condensações internas nestas mesmas paredes [24].

As anomalias respeitantes a este caso são caracterizadas pelo aparecimento de manchas de humidade ou bolores, formação de gotas de água, e podem ocorrer inicialmente, em elementos heterogéneos, nas zonas onde o isolamento térmico é menor, como por exemplo, elementos estruturais, parapeitos e nervuras, podendo estender-se posteriormente a zonas de superfície corrente, onde o isolamento não é suficiente e a ventilação fraca [24].

3.2.3.2.2. Condensações internas

A transição da água em fase de vapor para fase líquida pode ocorrer no interior dos elementos construtivos, e isto acontece quando a pressão parcial do vapor de água igual a pressão de saturação, para uma dada temperatura, num certo ponto [25].

Se, tanto no exterior como no interior dos edifícios, as pressões de saturação e parciais são constantes, o mesmo não se verifica no interior dos elementos construtivos, onde o valor da pressão de saturação em cada ponto está relacionado com as especificidades do isolamento térmico, que vai influenciar a temperatura no interior do elemento construtivo, e as características de permeabilidade ao vapor de água dos materiais que constituem o elemento, vão determinar as variações das pressões parciais ao longo da parede [24].

Na fig. 3.9 é representado o corte de uma parede homogénea. Conhecendo as temperaturas interiores e exteriores, é possível, a partir do coeficiente de transmissão térmica, saber as temperaturas superficiais interiores e exteriores, cuja variação entre estes dois valores ao longo da parede é linear, pois a parede é homogénea. Usando o diagrama psicrométrico, e com as temperaturas em cada ponto no interior da parede, é possível determinar os valores da pressão de saturação nesses mesmo pontos. Sabendo, por fim, as temperaturas e humidades relativas interiores e exteriores, é possível saber as respetivas pressões parciais e traçar a reta representativa da variação da pressão parcial no interior da parede. Se esta reta intercepar em algum ponto a curva das pressões de saturação, haverá a ocorrência de condensações nesse mesmo ponto [24].

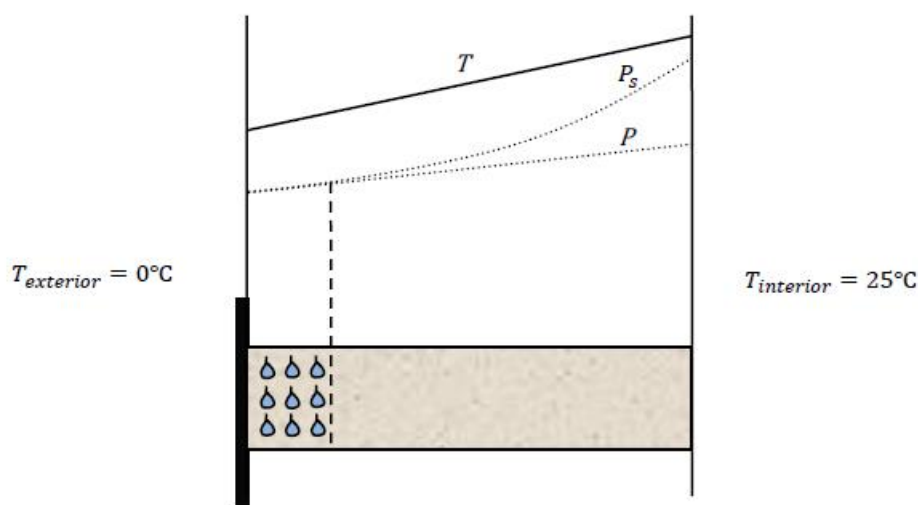


Fig. 3.9 - Esquema representativo de condensações internas numa parede [26]

A quantificação do risco de condensações internas é feita a partir de modelos que estudam o fenómeno de transferência conjunta de calor e humidade. O método de Glaser é muito usado para avaliar a ocorrências de condensações internas e dimensionar elementos construtivos [25].

As condensações internas podem dar origem à degradação dos materiais, ao destacamento dos revestimentos, e ainda podem originar a ocorrência de condensações superficiais, devido à diminuição da resistência térmica dos materiais, pela eventual absorção de água condensada [24].

3.2.3.3. Humidade na construção

Os edifícios no final da sua construção contêm elevados valores de teor de água. A água que é usada para a confeção dos materiais, como por exemplo do betão e das argamassas, e a água da chuva que, tanto estes materiais como os próprios edifícios estão sujeitos na fase de construção, constituem uma parte bastante significativa da quantidade de água presente nos edifícios, e que, muitas vezes, é menosprezada [24].

Apesar de parte desta água se evaporar rapidamente, pode existir numa quantidade significativa que tem mais dificuldade em evaporar-se. Este processo de secagem, típico de materiais porosos, como os tijolos ou o betão, decorre em três fases distintas. A primeira consiste na evaporação da água superficial, e acontece de forma relativamente rápida. A segunda, que já é bastante mais demorada, consiste na evaporação da água presente nos poros de maiores dimensões dos materiais. Esta fase é mais demorada porque requer que água atravesse todos os poros sob forma de vapor, até atingir a superfície. A terceira fase, que é a mais lenta, podendo prologar-se por vários anos, consiste na libertação da água presente nos poros de menores dimensões [24].

As anomalias devidas à humidade de construção podem ter na sua origem duas causas, a evaporação da água, e o elevado teor de água presente nos materiais. Com a evaporação da água, é possível que haja expansão dos materiais, ou então, devido á diminuição da temperatura superficial dos materiais, se dê a ocorrência de condensações. No caso de elevado teor de água, podem aparecer manchas de humidade e podem também ocorrer condensações [24].

3.3. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO DAS DIFERENTES MANIFESTAÇÕES DE HUMIDADE

3.3.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Neste subcapítulo serão descritas técnicas de diagnóstico das diferentes manifestações associadas à humidade. Como já foi referido anteriormente, é de todo o interesse que as técnicas de diagnóstico apresentadas sejam, sempre que possível, não destrutivas, visto que o objetivo é que sejam aplicadas a edifícios com valor patrimonial. Posto isto, neste subcapítulo vai ser feita uma separação de técnicas não destrutivas e técnicas destrutivas.

3.3.2. TÉCNICAS NÃO DESTRUTIVAS

3.3.2.1. Ensaio de absorção de água sob baixa pressão – Tubo de Karsten

Este método, que tanto pode ser usado *in situ* como em laboratório permite a avaliação da resistência à água líquida da superfície dos elementos construtivos, medindo a absorção da água a baixa pressão [27].

É usado sobretudo em fachadas com o objetivo de determinar a permeabilidade à água líquida de revestimentos, que por sua vez permite caracterizar qualitativamente o seu estado, assim como avaliar o seu grau de degradação, através de comparações e avaliando alterações verificadas pela absorção de água pelo revestimento [27].

O procedimento deste ensaio baseia-se na fixação de um tubo à superfície que vai ser ensaiada, encher esse tubo com água, e medir, em vários momentos, o abaixamento do nível da água. Com os valores obtidos cria-se um gráfico de volume de água absorvida em função do tempo, sendo que as inclinações das retas obtidas correspondem aos coeficientes de absorção ($C_{\text{absorção}}$) do elemento [27].

É possível depois calcular a absorção de água numa fachada (A_{fachada}), sujeita à ação da chuva e do vento durante um determinado intervalo de tempo, através da expressão:

$$A_{\text{fachada}} = C_{\text{absorção}} \times (t_{\text{chuva}})^{0.5} \quad [\text{Kg/m}^2]$$

Esta técnica não se baseia em critérios de desempenho uma vez que não existem valores de desempenho aceitáveis definidos nas normas existentes. Os seus parâmetros devem também ser complementados com outros ensaios realizados em laboratório, tal como o ensaio de permeabilidade a água líquida sob pressão, e o ensaio de absorção de água por capilaridade [27].

É um método com um grau de dificuldade relativamente baixo, expedito e com custos reduzidos. Tem as vantagens de não necessitar de técnicos de elevado grau de especialização e não ser necessária fonte de energia externa. Possibilita ainda ensaios em edifícios em utilização sem prejudicar os utentes [27].

No entanto este ensaio apresenta algumas contrariedades, das quais se destacam a exigência de paredes com revestimentos homogéneos, a impossibilidade de simular algumas ações, tal como a pressão do vento, a avaliação apenas do conjunto revestimento-suporte e não do revestimento de forma isolada, e mostra-se desadequado na avaliação de elementos com elevada capacidade de absorção [27].

Na fig. 3.10 podemos observar um conjunto de imagens que ilustram o procedimento deste ensaio.



Fig. 3.10 - Procedimento do ensaio de absorção de água sob baixa pressão [27]

3.3.2.2. Técnicas de registo e monitorização das condições higrotérmicas

Não se tratando propriamente dum ensaio, esta técnica permite a monitorização dos valores de temperatura e humidade relativa que se verificam num edifício, usando uma série de equipamentos.

Para medições pontuais de temperatura são usados termómetros. Os termómetros de infravermelhos permitem a medição da temperatura superficial dos elementos construtivos, enquanto que os termómetros de sensor externo permitem a medição da temperatura ambiente [27].

Os termo-higrómetros e os higrómetros também são usados para medições pontuais de temperatura e humidade. Os termo-higrómetros dispõem de funções de temperatura de bolbo seco, bolbo húmido, humidade relativa, humidade absoluta e ponto de orvalho. Os higrómetros permitem avaliar a percentagem de humidade nos elementos construtivos e ainda a humidade relativa do ar [27].

Os dataloggers diferem destes últimos mencionados na medida em que permitem a recolha de dados de forma contínua. São concebidos para a medição da temperatura e humidade relativa, esta medição pode ser programada, os registos ficam armazenados no equipamento e posteriormente podem ser transferidos para um computador para serem tratados [27].



Fig. 3.11 - Equipamentos usados na técnica de registo e monitorização das condições higrotérmicas [27] [29]

Relativamente aos dados das medições de forma contínua, devem ser construídos gráficos que representem a variação temporal da temperatura e humidade relativa interiores e exteriores, comparando-as entre si [27].

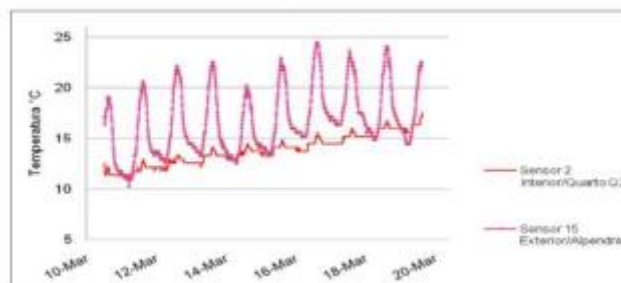


Fig. 3.12 - Variação da temperatura interior e exterior [27]

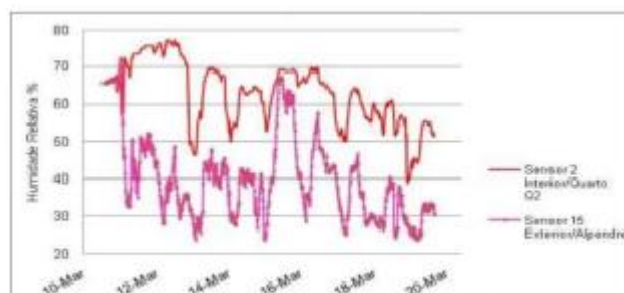


Fig. 3.13 - Variação da humidade relativa interior e exterior [27]

Estas oscilações devem ser comparadas com os limites recomendados, e pode-se ainda, utilizar funções de correlação entre a temperatura interior/exterior e entre a humidade relativa interior/exterior para ver se existe dependência de grandezas, e dessa forma proceder às correcções necessárias no edifício [27].

É uma técnica de baixa dificuldade de operação e custos relativamente reduzidos, no entanto requer alguma experiência e conhecimento tanto da parte dos técnicos executantes, como também na leitura e interpretação dos resultados [27].

3.3.2.3. Método Baseado na Resistência Elétrica

Com base no princípio de que o teor de humidade é inversamente proporcional à resistência elétrica, é possível medir o teor de humidade dos materiais através de determinados aparelhos [31]. Estes aparelhos, que contêm dois elétrodos que são inseridos no material em análise e através dos quais se faz passar uma corrente elétrica, medem a resistência ao fluxo de corrente elétrica entre estes dois elétrodos, relacionando-a posteriormente com o teor de humidade [28].



Fig. 3.14 – Equipamento baseado na corrente elétrica [28]

A maior parte destes aparelhos vem preparado apenas para um determinado material, sendo necessário o uso de tabelas de conversão [31]. No entanto existem alguns que contêm uma lista de materiais para os quais é possível medir o teor de humidade, apesar de normalmente essas listas serem muito limitadas. É bastante satisfatório para madeiras [28].

É um método *in situ* que apesar de ser simples, expedito e com custos reduzidos pode apresentar alguns erros nas medições [28]. A resistência elétrica é influenciada não só pelo teor de humidade, mas também pela presença de sais, pela temperatura e pelo tipo de material [31]. Sabemos que tanto o aumento da temperatura, como a presença de sais, conduzem a um aumento da condutibilidade elétrica, fatores estes que podem influenciar os resultados, tornando-os errados. É necessário, desta forma, conhecer as características do aparelho e saber o tipo de material que este pode analisar [28].

3.3.2.4. Método Baseado na Constante Dielétrica

Esta técnica baseia-se no princípio de que o teor de humidade aumenta a constante dielétrica. O valor da constante dielétrica da água ($\epsilon=80$) é muito superior ao valor de um material seco ($\epsilon=3$ a 6), o que permite detetar a presença de humidade nos materiais com relativa facilidade. Para isso é usado um aparelho constituído por eléctrodos que são colocados sobre o material a analisar. O aparelho emite ondas de alta frequência criando um campo eléctrico dentro do material. Posteriormente um microprocessador recebe o sinal e transforma os dados de modo a permitir a leitura do teor de humidade no leitor do aparelho [28].



Fig. 3.15 – Equipamento baseado na constante dielétrica [28]

Com este aparelho é medida a capacidade do condensador, que ao encontrar um material com elevado teor de humidade no campo de dispersão aponta para uma constante dielétrica elevada. O valor do teor de humidade é apresentado em percentagem de peso (Kg/Kg) no aparelho [28].

É um método *in situ* bastante simples e apresenta custos reduzidos. No entanto, à semelhança do aparelho baseado na resistência eléctrica, pode apresentar alguns erros de medição devido à presença de sais e à reduzida espessura do material a analisar [28].

3.3.2.5. Microondas

Este método baseia-se na propriedade dielétrica relativa, que é composta pela constante dielétrica real e pela parte imaginária. A parte real permite a medição do valor do teor de humidade, enquanto que a imaginária corresponde à perda dielétrica que se caracteriza pela deslocação de fase em movimento das moléculas da água. As moléculas de água, quando sujeitas a um campo eletromagnético alternado à frequência de microondas, entram num movimento de rotação. Este efeito é caracterizado pela constante dielétrica. Com o aumento da frequência, o movimento de rotação das moléculas de água

não consegue acompanhar o campo eletromagnético alternado exterior, devido a forças de ligação internas. Gera-se então uma deslocação de fase. A energia necessária para por as moléculas em rotação é retirada ao sinal de microondas. A parte de energia absorvida, bem como a deslocação de fase, está ligada à quantidade de moléculas de água presentes no material [28].

O equipamento é constituído por um emissor, que é colocado sobre o material, e por um recetor, que pode ser colocado ou ao lado do recetor ou do lado oposto, fazendo-se a medição por reflexão ou por transmissão, respetivamente. O aparelho já está calibrado para a maior parte dos materiais correntes, sendo apenas necessário escolher a temperatura e a densidade. Existe a possibilidade de se registar um elevado número de medições, que posteriormente são representadas num gráfico que mostra a distribuição do teor de humidade no elemento [28].



Fig. 3.16 – Equipamento baseado no método microondas [28]

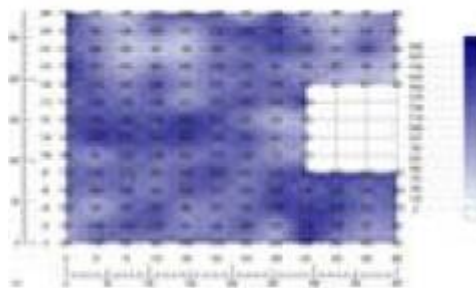


Fig. 3.17 – Distribuição dos valores obtidos num elemento [28]

À semelhança dos dois métodos descritos anteriormente, este método é bastante simples. No entanto apresenta custos elevados de equipamento e é necessário alguns cuidados na sua aplicação. Se a superfície se apresentar muito rugosa é necessário fazer várias medições e usar o valor médio, e não se deve aproximar-se dos limites do material pois a onda eletromagnética também se dispersa lateralmente [28].

3.3.2.6. Método TDR (Time Domain Reflectometry)

O equipamento TDR, que é constituído por um gerador de impulsos de alta frequência e um osciloscópio, está ligado através de um cabo coaxial a uma sonda, de comprimento conhecido (L), que por sua vez é inserida através de perfuração no elemento em estudo (podem ser feitas também medições superficiais). Os impulsos eletromagnéticos de alta frequência criam um campo entre as sondas e consequentemente no interior do elemento. A energia que não é dissipada no trajeto é refletida na extremidade da sonda e regressa ao recetor. Mede-se, então, o tempo decorrido (t) entre a emissão do sinal e a receção da sua reflexão [28].



Fig. 3.18 – Equipamento TDR e sondas [28]

É possível, depois, calcular o valor da constante dielétrica, que como vimos anteriormente, está relacionada com o teor de humidade dos materiais [28].

$$\epsilon = \left(\frac{c+t}{2L}\right)^2$$

Onde:

ϵ – Constante dielétrica do meio

c – Velocidade da luz ($3.0 \cdot 10^8$ m/s)

t – Tempo de percurso da onda eletromagnética (s)

L – Comprimento da sonda TDR (m)

Através do valor da constante dielétrica é possível tirar algumas conclusões acerca do teor de humidade presente no elemento. Existe uma fórmula empírica que apesar de ser válida para diversos

tipos de solos geralmente não é adequada para materiais de construção. O teor de humidade volúmico é calculado da seguinte forma:

$$\mu = -0.53 + 0.029\varepsilon - 5.5*10^{-4}*\varepsilon^2 + 4.3*10^{-6}*\varepsilon^3 \quad [28]$$

Este método in situ é de fácil execução mas apresenta custos elevados. Mostra-se bastante preciso pois os valores são pouco influenciados pela temperatura, pelo tipo de material, pela massa volúmica e pela condutibilidade elétrica [28].

3.3.2.7. Termografia

A termografia permite detetar anomalias que se manifestem através de variações de temperatura superficial, de uma forma rápida, à distância e sem destruir o elemento em estudo. É bastante útil para detetar zonas onde haja presença de humidade, visto que a presença de água num elemento faz com que a temperatura superficial dessa zona seja mais baixa, fazendo com que haja uma diferença entre a zona seca e a zona húmida. O equipamento capta a energia infravermelha emitida pelas superfícies e converte-a em sinais eletrónicos através de um detetor de infravermelhos internos [30].



Fig. 3.19 – Equipamento para termografia (unidade de deteção) [30]



Fig. 3.20 – Equipamento para termografia (unidade de controlo) [30]

É um método dispendioso mas de simples aplicação, no entanto a interpretação dos resultados pode levar a conclusões erradas, visto que este método não distingue a causa da variação da temperatura superficial, ou seja, não distingue, por exemplo, diferenças de temperatura devidas a pontes térmicas ou devidas à presença de humidade. Exige, pois, operadores de elevada qualificação [30].

Na Fig. 3.21 é possível verificar a presença de humidade num elemento construtivo usando termografia. Nesta imagem estão ilustrados os resultados de medições realizadas num estudo feito pelo Laboratório de Física das Construções do Instituto de Construção (LFC-IC) na Casa da Prelada no Porto.

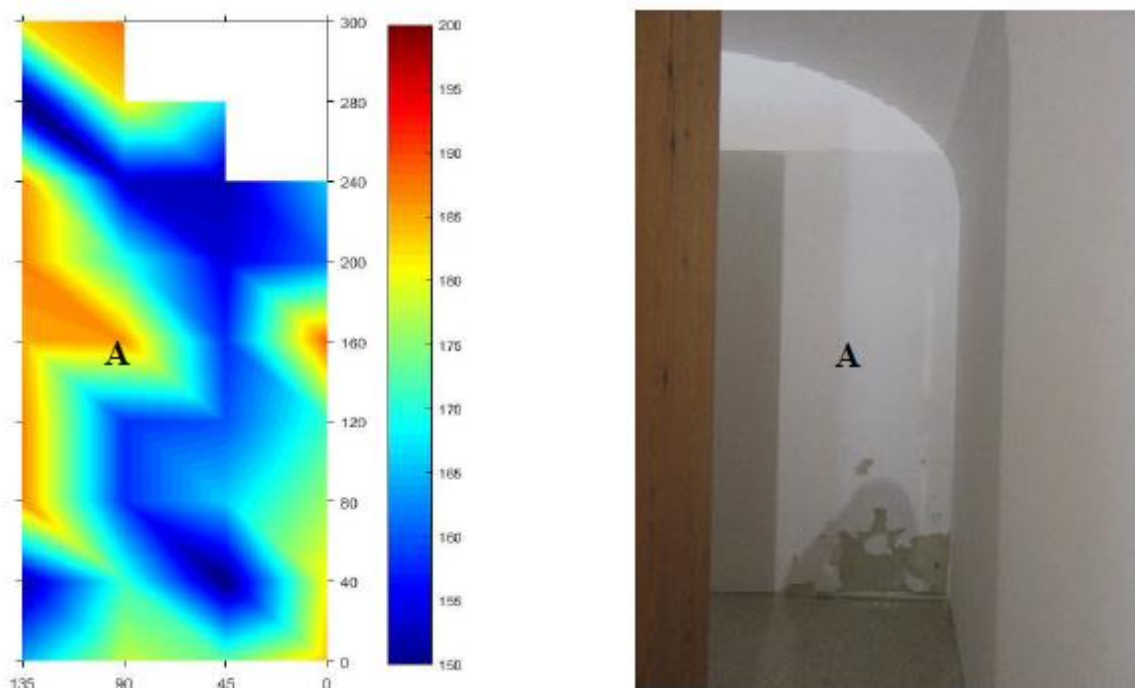


Fig. 3.21 – Mapeamento da humidade na zona de patologia numa parede e respetivo registo fotográfico [32]

3.3.2.8. Aparelho Baseado na Medição da Variação da Impedância dum Semicondutor

A partir da humidade relativa do ar em contacto com os elementos é possível medir o teor de humidade dos materiais. Através dum equipamento que possui uma cápsula permeável ao vapor de água com um semicondutor no seu interior, colocando-o em contacto com o elemento, ao fim de algum tempo a humidade relativa no interior da cápsula fica em equilíbrio com a humidade relativa exterior. Utilizando as curvas de adsorção-desadsorção do material em questão, para uma dada temperatura, é possível relacionar a humidade relativa com o respetivo teor de humidade do material [31]. Este método bastante adequado para materiais higroscópicos [28].

Na Fig. 3.22 é possível observar o equipamento que permite medir a humidade relativa e posteriormente relaciona-la com o teor de humidade do material.



Fig. 3.22 – Equipamento baseado na medição da variação da impedância dum semicondutor [28]

3.3.3. TÉCNICAS DESTRUTIVAS

3.3.3.1 Ensaio de permeabilidade ao vapor de água

O ensaio de permeabilidade ao vapor de água é um método experimental usado nos elementos de construção que se baseia na *Lei de Fick*. Consiste em colocar o provete entre dois ambientes com a mesma temperatura mas com pressões parciais de vapor de água diferentes, criando um gradiente de pressões entre as duas faces, originando um fluxo de vapor de água através do provete [27].

O provete é colocado no topo de uma tina de ensaio, e o conjunto é colocado numa câmara climática com temperatura de 23° e humidade relativa de 50%. O conjunto tina-provete é pesado periodicamente de modo a aferir a quantidade de vapor de água que se difunde ao longo do tempo através do provete [27].

Existem dois princípios de funcionamento, o método da tina seca, que permite caracterizar o comportamento dos materiais em ambientes com baixa humidade relativa, onde a transferência de água é principalmente devida a fenómenos de difusão de vapor, e o método da tina húmida, que permite caracterizar o comportamento dos materiais em ambientes com humidade relativa mais

elevada, onde os poros começam a ficar preenchidos com água, aumentando o transporte na fase líquida, e diminuindo o transporte na fase de vapor.

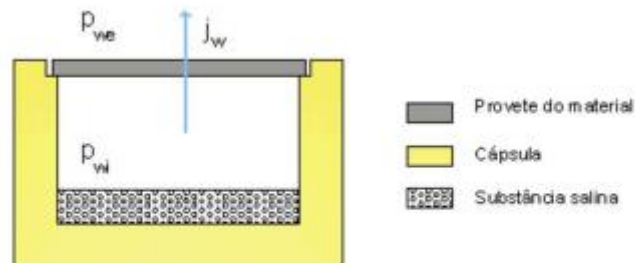


Fig. 3.23 - Ensaio de permeabilidade ao vapor de água [27]

No final do ensaio (quando as últimas três medições não variam) fica-se com um registo da massa em função do tempo.

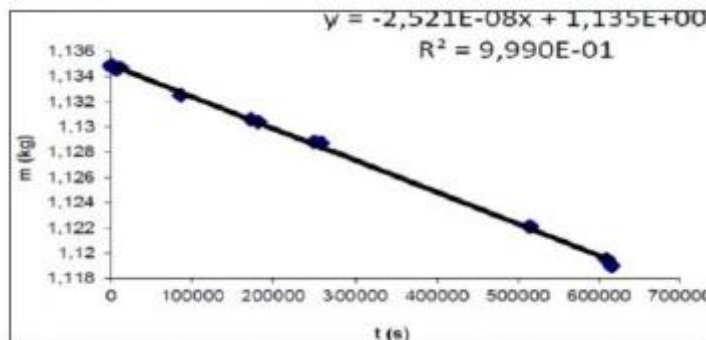


Fig. 3.24 - Variação da massa ao longo do ensaio de permeabilidade ao vapor de água [27]

Com o declive do gráfico calcula-se o valor da permeância ao vapor de água (W), a partir da qual se determina a permeabilidade ao vapor de água (δ) e o coeficiente de resistência à difusão ao vapor de água (μ) [27].

$$W = m / (A \times \Delta p)$$

$$\delta = W \times e$$

$$\mu = 1.94 \times 10^{-10} / (\delta \times e)$$

Onde:

e=espessura do provete (m)

m=declive da relação linear entre a massa e o tempo (Kg/s)

A =área do provete (m^2)

Δp_v =diferença entre a pressão de vapor exterior e interior (Pa)

De acordo com a EN 998-1 a permeabilidade ao vapor de água é expressa em termos do coeficiente de resistência à difusão de vapor de água (μ). Quanto menor for o valor de μ maior é a permeabilidade ao vapor de água [27].

Este método permite a confirmação de valores pré-definidos para alguns materiais e possibilita a determinação de valores para novos materiais. Os resultados são bastantes fiáveis. No entanto é um ensaio destrutivo, demorado e de grau de dificuldade considerável, exigindo várias medições no seu decorrer. É um método dispendioso e que requer a utilização de aparelhos específicos também de custos elevados. Outra limitação é o facto de não ser possível avaliar a permeabilidade da constituição completa do elemento construtivo [27].

3.3.3.2. Ensaio de variação dimensional com a humidade relativa

O ensaio de variação dimensional com a humidade relativa foi desenvolvido no Laboratório de Física das Construções da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Foi desenvolvido um protótipo que permite a recolha de dados automática de um conjunto de equipamentos de medida, reduzindo desta forma problemas de precisão e a dificuldade que existia na necessidade de leituras cíclicas [27].

Este ensaio é feito em laboratório, colocando um provete num tabuleiro de ensaio, e colocado o conjunto numa câmara climática. A temperatura e a humidade relativa no interior da câmara climática podem ser controladas através duma unidade de controlo [27].



Fig. 3.25 - Datalogger (direita) e protótipo ensaiado (esquerda) [27]

Os dados são registados através do datalogger e transferidos para um computador obtendo-se um gráfico que relaciona a variação dimensional com a humidade relativa e que podem ser lido em tempo real [27].

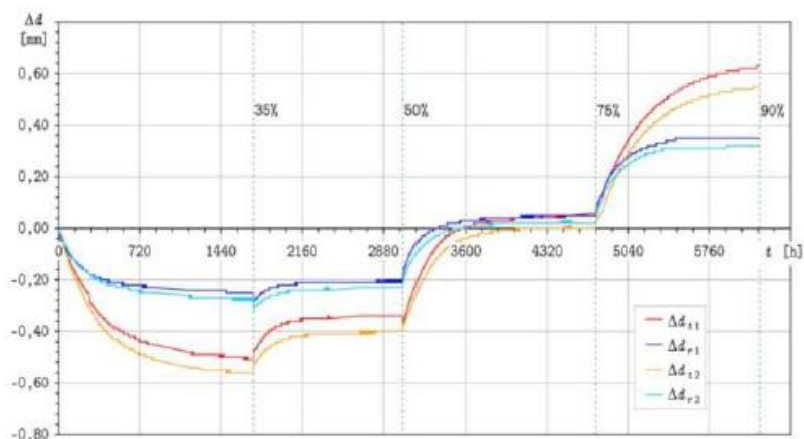


Fig. 3.26 - Gráfico obtido no ensaio de variação dimensional [27]

Após determinação dos parâmetros fundamentais do fenómeno da variação dimensional, que são as extensões hígricas, a humidade relativa do ambiente e o teor de humidade do provete obtém-se um ábaco semelhante ao da figura seguinte [27].

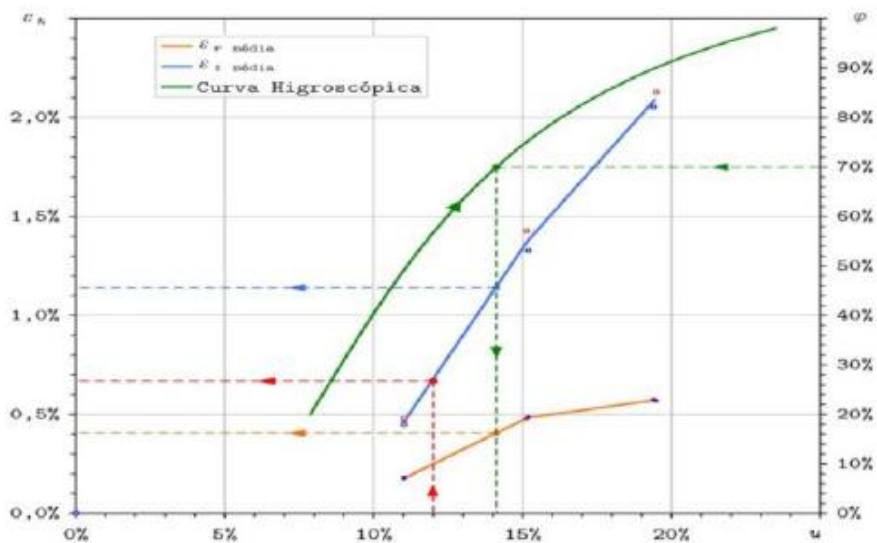


Fig. 3.27 - Ábaco obtido com os vários parâmetros do ensaio [27]

É um ensaio destrutivo, aplicável a qualquer elemento construtivo e apresenta um elevado custo e necessidade de técnicos especializados para operação do vasto conjunto de equipamentos necessário. Mostra também alguma dificuldade na comparação de valores de materiais que tenham comportamentos distintos consoante as direções (anisotrópicos) [27].

3.3.3.3. Técnicas de determinação do teor de sais – Kit de campo e fitas colorimétricas

Como já foi visto anteriormente no subcapítulo sobre as diferentes manifestações de humidade, as eflorescências são compostos cristalinos que se formam à superfície ou nas camadas internas dos

elementos construtivos, por ações físico-químicas possibilitadas pela presença de água. Para além de afetarem a aparência dos elementos podem originar a degradação dos materiais de construção. Esta técnica tem o objetivo de analisar de forma quantitativa ou semi quantitativa os sais provenientes de compostos existentes nas eflorescências que são solúveis em água, sendo utilizada *in situ* para detetar os sais mais comuns, os iões cloretos, nitratos e sulfatos [27].

Este requer a recolha duma amostra que é dissolvida em água destilada. Em fase posterior, é possível usar o kit de campo, onde se adiciona o reagente correspondente ao ião em análise e se utiliza o espectrofotómetro para determinar as concentrações por um processo colorimétrico, associado a diferentes comprimentos de onda, ou utilizar as fitas colorimétricas, procedendo-se à introdução da fita respetiva ao ião em análise na solução, comparando-se depois, por avaliação visual, com a escala de referência [27].

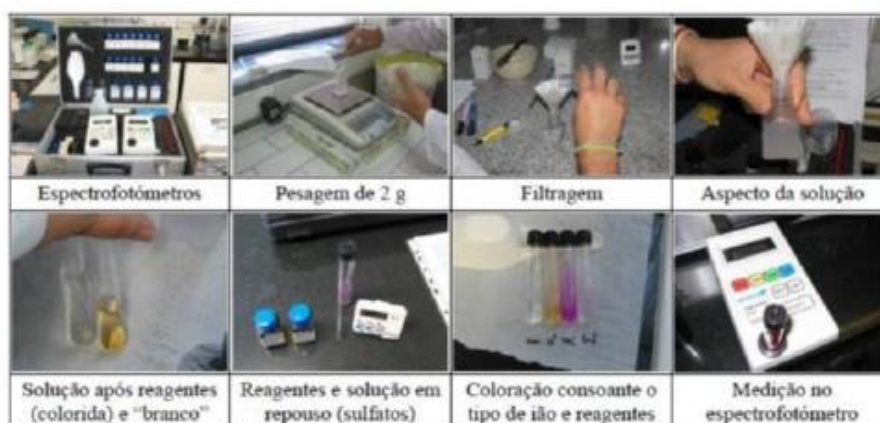


Fig. 3.28 - Kit de campo [27]



Fig. 3.29 - Fitas colorimétricas [27]

O kit de campo dá um valor de concentração para vários tipos de iões, no entanto não existe um valor de referência para a concentração máxima de cloretos, sulfatos e nitratos em argamassas, pelo que se considera este método como um método comparativo. Para interpretação dos resultados pode ser determinado o coeficiente de variação e comparadas as escalas obtidas para várias determinações no mesmo material analisado [27].

As fitas colorimétricas fornecem uma gama de valores para cada ião analisado sendo este método incluído nos métodos intervalares.

Segundo o estudo “*Flores-Colen, I. ; Brito, J. ; Freitas, VP. - Ensaio in situ e em laboratório para caracterização do desempenho em serviço de rebocos pré-doseados aplicados em fachadas de*

edifícios correntes” é possível estabelecer alguns parâmetros de referência para o teor de sais em argamassas pré-doseadas usadas em rebocos exteriores [27].

Tabela 3.1 - Níveis de concentração aceitáveis para diferentes sais [27]

Parâmetros em serviço	Critérios	Unidades
Concentração de cloretos [Cl ⁻]	$50 \leq [\text{Cl}^-] \leq 300$	mg/kg
Concentração de nitratos [NO ₃ ⁻]	$75 \leq [\text{NO}_3^-] \leq 500$	mg/kg
Concentração de sulfatos [SO ₄ ²⁻]	$1000 \leq [\text{SO}_4^{2-}] \leq 5000$	mg/kg
Concentração total de sais	$1125 \leq \sum_{\text{sais}}^{(\text{C+N+S})} \leq 5800$	mg/kg

Este é um método bastante expedito, com um grau de fiabilidade muito aceitável e um custo reduzido, podendo ser utilizado em paredes interiores e exteriores, pavimentos, tetos e pavimentos em contacto com o terreno. A grande limitação deste método é facto de que para além de ser destrutivo, requer a extração de amostras em pó a profundidades distintas, e consequentemente exige uma reparação superficial do elemento construtivo em questão [27].

3.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO 3

De modo a sintetizar as informações apresentadas neste capítulo foram realizadas duas tabelas. A primeira, respeitante às formas de manifestação, relaciona as próprias formas de manifestação de humidade com as anomalias e sintomas com maior predominância para cada uma delas. Na segunda tabela, respeitante às técnicas diagnóstico das diferentes manifestações de humidade, são apresentadas informações respeitantes a cada técnica, tais como os parâmetros avaliados, o custo associado, os elementos construtivos em que pode ser utilizada, a respetiva dificuldade de operação, entre outros. Convém referir que estas tabelas foram elaboradas com base no conhecimento adquirido na realização deste capítulo, pelo que devem ser analisadas e avaliadas para estudos específicos.

Tabela 3.2 – Quadro síntese que relaciona as formas de manifestação de humidade com as anomalias com maior predominância para cada uma das formas de manifestação mencionadas

Formas de Manifestação	Anomalias				
	<i>Destacamento e/ou degradação de materiais e revestimento</i>	<i>Machas de humidade</i>	<i>Eflorescências e criptoflorescências</i>	<i>Manchas de bolor</i>	<i>Condensações superficiais (formação de gotas de água)</i>
Infiltração	x	x	x	x	
Fugas nas canalizações	x	x	x		
Humidade ascensional	x	x	x		
Condensações superficiais		x		x	x
Condensações internas		x		x	
Higroscopicidade		x		x	x
Humidade na construção		x		x	x

Tabela 3.3 - Quadro síntese das técnicas diagnóstico das diferentes manifestações de humidade

Técnicas diagnóstico das diferentes manifestações de humidade	Parâmetros avaliados	Elementos construtivos em que pode ser utilizada	Dificuldade	Custo associado	Destrutiva/Não destrutiva	Laboratório/in situ
Ensaio de absorção de água sob baixa pressão – Tubos de Karsten	$C_{\text{absorção}}$ A_{fachada}	Fachadas	Baixa	Muito Baixo	Não destrutiva	Laboratório/in situ
Técnicas de registo e monitorização das condições higrotérmicas	θ_{si} θ_{s} HR	Pavimentos térreos Fachadas Paredes interiores Pavimentos Tetos Coberturas	Baixa	Baixo	Não destrutiva	in situ
Método baseado na resistência elétrica	Teor de humidade	Pavimentos térreos Fachadas Paredes interiores Pavimentos Tetos Coberturas	Baixa	Baixo	Não destrutivo	in situ
Método baseado na constante dielétrica	Teor de humidade	Pavimentos térreos Fachadas Paredes interiores Pavimentos Tetos Coberturas	Baixa	Baixo	Não destrutivo	in situ
Microondas	Teor de humidade	Pavimentos térreos Fachadas Paredes interiores Pavimentos Tetos Coberturas	Baixa	Elevado	Não destrutivo	in situ
TDR	Teor de humidade	Pavimentos térreos Fachadas Paredes interiores Pavimentos Tetos Coberturas	Baixa	Elevado	Não destrutivo	in situ
Termografia	Teor de humidade	Pavimentos térreos Fachadas Paredes interiores Pavimentos Tetos Coberturas	Elevada	Elevado	Não destrutivo	Laboratório /in situ
Medição da Variação da Impedância dum semicondutor	Teor de humidade	Pavimentos térreos Fachadas Paredes interiores Pavimentos Tetos Coberturas	Média	Baixo	Não destrutivo	in situ
Ensaio de permeabilidade ao vapor de água	μ δ W	Pavimentos térreos Fachadas Paredes interiores Pavimentos Tetos Coberturas	Média	Médio	Destrutiva	Laboratório
Ensaio da variação dimensional com a humidade relativa	Δd (relacionado com HR) $\epsilon_{\text{médias}}$ Curva higroscópica	Pavimentos térreos Fachadas Paredes interiores Pavimentos Tetos Coberturas	Elevada	Elevado	Destrutiva	Laboratório
Técnicas de determinação do teor de sais – Kit de campo e fitas colorimétricas	Concentração de sais na amostra recolhida	Pavimentos térreos Fachadas Paredes interiores Pavimentos Tetos	Baixa	Muito baixo	Destrutiva	in situ

4

PROPOSTA DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FACE À HUMIDADE DE EDIFÍCIOS COM VALOR PATRIMONIAL

4.1. NOTA INTRODUTÓRIA

De acordo com o verificado no estudo do estado da arte, em Portugal existem pelo menos 4716 edifícios classificados, do património cultural e edificado, pelo que se justifica o desenvolvimento de uma metodologia que nos permita ter um conhecimento geral do comportamento face à humidade destes edifícios.

O objetivo deste capítulo é a descrição de uma proposta de metodologia de avaliação do comportamento face à humidade de edifícios com valor patrimonial, sob a forma de um inquérito, que se caracteriza por ser de simples aplicação e na ótica do utilizador. Pretende-se que esta metodologia seja aplicada pelas entidades gestoras destes edifícios com o objetivo de termos um conhecimento geral do comportamento face à humidade do nosso património edificado, numa fase prévia a um estudo de diagnóstico, permitindo definir prioridades.

O inquérito está dividido em três secções principais:

1. Identificação, informações gerais do Edifício e Responsável pela Gestão
2. Avaliação por observação visual de manifestações de humidade por compartimento
3. Quantificação do Índice de Condicionamento da Utilização face à humidade do Edifício - I_{humidade}

A primeira secção é respeitante ao edifício e ao responsável pela gestão, onde são recolhidas algumas informações com o objetivo principal de identificação de ambos e caracterização do edifício em análise. Na segunda secção é feita a avaliação por observação visual do edifício, mediante a selecção de opções respeitantes a possíveis manifestações de humidade existentes. Esta secção encontra-se dividida por compartimentos, e cada compartimento será dividido em elementos construtivos (pavimento, teto e paredes). Na terceira secção é feita a quantificação do comportamento face à humidade do edifício, onde são inicialmente apresentados os fatores, pesos e fórmulas que vão ser usados nas folhas de cálculo que irão permitir quantificar o comportamento face á humidade do edifício, traduzido num Índice de Condicionamento da Utilização face à Humidade do Edifício (I_{humidade}).

4.2. ESTRUTURA DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FACE À HUMIDADE DE EDIFÍCIOS COM VALOR PATRIMONIAL

Neste subcapítulo irá ser apresentado, de forma detalhada, a metodologia de avaliação proposta e justificados todos os fatores, pesos e fórmulas usados na quantificação do I_{humidade} . O I_{humidade} vai representar o quão condicionada está a utilização do edifício relativamente a problemas de humidade, pelo que, quanto maior for o I_{humidade} , mais manifestações de humidade afetam o edifício. Como já foi referido anteriormente, a metodologia proposta está dividida em três secções principais, e cada secção será dividida em campos.

4.2.1. IDENTIFICAÇÃO, INFORMAÇÕES GERAIS DO EDIFÍCIO E RESPONSÁVEL PELA GESTÃO

Nesta secção irão ser registadas informações respeitantes ao edifício em avaliação e ao responsável pela gestão do mesmo. Relativamente ao edifício, cujo campo respetivo está ilustrado na Fig. 4.1, começar-se-á pela sua designação, seguindo-se algumas informações relativas à sua localização, tais como Concelho, Freguesia e Endereço. Outras informações a serem registadas serão respeitantes à sua utilização, protecção, ano de construção e dados sobre a última intervenção, se existentes. Será possível também anexar uma foto do edifício. No final deste campo haverá uma questão sobre o número de compartimentos existentes no edifício em análise. Esta informação vai ser útil na medida em que, visto que a avaliação por observação visual é feita por compartimento, iremos ficar a saber quantas páginas serão necessárias para preenchimento das opções relativas às anomalias.

1. Edifício				
Designação do Edifício _____	Foto			
Concelho _____				
Freguesia _____				
Endereço _____				
Utilização _____				
Proteção	Monumento Nacional <input type="checkbox"/>	Interesse Público <input type="checkbox"/>	Interesse Municipal <input type="checkbox"/>	Não classificado <input type="checkbox"/>
Ano de construção _____				
Dados sobre última intervenção _____				
Número de compartimentos _____				

Fig. 4.1 – Campo destinado a informações para identificação e caracterização do Edifício em avaliação

Na Fig. 4.2 está ilustrado o campo onde vão ser registadas as informações relativas à Entidade responsável pela gestão. Inicialmente regista-se se a entidade é pública ou privada, seguindo-se a designação da mesma e informações de contacto (telemóvel/telefone e e-mail).

2. Responsável pela Gestão	
<input type="checkbox"/> Público	<input type="checkbox"/> Privado
<i>Entidade</i> _____	
<i>Telemóvel/Telefone</i> _____	
<i>E-mail</i> _____	

Fig. 4.2 – Campo destinado a informações para identificação da Entidade responsável pela gestão

A recolha de informação relativa ao responsável pela gestão, no caso de uma futura aplicação massiva desta metodologia, pode funcionar como um observatório sobre quem tutela os edifícios com valor patrimonial em Portugal, o que seria bastante útil e interessante.

4.2.2. AVALIAÇÃO POR OBSERVAÇÃO VISUAL DE MANIFESTAÇÕES DE HUMIDADE POR COMPARTIMENTO

Esta secção tem como objetivo realizar uma avaliação por observação visual de manifestações de humidade de cada compartimento. Inicialmente será identificado o compartimento e registada a área do pavimento, como podemos observar no campo ilustrado na Fig. 4.3.

Compartimento nº _____	
<i>Área de Pavimento – A_p [m^2]</i>	
$A_p < 10$ - <i>Pequeno</i>	<input type="checkbox"/>
$10 \leq A_p < 50$ - <i>Médio</i>	<input type="checkbox"/>
$50 \leq A_p < 150$ - <i>Grande</i>	<input type="checkbox"/>
$150 \leq A_p < 400$ - <i>Muito Grande</i>	<input type="checkbox"/>
$A_p \geq 400$ - <i>Extremamente Grande</i>	<input type="checkbox"/>

Fig. 4.3 – Campo destinado a identificação do compartimento e registo da área de pavimento

De modo a simplificar a medição da área do pavimento, foram escolhidos intervalos de área. Acredita-se que é possível ter uma noção do intervalo da área dum compartimento sem ser necessário o uso de instrumentos de medição precisos, simplificando desta forma a aplicação deste modelo.

Antes de se passar à seleção das opções respeitantes às manifestações de humidade existentes em cada compartimento, é apresentado um campo com uma legenda de classificação das manifestações de humidade, ilustrado na Fig 4.4.

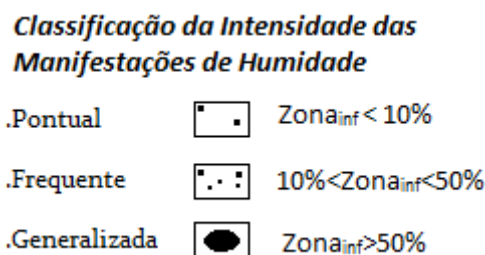


Fig. 4.4 – Campo referente à classificação da intensidade das manifestações de humidade

É com base nesta classificação que a intensidade das manifestações de humidade existentes em cada compartimento vai ser avaliada. Quando existe uma manifestação de humidade pontual, como podemos observar na Fig. 4.4, significa que em dado elemento construtivo, a sua zona de influência representa menos de 10% da área do elemento. Relativamente às manifestações de humidade frequentes, estas já representam uma zona de influência entre os 10% e os 50% da área do elemento em causa. As manifestações de humidade generalizadas serão aquelas que abrangem uma área significativa do elemento construtivo, representado mais de 50% da área do elemento.

A fase que se segue é a seleção das manifestações de humidade, quando existentes, em cada elemento construtivo de cada compartimento, e respetivas intensidades, começando pelo pavimento e pelo teto, cujos campos estão representados nas Fig. 4.5 e Fig. 4.6, respetivamente.

1. Pavimento			
<i>Manifestações de Humidade</i>	<i>Intensidade das Manifestações de Humidade</i>		
<i>Selecione uma ou mais opções</i>	Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolors <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre") <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 4.5 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades no pavimento de um compartimento

2. Teto			
<i>Manifestações de Humidade</i>	<i>Intensidade das Manifestações de Humidade</i>		
<i>Selecione uma ou mais opções</i>	Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre") <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 4.6 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades no teto de um compartimento

As manifestações de humidade escolhidas para seleção foram manchas de humidade, bolores e manchas de cor branca (salitre em linguagem corrente), estas últimas representativas do fenómeno das eflorescências. A razão pela qual se optou apenas por estas manifestações foi devido ao facto de serem as mais comuns e de mais fácil deteção.

Concluindo-se esta fase, segue-se a análise das paredes do compartimento. Devido à possibilidade de existência de várias paredes num dado compartimento, são disponibilizados trinta campos para paredes, cada um respeitante a uma parede. Só serão preenchidos o número de campos de acordo com o número de paredes que haja no compartimento em análise. Na Fig. 4.7 e Fig. 4.8 estão ilustrados os campos referentes à Parede 1 e Parede 30 de um dado compartimento, respetivamente.

3. Paredes			
<i>Manifestações de Humidade</i>	<i>Intensidade das Manifestações de Humidade</i>		
<i>Parede 1</i>			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>	Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre") <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 4.7 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 1 de um compartimento

Parede 30				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>		Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 4.8 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 30 de um compartimento

No final da fase dedicada à seleção das manifestações de humidade respeitantes às paredes, haverá um campo, ilustrado na Fig. 4.9, onde a pessoa responsável pela aplicação do modelo, poderá fazer uma representação esquemática da planta do compartimento, identificando as paredes que analisou. Esta representação esquemática deverá ser feita à mão e em estilo de esboço.

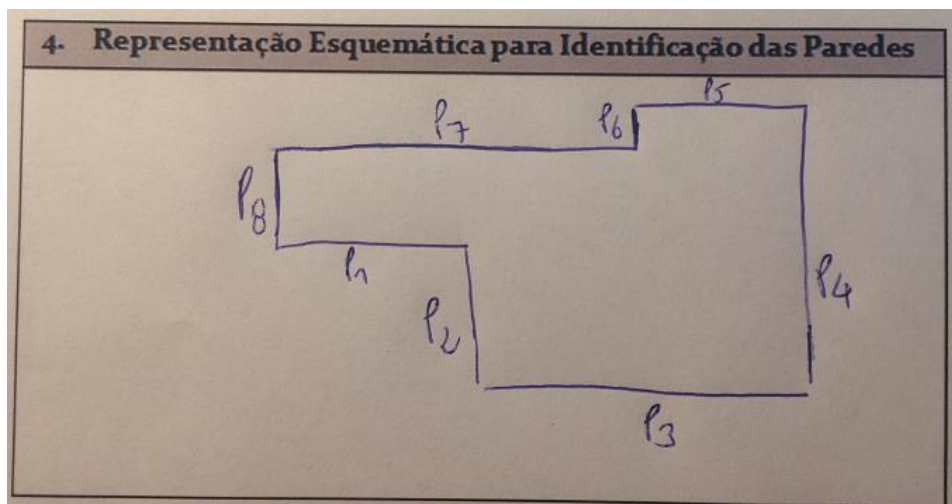


Fig. 4.9 – Campo destinado à representação esquemática para identificação das paredes

Para concluir esta secção surge um último campo relacionado com as condições de utilização do compartimento face aos problemas de humidade existentes. Deverá ser selecionada uma das quatro opções disponíveis. Este campo está representado na Fig. 4.10.

5. Condições de Utilização do Compartimento face à humidade			
Utilização impedida	<input type="checkbox"/>	Utilização condicionada	<input type="checkbox"/>
Utilizável	<input type="checkbox"/>	Sem problemas	<input type="checkbox"/>

Fig. 4.10 – Campo destinado à seleção das Condições de utilização do compartimento face à humidade

4.2.3. QUANTIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONDICIONAMENTO DA UTILIZAÇÃO FACE À HUMIDADE - I_{HUMIDADE}

Nesta secção serão, inicialmente, apresentados os fatores e pesos da equação que irá permitir quantificar o I_{humidade} , seguindo-se a quantificação do I_{humidade} . Como já foi referido, o I_{humidade} , representa o comportamento do edifício face à humidade, e está compreendido entre os valores de 0 e 1, sendo que o valor 0 representa um muito bom comportamento, e o valor 1 significa que o comportamento é péssimo.

Primeiramente, nesta secção, é apresentado um campo onde estão representados os fatores e pesos da fórmula que irá permitir quantificar o I_{humidade} . Este campo está representado na Fig. 4.11.

1. Fatores e Pesos		
<i>Fatores referentes às intensidades das manifestações de humidade - $I_{\text{manifestação}}$</i>	<i>Fatores referentes às condições de utilização - $I_{\text{utilização compartimento i}}$</i>	<i>Pesos referentes à $A_{\text{pavimento}}$ - $P_{\text{área pavimento i}}$</i>
.Pontual <i>0.10</i>	. Utilização Impedida <i>0.90</i>	$A_p < 10$ <i>1</i>
.Frequente <i>0.50</i>	. Utilização Condicionada <i>0.50</i>	$10 \leq A_p < 50$ <i>3</i>
.Generalizada <i>0.90</i>	. Utilizável <i>0.10</i>	$50 \leq A_p < 150$ <i>10</i>
	. Sem Problemas <i>0</i>	$150 \leq A_p < 400$ <i>28</i>
		$A_p \geq 400$ <i>40</i>

Fig. 4.11 – Campo destinado aos fatores e pesos da fórmula para quantificação do I_{humidade}

Como podemos ver na Fig. 4.11, se a intensidade de uma dada manifestação for classificada como pontual, esta terá um fator ($I_{\text{manifestação}}$) de 0.1, quando uma manifestação é classificada como de intensidade “Frequente” irá assumir um fator ($I_{\text{manifestação}}$) de 0.50, e quando uma manifestação é classificada como de intensidade “generalizada” terá um fator ($I_{\text{manifestação}}$) de 0.90.

A segunda parte deste campo é referente ao Índice de utilização do compartimento ($I_{\text{utilização compartimento}}$). Este fator vai assumir o valor correspondente à opção que foi seleccionada no campo “Condições de Utilização do Compartimento face à Humidade”, da secção 2, e os valores estão representados na Fig. 4.11.

Estes fatores são uma representação qualitativa das respetivas intensidades das manifestações, e das condições de utilização dos compartimentos, pelo que devem ser, no futuro, objeto de avaliação e estudos específicos.

O fator de ponderação de cada compartimento na quantificação do I_{humidade} do edifício vai ser a sua área de pavimento. Assumiu-se que quanto maior for a área de pavimento de um dado compartimento, mais influência na classificação final do edifício irá ter esse mesmo compartimento. Os valores dos pesos das áreas dos compartimentos ($P_{\text{área pavimento}}$) estão representados na terceira coluna da Fig. 4.11. Estes valores, arredondados à unidade, foram escolhidos usando uma proporção entre as áreas médias de cada intervalo de área, à exceção do primeiro e do último, em que se assumiu, para esses intervalos, uma área de 10m² e 400m², respetivamente. Desta forma, para cada um dos intervalos de área acima referidos, temos:

- . $10\text{m}^2 - P_{\text{area pavimento}} = 10/10 = 1$
- . $30\text{m}^2 - P_{\text{area pavimento}} = 30/10 = 3$
- . $100\text{m}^2 - P_{\text{area pavimento}} = 100/10 = 10$
- . $275\text{m}^2 - P_{\text{area pavimento}} = 275/10 = 28$
- . $400\text{m}^2 - P_{\text{area pavimento}} = 400/10 = 40$

A quantificação do I_{humidade} vai ser realizada em 3 níveis distintos. No primeiro nível (nível dos elementos) serão quantificados os Índices de Condicionamento da Utilização face à Humidade dos elementos construtivos ($I_{\text{elemento},i}$) do compartimento em análise, que representam o comportamento de cada elemento construtivo face à humidade, estão compreendidos entre os valores de 0 e 1, e podem ser referentes ao pavimento ($I_{\text{pavimento}}$), ao teto (I_{teto}), e às paredes (I_{parede}). Os campos da equação e da respetiva folha de cálculo para a quantificação dos $I_{\text{elemento},i}$ estão ilustradas na Fig. 4.12 e Fig. 4.13, respetivamente.

2. Equações para Quantificação do I_{humidade}

$I_{\text{elemento},i} = I_{\text{manifestação[mais elevado]}} + (0.055 I_{\text{manifestação}} + 0.055 I_{\text{manifestação}}) \leq 1$

$$I_{\text{global,paredes},i} = \frac{\sum_{i=1}^y I_{\text{parede},i}}{y}$$

Nota:

No caso da não existência de uma manifestação num dado elemento, o seu $I_{\text{manifestação}}$ tomará o valor de zero

$I_{\text{compartimento},i} = [I_{\text{global,paredes},i} * 0.6 + I_{\text{pavimento},i} * 0.2 + I_{\text{teto},i} * 0.2] * 0.3 + I_{\text{utilização,compartimento},i} * 0.7$

$$I_{\text{humidade}} = \frac{\sum_{i=1}^z (P_{\text{area pavimento},i} * I_{\text{compartimento},i})}{\sum_{i=1}^z P_{\text{area pavimento},i}} \in [0; 1]$$

Fig. 4.12 – Campo referente à equação para quantificação dos $I_{\text{elemento},i}$

3. Folha de Cálculo dos $I_{\text{compartimento},i}$		
Compartimento n° _____		
$I_{\text{pavimento}} = + (0.055 * I_{\text{pavimento}} - 0.055 * I_{\text{pavimento}}) =$	$I_{\text{paredes 1}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 1}} - 0.055 * I_{\text{paredes 1}}) =$	$I_{\text{paredes 2}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 2}} - 0.055 * I_{\text{paredes 2}}) =$
$I_{\text{teto}} = + (0.055 * I_{\text{teto}} - 0.055 * I_{\text{teto}}) =$	$I_{\text{paredes 3}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 3}} - 0.055 * I_{\text{paredes 3}}) =$	$I_{\text{paredes 4}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 4}} - 0.055 * I_{\text{paredes 4}}) =$
$I_{\text{paredes 5}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 5}} - 0.055 * I_{\text{paredes 5}}) =$	$I_{\text{paredes 6}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 6}} - 0.055 * I_{\text{paredes 6}}) =$	$I_{\text{paredes 7}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 7}} - 0.055 * I_{\text{paredes 7}}) =$
$I_{\text{paredes 8}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 8}} - 0.055 * I_{\text{paredes 8}}) =$	$I_{\text{paredes 9}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 9}} - 0.055 * I_{\text{paredes 9}}) =$	$I_{\text{paredes 10}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 10}} - 0.055 * I_{\text{paredes 10}}) =$
$I_{\text{paredes 11}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 11}} - 0.055 * I_{\text{paredes 11}}) =$	$I_{\text{paredes 12}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 12}} - 0.055 * I_{\text{paredes 12}}) =$	$I_{\text{paredes 13}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 13}} - 0.055 * I_{\text{paredes 13}}) =$
$I_{\text{paredes 14}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 14}} - 0.055 * I_{\text{paredes 14}}) =$	$I_{\text{paredes 15}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 15}} - 0.055 * I_{\text{paredes 15}}) =$	$I_{\text{paredes 16}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 16}} - 0.055 * I_{\text{paredes 16}}) =$
$I_{\text{paredes 17}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 17}} - 0.055 * I_{\text{paredes 17}}) =$	$I_{\text{paredes 18}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 18}} - 0.055 * I_{\text{paredes 18}}) =$	$I_{\text{paredes 19}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 19}} - 0.055 * I_{\text{paredes 19}}) =$
$I_{\text{paredes 20}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 20}} - 0.055 * I_{\text{paredes 20}}) =$	$I_{\text{paredes 21}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 21}} - 0.055 * I_{\text{paredes 21}}) =$	$I_{\text{paredes 22}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 22}} - 0.055 * I_{\text{paredes 22}}) =$
$I_{\text{paredes 23}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 23}} - 0.055 * I_{\text{paredes 23}}) =$	$I_{\text{paredes 24}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 24}} - 0.055 * I_{\text{paredes 24}}) =$	$I_{\text{paredes 25}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 25}} - 0.055 * I_{\text{paredes 25}}) =$
$I_{\text{paredes 26}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 26}} - 0.055 * I_{\text{paredes 26}}) =$	$I_{\text{paredes 27}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 27}} - 0.055 * I_{\text{paredes 27}}) =$	$I_{\text{paredes 28}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 28}} - 0.055 * I_{\text{paredes 28}}) =$
$I_{\text{paredes 29}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 29}} - 0.055 * I_{\text{paredes 29}}) =$	$I_{\text{paredes 30}} = + (0.055 * I_{\text{paredes 30}} - 0.055 * I_{\text{paredes 30}}) =$	
$I_{\text{global,paredes}} = \text{_____} =$		
$I_{\text{compartimento}} = [\quad * 0.6 + \quad * 0.2 + \quad * 0.2] * 0.3 + \quad * 0.7 = \square$		

Fig. 4.13 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação dos $I_{\text{elemento},i}$

Como podemos verificar na Fig. 4.12 a quantificação dos $I_{\text{elemento},i}$ resulta da soma de duas parcelas. A primeira parcela - $I_{\text{manifestação}}$ [mais elevado] - irá assumir o valor do $I_{\text{manifestação}}$ mais elevado existente no elemento construtivo em causa. A segunda parcela - $(0.055I_{\text{manifestação}} + 0.055I_{\text{manifestação}})$ - representa um agravamento da situação, no caso da existência de mais que um tipo de manifestação de humidade no elemento construtivo em causa. Sabendo que no pior cenário o I_{humidade} assumirá um valor de 0.9, e que o I_{elemento} terá que ser sempre inferior à unidade, foram escolhidos os valores de ponderação de 0.055 para cada uma das manifestações adicionais, de modo a que a soma das duas parcelas, no pior cenário (três manifestações de humidade diferentes no elemento construtivo em análise, com $I_{\text{manifestação}}$ de 0.9 cada uma) seja igual à unidade. Com estes valores de ponderação, e por uma questão de simplificação, assume-se também, que todas as manifestações têm o mesmo peso na quantificação dos $I_{\text{elemento},i}$. No caso das paredes, depois de se quantificar o $I_{\text{elemento},i}$ de cada parede, terá que se quantificar o Índice de Condicionamento da Utilização face à Humidade Global das Paredes ($I_{\text{global,paredes},i}$), fazendo a média dos $I_{\text{elemento},i}$ de cada parede, como podemos verificar na Fig. 4.12.

Analisando a Fig. 4.13 podemos verificar que no canto superior esquerdo do campo referente à folha de cálculo podemos identificar o compartimento em análise, indicando o seu número identificativo. Na folha de cálculo já estão apresentadas todas as fórmulas necessárias à quantificação dos I_{elemento} , sendo só necessário colocar os valores referentes aos $I_{\text{manifestação}}$ e, de uma forma direta, quantificar os I_{elemento} ($I_{\text{pavimento}}$, I_{teto} , I_{paredes} e $I_{\text{global,paredes}}$).

No segundo nível (nível dos compartimentos), depois de quantificados todos os $I_{\text{elemento},i}$, passamos à quantificação do Índice de Condicionamento da Utilização face à Humidade do Compartimento ($I_{\text{compartimento},i}$), que representa o comportamento do compartimento em análise face à humidade e que também está compreendido entre os valores de 0 e 1. Os campos referentes à equação e folha de cálculo para quantificação do $I_{\text{compartimento}}$ estão ilustrados na Fig 4.14 e Fig. 4.15, respetivamente.

2. Equações para Quantificação do I_{humidade}	
$I_{\text{elemento},i} = I_{\text{manifestação(mais elevado)}} + (0.055 I_{\text{manifestação}} + 0.055 I_{\text{manifestação}}) \leq 1$	<p>Nota: No caso da não existência de uma manifestação num dado elemento, o seu $I_{\text{manifestação}}$ tomará o valor de zero</p>
$I_{\text{global,paredes},i} = \frac{\sum_{i=1}^y I_{\text{parede},i}}{y}$	
$I_{\text{compartimento},i} = [I_{\text{global,paredes},i} * 0.6 + I_{\text{pavimento},i} * 0.2 + I_{\text{teto},i} * 0.2] * 0.3 + I_{\text{utilização,compartimento},i} * 0.7$	
$I_{\text{humidade}} = \frac{\sum_{i=1}^z (\text{Parea pavimento},i * I_{\text{compartimento},i})}{\sum_{i=1}^z \text{Parea pavimento},i} \in [0 ; 1]$	

Fig. 4.14 – Campo referente à equação para quantificação do $I_{\text{compartimento}}$

3. Folha de Cálculo dos $I_{\text{compartimento},i}$		
Compartimento n° _____		
$I_{\text{pavimento}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	
$I_{\text{teto}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	
$I_{\text{parede 1}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 3}} =$
$I_{\text{parede 2}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 4}} =$
$I_{\text{parede 5}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 7}} =$
$I_{\text{parede 6}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 8}} =$
$I_{\text{parede 11}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 13}} =$
$I_{\text{parede 12}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 14}} =$
$I_{\text{parede 17}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 19}} =$
$I_{\text{parede 18}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 20}} =$
$I_{\text{parede 23}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 25}} =$
$I_{\text{parede 24}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 26}} =$
$I_{\text{parede 29}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 30}} =$
$I_{\text{parede 9}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 10}} =$
$I_{\text{parede 15}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 16}} =$
$I_{\text{parede 21}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 22}} =$
$I_{\text{parede 27}} =$	$+(0.055* \quad +0.055* \quad) =$	$I_{\text{parede 28}} =$
$I_{\text{global,paredes}} =$ _____		
$I_{\text{compartimento}} = [\quad *0.6 + \quad *0.2 + \quad *0.2] * 0.3 + \quad *0.7 =$		

Fig. 4.15 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação do $I_{\text{compartimento}}$

Analisando a Fig. 4.14 verificamos que a quantificação do $I_{\text{compartimento}}$ é composta por duas parcelas. A primeira – $[I_{\text{global,paredes}}*0.6 + I_{\text{pavimento},i}*0.2 + I_{\text{teto},i}*0.2]$ – é referente aos $I_{\text{elementos}}$, onde é feita uma média ponderada dos $I_{\text{elementos}}$ do compartimento. Estes fatores de ponderação foram escolhidos assumindo que as paredes representam 60% da área total dum compartimento, enquanto que o pavimento e o teto representam 20% cada um. É certo que são valores aproximados, e que variam de compartimento para compartimento, mas mais uma vez, por questões de simplificação e para evitar medições de áreas dos elementos, assumiram-se estes pesos. A segunda parcela da quantificação do $I_{\text{compartimento},i} - I_{\text{utilização,compartimento}}$ – é referente às condições de utilização do compartimento, assumindo o valor do próprio $I_{\text{utilização,compartimento}}$. Para a quantificação do $I_{\text{compartimento},i}$ será feita uma média ponderada destas duas parcelas descritas anteriormente. Os fatores de ponderação assumidos foram 30% para a primeira parcela e 70% para a segunda. Com estes valores pretende-se dar um peso maior às condições de utilização entendidas pelo utilizador (quando na secção 2 responde ao campo “Condições de Utilização do Compartimento Face à Humidade) do que propriamente às possíveis manifestações existentes.

Na Fig. 4.15, referente ao campo da folha de cálculo do $I_{\text{compartimento}}$, podemos ver a equação que permite a quantificação do $I_{\text{compartimento}}$ apresentada, sendo só necessário preencher os valores referentes aos $I_{\text{global,paredes}}$, $I_{\text{pavimento},i}$, $I_{\text{teto},i}$ e $I_{\text{utilização,compartimento}}$, quantificados anteriormente, e de forma direta, quantificar o $I_{\text{compartimento},i}$. Haverá uma folha de cálculo para cada compartimento existente.

Estes dois níveis descritos anteriormente vão ser repetidos para todos os compartimentos existentes no edifício, de modo a termos todos os $I_{compartimento,i}$ quantificados.

No terceiro nível (nível do edifício), depois de termos todos os $I_{compartimento,i}$ quantificados, passaremos então à quantificação do $I_{humidade}$. Os campos referentes à equação e folha de cálculo que permitem a quantificação do $I_{humidade}$ estão ilustrados na Fig. 4.16 e Fig. 4.17, respectivamente.

2. Equações para Quantificação do $I_{humidade}$

$I_{elemento,i} = I_{manifestação(mais\ elevado)} + (0.055 I_{manifestação} + 0.055 I_{manifestação}) \leq 1$

$I_{global,paredes,i} = \frac{\sum_{i=1}^y I_{parede,i}}{y}$

$I_{compartimento,i} = [I_{global,paredes,i} * 0.6 + I_{pavimento,i} * 0.2 + I_{teto,i} * 0.2] * 0.3 + I_{utilização,compartimento,i} * 0.7$

$$I_{humidade} = \frac{\sum_{i=1}^z (P_{area\ pavimento,i} * I_{compartimento,i})}{\sum_{i=1}^z P_{area\ pavimento,i}} \in [0; 1]$$

Nota:

No caso da não existência de uma manifestação num dado elemento, o seu $I_{manifestação}$ tomará o valor de zero

Fig. 4.16 – Campo referente à equação para quantificação do $I_{humidade}$

4. Folha de Cálculo do $I_{humidade}$

$I_{humidade} =$ _____

_____ =

Fig. 4.17 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação do $I_{humidade}$

Como podemos verificar na Fig. 4.16 a quantificação do $I_{humidade}$ consiste numa média ponderada dos $I_{compartimento,i}$, de cada compartimento, onde o fator de ponderação é o $P_{area,pavimento}$ corresponde.

Na folha de cálculo referente à quantificação do $I_{humidade}$, ilustrada na Fig. 4.17, é possível aplicar a equação que permite a quantificação do $I_{humidade}$.

A classificação final do edifício, resultante do valor do $I_{humidade}$, está ilustrada na Fig. 4.18.

. *Classificação final - I_{humidade}*

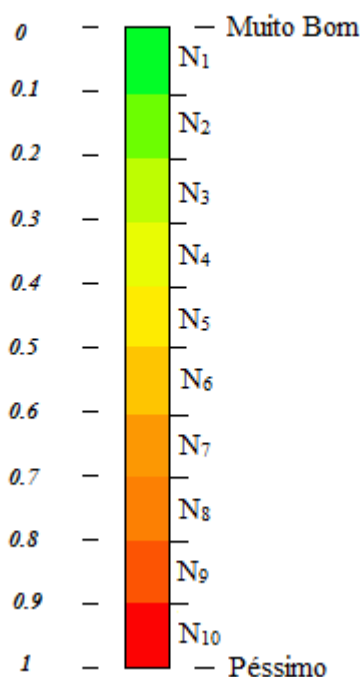


Fig. 4.18 – Campo destinado à classificação final do Edifício

Como podemos verificar na Fig. 4.18, depois de quantificado o I_{humidade} o edifício vai ser classificado num de 10 níveis possíveis, de acordo com o valor tomado pelo I_{humidade} , sendo que o N_1 representa um ótimo comportamento face à humidade, e o N_{10} um péssimo comportamento face à humidade.

4.3. SÍNTESE DO CAPÍTULO 4

Esta metodologia foi concebida com o objetivo de caracterizar o comportamento face à humidade dos edifícios com valor patrimonial em Portugal, visto na perspetiva do utilizador. Como já foi referido, é um modelo simples, expedito, de aplicação fácil e acessível a qualquer pessoa, no entanto apresenta algumas limitações.

A primeira é relativa às opções das possíveis manifestações existentes nos elementos construtivos. Foram apenas disponibilizadas três opções, abdicando de algumas, que apesar de serem anomalias/patologias associadas à humidade, seriam de mais difícil interpretação e exigiam a avaliação por parte de alguém especializado.

A quantificação do I_{humidade} faz-se em três níveis distintos. Primeiramente avaliam-se os elementos construtivos de um dado compartimento, quantificando os $I_{\text{elementos}}$. Após termos os $I_{\text{elementos}}$ quantificados, passamos à quantificação do $I_{\text{compartimento}}$. Este processo é feito para todos os compartimentos existentes no edifício. Após termos todos os $I_{\text{compartimento}}$ quantificados, quantificamos o I_{humidade} , chegando à classificação final do edifício. A limitação deste processo são os fatores e pesos que são usados nas quantificações dos I_{elemento} , $I_{\text{compartimento}}$ e I_{humidade} .

No primeiro nível, quando estamos a avaliar os elementos construtivos, a quantificação dos I_{elemento} faz-se partindo do pressuposto que todas as manifestações de humidade têm o mesmo peso, e que contribuem todas de igual forma no condicionamento da utilização do edifício face à humidade, o que pode não corresponder à verdade. No entanto, seria difícil classifica-las por grau de gravidade, optando-se então, por atribuir a todas um peso igual.

No segundo nível, aquando da quantificação do $I_{\text{compartimento}}$, é atribuído um peso de 20% para o pavimento, 20% para o teto, e de 60% para as paredes. Estes valores, que representam a parte da área superficial total do compartimento que cada um dos elementos assume, foram usados para evitar medições dos próprios elementos construtivos, de modo a tornar o modelo aplicável de forma rápida e expedita, no entanto estes valores, em muitos casos, podem não ser verdadeiros. Sabemos que existem compartimentos, nomeadamente em Igrejas, em que o pé direito é muito elevado. Nestes casos as paredes podem representar uma parte mais elevada da área total dos elementos do compartimento. Nos casos em que o pé direito é mais reduzido, as paredes em alguns casos, podem representar uma parte bem mais reduzida que os 60% assumidos.

No terceiro nível deste processo, quando é feita a quantificação do I_{humidade} , o peso que cada compartimento assume na classificação final do edifício, depende só da sua área de pavimento. Esta é a primeira limitação deste terceiro nível, na medida em que poderão existir compartimentos em que a sua área de pavimento, apesar de ter um determinado valor, não esteja de acordo com a sua área total superficial. Isto poderá acontecer em compartimentos em que exista uma grande área de paredes relativamente ao pavimento e teto, o que vai originar que este compartimento tenha um peso inferior ao que na realidade deveria ter na quantificação do I_{humidade} . A segunda limitação desta terceira fase é o facto de as áreas de pavimento dos compartimentos serem seleccionadas em intervalos de área, o que aumenta o erro desta quantificação. Um exemplo disso, é o facto de um compartimento que tenha uma área de pavimento na ordem dos 60m^2 ter o mesmo peso que um compartimento que tenha uma área de pavimento de 120m^2 .

Posto isto, seria interessante, no futuro, uma afinação das ponderações para uma possível aplicação massiva desta metodologia de avaliação do comportamento face à humidade ao nosso património edificado.

5

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA A UM CASO DE ESTUDO

5.1. ENQUADRAMENTO

Após a apresentação da metodologia proposta, pretende-se agora aplica-la a um caso de estudo. Desse modo, foi avaliado o comportamento face à humidade de uma Igreja em Portugal. Neste capítulo, primeiramente, será feita uma descrição do caso de estudo, fazendo referência à sua localização, tipologia e aspetos estruturais e construtivos.

Numa fase posterior será apresentada detalhadamente a aplicação da metodologia proposta.

5.2. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

A Igreja analisada neste trabalho foi a Igreja de São Gonçalo na freguesia de São Gonçalo, no concelho de Amarante.

Caracterizada pela sua arquitectura renascentista, maneirista, barroca e oitocentista, esta igreja, de planta longitudinal, nave única, com capelas laterais e capela-mor profundas, torre sineira quadrangular, dependências conventuais adossadas lateralmente à igreja e de dois claustros, foi construída a partir do século XVI, tendo sofrido remodelações ao longos dos tempos, sendo que as últimas datam de finais do século XX e inícios do século XXI. As fachadas da Igreja são em cantaria de granito aparelhada, rematados por cornija sob beiral. A sua cobertura é em telhados diferenciados de duas águas, em domo sobre o cruzeiro e em lançaria cruzada, coroada por pináculo piramidal, de recorte oriental. [21]

Na Fig. 5.1 apresenta-se uma ilustração da Igreja de São Gonçalo.



Fig. 5.1 – Igreja de São Gonçalo

O seu interior é constituído por paredes rebocadas e pintadas de branco com zonas de granito, e pavimento de soalho e granito. A nave é coberta por abóboda de berço assente em cornija, e as suas paredes são rasgadas por arcos de volta perfeita assentes em pilastras jónicas com acesso às cinco capelas laterais. As capelas são cobertas por abóbada de berço de caixotões, de pedra, alguns com pintura mural, e nas paredes testeiras retábulos de talha dourada [21]. Na Fig. 5.2 podemos observar o interior da Igreja.



Fig. 5.2 – Interior da Igreja de São Gonçalo

5.3. DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA AO CASO DE ESTUDO

O preenchimento das diferentes secções da proposta de metodologia de avaliação do comportamento face à humidade do edifício é descrito de seguida, justificando-se de forma pormenorizada as opções seleccionadas relativas aos elementos construtivos que apresentam manifestações de humidade, recorrendo a registos fotográficos. Na aplicação da metodologia foram avaliados dois compartimentos, sendo que o primeiro foi a Igreja (Compartimento 1) e o segundo a Sacristia (Compartimento 2).

5.3.1. SECÇÃO 1 - IDENTIFICAÇÃO, INFORMAÇÕES GERAIS DO EDIFÍCIO E RESPONSÁVEL PELA GESTÃO

As informações relativas à identificação do edifício e responsável pela gestão já foram salientadas no capítulo anterior. Na Fig. 5.3 e Fig. 5.4 estão ilustrados os campos preenchidos relativos ao edifício e ao responsável pela gestão do edifício em estudo.

1. Edifício	
Designação do Edifício	IGREJA DE SÃO GONÇALO
Concelho	AMARANTE
Freguesia	SÃO-GONÇALO
Endereço	PRAÇA DA REPÚBLICA - 4600-011 - AMARANTE
Utilização	IGREJA
Proteção	Monumento Nacional <input checked="" type="checkbox"/> Interesse Público <input type="checkbox"/> Interesse Municipal <input type="checkbox"/> Não classificado <input type="checkbox"/>
Ano de construção	Século 16
Dados sobre última intervenção	Juízo século 21
Número de compartimentos	4
	Foto

Fig. 5.3 - Campo destinado a informações para identificação e caracterização da Igreja de São Gonçalo

2. Responsável pela Gestão	
	<input type="checkbox"/> Público <input checked="" type="checkbox"/> Privado
Entidade	Igreja
Telemóvel/Telefone	255437425
E-mail	szogoncalo@iol.pt

Fig. 5.4 - Campo destinado a informações para identificação da Entidade responsável pela gestão da Igreja de São Gonçalo

5.3.2. SECÇÃO 2 – AVALIAÇÃO POR OBSERVAÇÃO VISUAL DE MANIFESTAÇÕES DE HUMIDADE POR COMPARTIMENTO

5.3.2.1. Compartimento 1 – Igreja

Na Fig. 5.5 está ilustrado o primeiro campo desta secção, onde podemos observar o intervalo de área de pavimento correspondente a este compartimento, e o seu número identificativo.

Compartimento nº <u>1</u>	
<i>Área de Pavimento – A_p [m²]</i>	
$A_p < 10$ - <i>Pequeno</i>	<input type="checkbox"/>
$10 \leq A_p < 50$ - <i>Médio</i>	<input type="checkbox"/>
$50 \leq A_p < 150$ - <i>Grande</i>	<input type="checkbox"/>
$150 \leq A_p < 400$ - <i>Muito Grande</i>	<input type="checkbox"/>
$A_p \geq 400$ - <i>Extremamente Grande</i>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fig. 5.5 - Campo destinado a identificação do compartimento 1 e registo da área de pavimento

A fase que se segue é a avaliação dos elementos construtivos deste compartimento por observação visual. Começando pelo pavimento, este encontram-se em bom estado, tendo sido apenas observadas manchas de humidade pontuais nas zonas de granito. Na Fig. 5.6 podemos observar o campo referente à seleção das manifestações de humidade correspondente ao pavimento, e na Fig. 5.7 um registo fotográfico da manifestação de humidade mencionada.

1. Pavimento				
<i>Manifestações de Humidade</i>		<i>Intensidade das Manifestações de Humidade</i>		
<i>Selecione uma ou mais opções</i>		Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 5.6 - Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades no pavimento do compartimento 1



Fig. 5.7 – Manchas de Humidade no pavimento da Igreja de São Gonçalo

Relativamente ao teto, este também se encontra em muito bom estado. A única manifestação de humidade observada foi uma pequena mancha de humidade. O campo referente à seleção das manifestações de humidade correspondente ao teto está representado na Fig. 5.8 e o registo fotográfico da manifestação mencionada está representada na Fig. 5.9.

2. Teto			
<i>Manifestações de Humidade</i>	<i>Intensidade das Manifestações de Humidade</i>		
<i>Selecione uma ou mais opções</i>	Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 5.8 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades no teto de um compartimento



Fig. 5.9 – Mancha de humidade no teto da Igreja de São Gonçalo

O compartimento em análise foi dividido em 21 paredes, sendo que só em algumas foram observadas manifestações de humidade. Dessa forma, serão apenas aqui apresentados os campos correspondentes às paredes onde foram observadas manifestações de humidade, e respetivos registos fotográficos.

Na parede 1, apesar do bom estado em que se encontra, foram observadas manchas de humidade pontuais com destacamento da pintura, como podemos observar na Fig. 5.10.



Fig. 5.10 – Manchas de Humidade com destacamento da pintura na parede 1 da Igreja de São Gonçalo

Na Fig. 5.11 está representado o campo referente à seleção das manifestações de humidade correspondente à parede 1.

3. Paredes				
<i>Manifestações de Humidade</i>		<i>Intensidade das Manifestações de Humidade</i>		
Parede 1				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	Pontual	Frequente	Generalizada
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 5.11 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 1 do compartimento 1

Na parede 2 também foram observadas manifestações de humidade pontuais, sobretudo na zona de granito. Como podemos observar na Fig. 5.12, foram identificadas manchas de humidade e salitre.



Fig. 5.12 – Manchas de humidade e salitre na parede 2 da Igreja de São Gonçalo

Na Fig. 5.13 está representado o campo referente à seleção das manifestações de humidade correspondente à parede 2

<i>Parede 2</i>			Pontual	Frequente	Generalizada
<i>Selecione uma ou mais opções</i>					
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 5.13 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 2 do compartimento 1

Outra parede onde foram observadas manifestações de humidade foi a parede 3. Na Fig. 5.14 podemos observar manchas de humidade pontuais com destacamento da pintura presentes nesta parede.



Fig. 5.14 – Manchas de humidade com destacamento da pintura na parede 3 da Igreja de São Gonçalo

O campo referente à seleção das manifestações de humidade correspondente à parede 3 está representado na Fig. 5.15

Parede 3				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
		Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 5.15 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 3 do compartimento 1

Na parede 10 foram observadas manchas de humidade pontuais. O fenómeno está representado na Fig. 5.16, e o campo referente à seleção das manifestações de humidade correspondente à parede 10 está representado na Fig. 5.16.



Fig. 5.16 – Manchas de humidade na parede 10 da Igreja de São Gonçalo

Parede 10				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
		Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 5.17 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 10 do compartimento 1

A última parede onde foram identificadas manifestações de humidade foi a parede 15. Na Fig. 5.18 podemos observar manchas de humidade e salitre de intensidade pontual presentes nesta parede.



Fig. 5.18 – Manchas de humidade e salitre na parede 15 da Igreja de São Gonçalo

O campo referente à seleção das manifestações de humidade correspondente à parede 15 está ilustrado na Fig. 5.19.

<i>Parede 15</i>		Pontual	Frequente	Generalizada
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 5.19 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 15 do compartimento 1

Concluída a análise por observação visual aos elementos construtivos do primeiro compartimento, passamos agora à elaboração da representação esquemática para identificação das paredes deste compartimento, ilustrada no campo da Fig. 5.20.

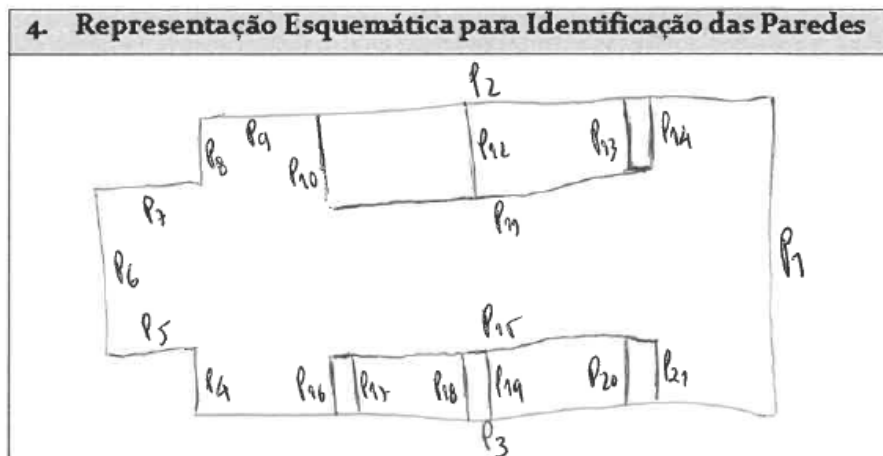


Fig. 5.20 – Campo destinado à representação esquemática para identificação das paredes do compartimento 1

De modo a concluir a análise deste compartimento, na Fig. 5.21 está representado o campo referente às condições de utilização deste compartimento. Assumiu-se que o compartimento se encontra utilizável, pois apenas apresenta algumas manifestações de humidade pontuais que não condicionam nem impedem a sua utilização.

5. Condições de Utilização do Compartimento face à humidade

Utilização impedida Utilização condicionada Utilizável Sem problemas

Fig. 5.21 – Campo destinado à seleção das Condições de utilização do compartimento 1 face à humidade

5.3.2.2. Compartimento 2 – Sacristia

Concluída a análise do compartimento 1, passamos agora à análise do compartimento 2 (Sacristia). O campo onde podemos observar o intervalo de área de pavimento correspondente a este compartimento, e o seu número identificativo está ilustrado na Fig. 5.22.

Compartimento nº <u>2</u>	
<i>Área de Pavimento – A_p [m²]</i>	
$A_p < 10$ - <i>Pequeno</i>	<input type="checkbox"/>
$10 \leq A_p < 50$ - <i>Médio</i>	<input type="checkbox"/>
$50 \leq A_p < 150$ - <i>Grande</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
$150 \leq A_p < 400$ - <i>Muito Grande</i>	<input type="checkbox"/>
$A_p \geq 400$ - <i>Extremamente Grande</i>	<input type="checkbox"/>

Fig. 5.22 - Campo destinado a identificação do compartimento 2 e registo da área de pavimento

Analisando agora os elementos construtivos deste compartimento, começamos pelo pavimento, onde foram observadas manchas de humidade de intensidade frequente, como podemos verificar na Fig. 5.23.



Fig. 5.23 – Manchas de humidade de intensidade frequente no pavimento da Sacristia da Igreja de São Gonçalo

O campo referente à seleção das manifestações de humidade correspondente ao pavimento deste compartimento está ilustrado na Fig. 5.24.

1. Pavimento				
<i>Manifestações de Humidade</i>		<i>Intensidade das Manifestações de Humidade</i>		
<i>Selecione uma ou mais opções</i>		Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 5.24 - Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades no pavimento do compartimento 2

O teto e as quatro paredes deste compartimento encontram-se em muito bom estado, tendo só sido observada uma mancha de humidade de intensidade pontual na parede 2, como podemos observar na Fig. 5.25.



Fig. 5.25 – Mancha de humidade na parede 2 da Sacristia da Igreja de São Gonçalo

Na Fig. 5.26 está representado o campo referente à seleção das manifestações de humidade correspondente à parede 2 deste compartimento.

Parede 2					
<i>Selecione uma ou mais opções:</i>			Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Fig. 5.26 – Campo destinado à seleção das manifestações de humidade e respetivas intensidades na parede 2 do compartimento 2

Na Fig. 5.27 podemos ver o campo onde foi feita a representação esquemática deste compartimento para identificação das paredes.

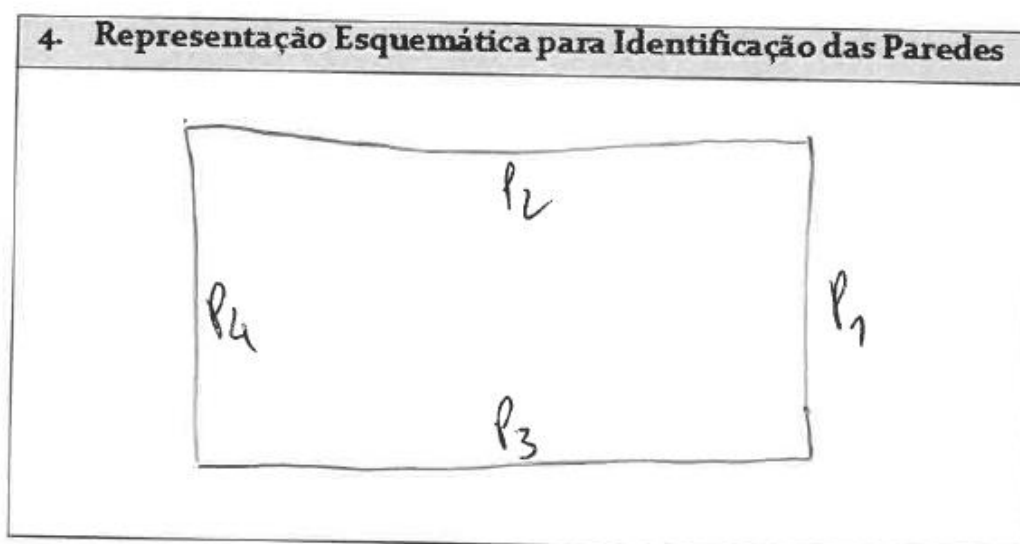


Fig. 5.27 – Campo destinado à representação esquemática para identificação das paredes do compartimento 2

De modo a concluir a análise a este compartimento, na Fig. 5.28 podemos observar o campo referente às condições de utilização do mesmo. À semelhança do que se verificou no compartimento 1 (Igreja) este compartimento, apesar de apresentar manifestações de humidade, estas não condicionam nem impedem a sua utilização.

5. Condições de Utilização do Compartimento face à humidade			
Utilização impedida <input type="checkbox"/>	Utilização condicionada <input type="checkbox"/>	Utilizável <input checked="" type="checkbox"/>	Sem problemas <input type="checkbox"/>

Fig. 5.28 – Campo destinado à seleção das Condições de utilização do compartimento 2 face à humidade

5.3.3. SECÇÃO 3 - QUANTIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONDICIONAMENTO DA UTILIZAÇÃO FACE À HUMIDADE DO EDIFÍCIO - I_{humidade}

Nesta secção será apresentado o procedimento de quantificação do I_{humidade} do edifício. Como já foi referido no capítulo anterior, a quantificação do I_{humidade} é feita em 3 níveis distintos, sendo que os dois primeiros níveis se vão repetir para cada um dos compartimentos.

Os campos com os fatores/pesos e equações que serão usados para a quantificação do I_{humidade} estão representados no início desta secção e podem ser observados na Fig. 5.29 e Fig. 5.30, respetivamente.

1. Fatores e Pesos		
<i>Fatores referentes às intensidades das manifestações de humidade - I_{manifestação}</i>	<i>Fatores referentes às condições de utilização - I_{utilização} compartimento i</i>	<i>Pesos referentes à Área pavimento - P_{área pavimento i}</i>
.Pontual <i>0.10</i>	. Utilização Impedida <i>0.90</i>	A _p < 10 <i>1</i>
.Frequente <i>0.50</i>	. Utilização Condicionada <i>0.50</i>	10 ≤ A _p < 50 <i>3</i>
.Generalizada <i>0.90</i>	. Utilizável <i>0.10</i>	50 ≤ A _p < 150 <i>10</i>
	. Sem Problemas <i>0</i>	150 ≤ A _p < 400 <i>28</i>
		A _p ≥ 400 <i>40</i>

Fig. 5.29 – Campo destinado aos fatores e pesos da fórmula para quantificação do I_{humidade}

2. Equações para Quantificação do I _{humidade}	
$I_{elemento,i} = I_{manifestação[mais\ elevado]} + (0.055 I_{manifestação} + 0.055 I_{manifestação}) \leq 1$ $I_{global,paredes,i} = \frac{\sum_{i=1}^y I_{parede,i}}{y}$ $I_{compartimento,i} = [I_{global,paredes,i} * 0.6 + I_{pavimento,i} * 0.2 + I_{teto,i} * 0.2] * 0.3 + I_{utilização,compartimento,i} * 0.7$ $I_{humidade} = \frac{\sum_{i=1}^z (P_{area\ pavimento,i} * I_{compartimento,i})}{\sum_{i=1}^z P_{area\ pavimento,i}} \in [0 ; 1]$	<p>Nota:</p> <p>No caso da não existência de uma manifestação num dado elemento, o seu I_{manifestação} tomará o valor de zero</p>

Fig. 5.30 - Campo referente à equação para quantificação do I_{humidade}

5.3.3.1. Compartimento 1 - Igreja

No primeiro nível foram quantificados os $I_{elemento}$ ($I_{pavimento}$, I_{teto} , $I_{paredes}$ e $I_{global,paredes}$) do primeiro compartimento (Igreja). O campo referente à folha de cálculo usada para a quantificação referida está ilustrada na Fig. 5.31.

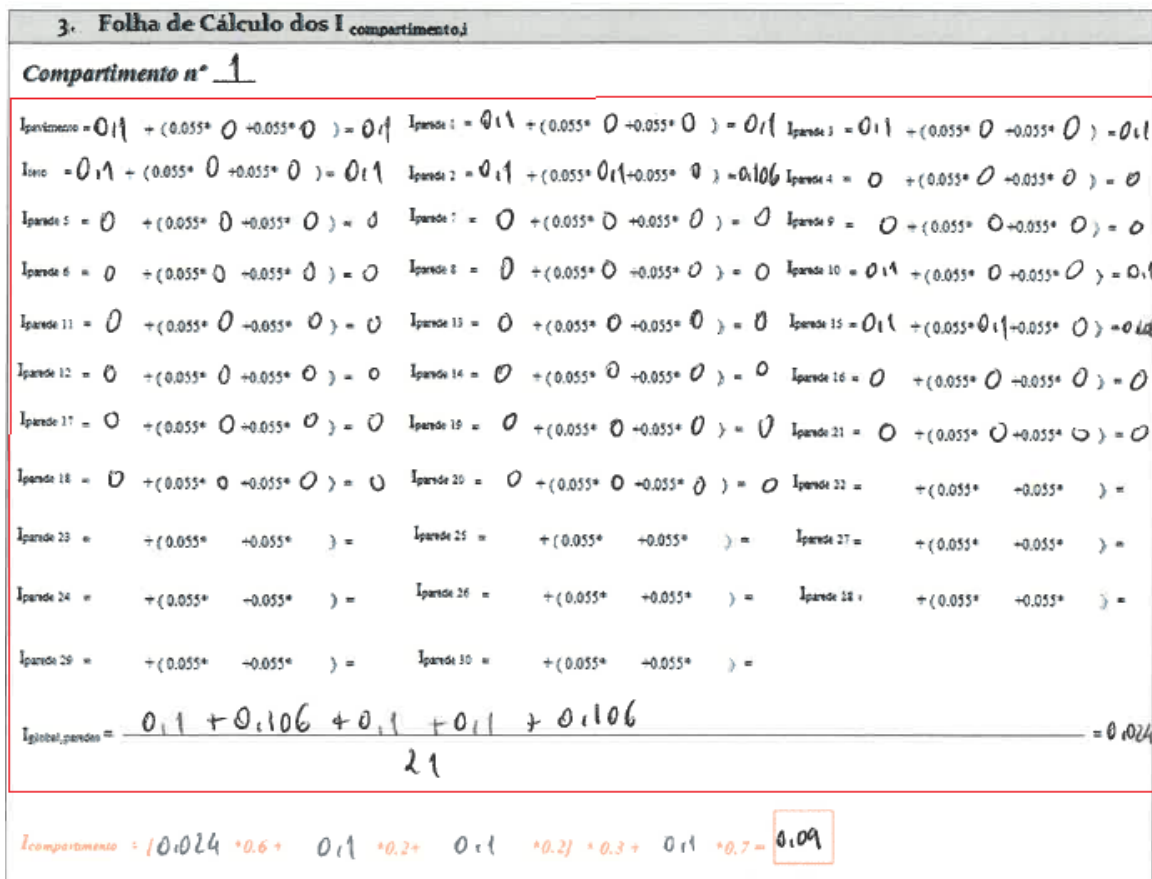


Fig. 5.31 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação dos $I_{elemento,j}$ do compartimento 1

Depois de estarem todos os $I_{elemento}$ quantificados, e com o valor do $I_{utilização,compartimento}$ já definido ($I_{utilização,compartimento} = 0,1$; Compartimento Utilizável) passamos ao segundo nível, referente à quantificação do $I_{compartimento}$ deste compartimento. O campo referente à folha de cálculo usada para essa quantificação está ilustrado na Fig. 5.32.

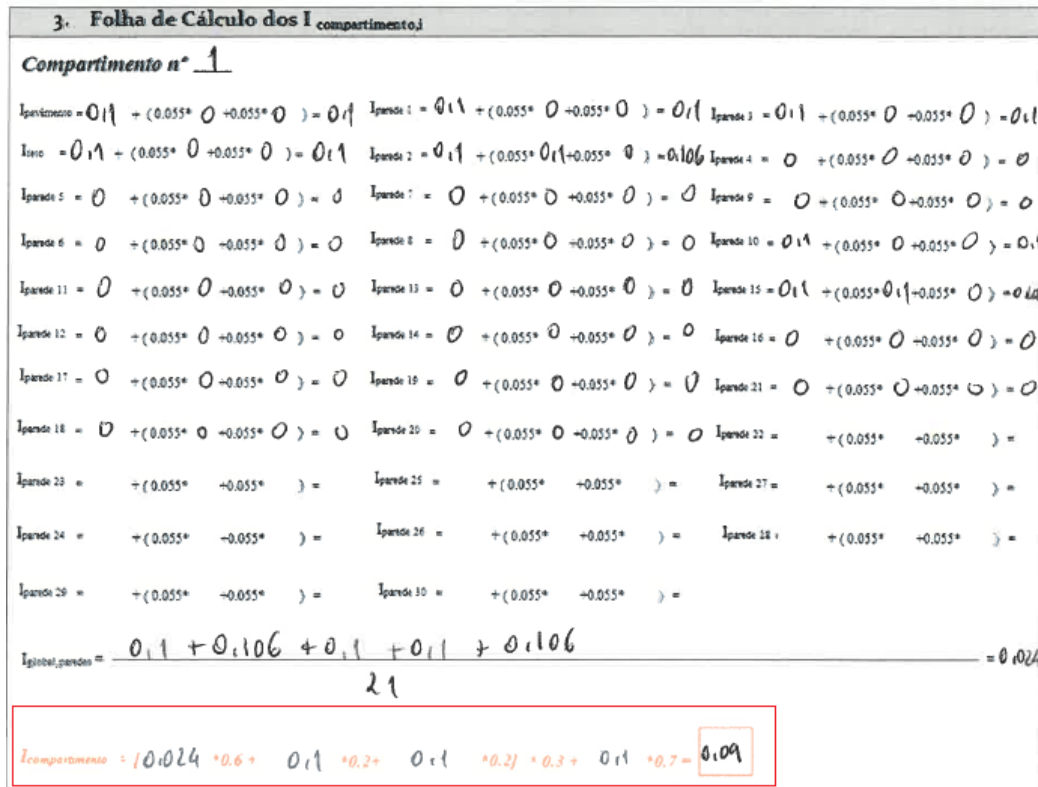


Fig. 5.32 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação do $I_{\text{compartmento}}$ do compartimento 1

5.3.3.2. Compartimento 2 – Sacristia

O processo vai repetir-se para o compartimento 2. No primeiro nível foram quantificados os I_{elemento} deste compartimento, como podemos observar no campo referente à folha de cálculo ilustrado na Fig. 5.33.

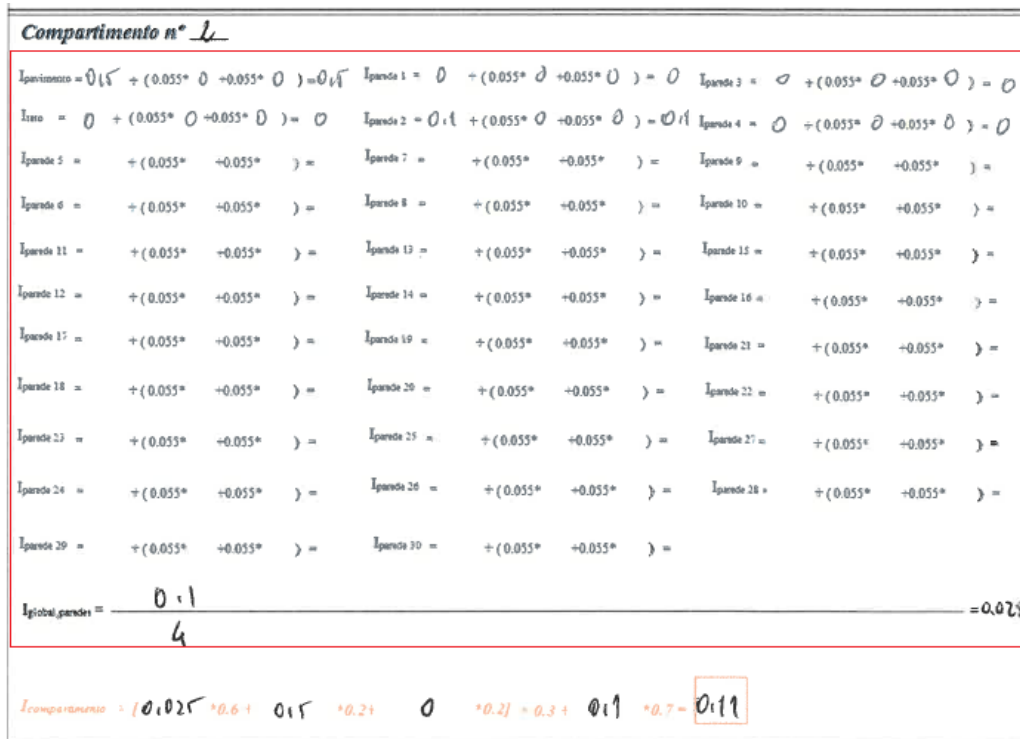


Fig. 5.33 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação dos $I_{\text{elemento},i}$ do compartimento 2

No segundo nível, depois dos I_{elemento} quantificados e do $I_{\text{utilização,compartimento}}$ definido ($I_{\text{utilização,compartimento}} = 0,1$), passamos à quantificação do $I_{\text{compartimento}}$. O campo referente à folha de cálculo usada na quantificação do $I_{\text{compartimento}}$ do compartimento 2 está representado na Fig. 5.34.

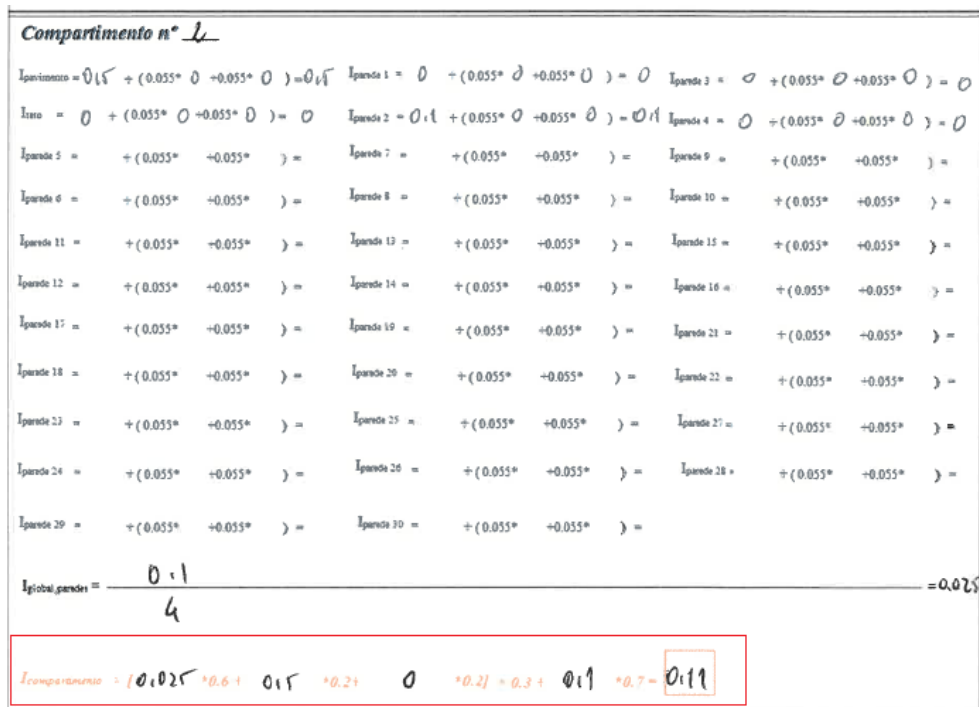


Fig. 5.34 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação do $I_{\text{compartimento}}$ do compartimento 2

5.3.3.3. Edifício – Igreja e Sacristia

Depois de quantificados todos os $I_{\text{compartimento}}$ passamos ao terceiro nível, onde é feita a quantificação do I_{humidade} , que nos vai permitir chegar à classificação final do edifício. O campo referente à folha de cálculo usada para a quantificação do I_{humidade} está ilustrado na Fig. 5.35.

4. Folha de Cálculo do I_{humidade}

$$I_{\text{humidade}} = \frac{0,09 \times 40 + 0,11 \times 10}{50}$$
$$= 0,094$$

Fig. 5.35 – Campo referente à folha de cálculo para quantificação do I_{humidade} da Igreja São Gonçalo

Como podemos verificar na Fig. 5.35, para a quantificação do I_{humidade} foram usados os pesos referentes às áreas de pavimento do compartimento 1 (Igreja) e compartimento 2 (Sacristia) com valores de 40 e 10, respetivamente. Estes valores são representativos das áreas “Extremamente Grande” e “Grande” do compartimento 1 e compartimento 2, respetivamente. Foi obtido, então, um I_{humidade} com o valor de 0.094, o que significa que este edifício, na classificação final, obteve o nível 1 (N_1), o que representa um comportamento do edifício face à humidade muito bom. A classificação final está ilustrada na Fig. 5.36.

. Classificação final - Ihumidade

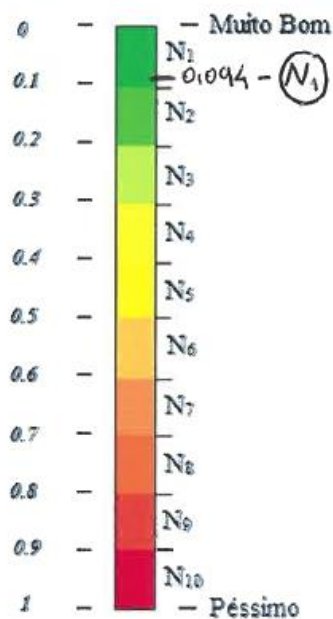


Fig. 5.36 – Campo destinado à classificação final da Igreja de São Gonçalo

5.4. NOTAS FINAIS

A aplicação da metodologia de avaliação do comportamento face à humidade de edifícios com valor patrimonial permitiu verificar a sua exequibilidade e utilidade, possibilitando analisar o comportamento dos edifícios face à humidade de uma forma simples e expedita.

No entanto, como já foi referido, esta metodologia apresenta algumas limitações. No futuro seria interessante avaliar-se as ponderações usadas na quantificação do $I_{humidade}$ no sentido de reduzir possíveis erros de resultados.

6

CONCLUSÕES

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a conclusão deste trabalho é possível afirmar que o objetivo principal foi atingido, pois foi realizada uma proposta de metodologia que, em caso de aplicação massiva, nos permite ter um conhecimento geral do comportamento face à humidade dos edifícios com valor patrimonial, na perspetiva do utilizador.

Para o desenvolvimento da metodologia de avaliação proposta nesta dissertação, o estudo e o conhecimento do panorama actual do nosso património cultural imóvel foi fundamental, chegando-se à conclusão que o nosso país é portador de um vasto património edificado. Foi possível ter conhecimento dos 4176 edifícios classificados pela DGPC, recorrendo à informação disponibilizada pelo INE, e ter uma noção aproximada do número de edifícios analisados (Museus, Palácios, Igrejas, Conventos e Mosteiros), tendo sido contabilizados 7796 edifícios no total. Este número certamente que não corresponde ao número real destes edifícios existentes em Portugal, pois como foi verificado no capítulo 2, existem muitos edifícios que não estão inventariados, no entanto acredita-se que seja uma boa estimativa. Desta forma, seria interessante a criação, no futuro, de um inventário uniformizado de todo o património edificado no nosso país de modo a ser possível criar estratégias e planos de ação no sentido de gestão dos nossos edifícios com valor patrimonial. A distribuição geográfica do nosso património edificado também seria importante de modo a termos um conhecimento da sua incidência ao longo do território.

A análise e síntese das diferentes manifestações de humidade e técnicas diagnóstico usadas em engenharia civil associadas à humidade foi outra etapa que se mostrou muito útil para a realização da proposta de metodologia, visto que o objetivo da mesma se centra no conhecimento do comportamento face à humidade dos edifícios com valor patrimonial, pelo que a compreensão dos fenómenos que envolvem a transferência de humidade nos materiais de construção se mostra fundamental. Visto que os edifícios visados neste trabalho são edifícios com valor acrescido para o país, é de todo o interesse que as técnicas diagnóstico sejam sempre que possíveis não destrutivas, daí ter sido feita a separação das técnicas em técnicas não destrutivas e técnicas destrutivas, tendo sido, sempre que possível, recorrido a técnicas não destrutivas.

A aplicação da metodologia permitiu avaliar a sua exequibilidade e a utilidade de poder ser aplicada a um conjunto de edifícios de modo a se obter uma panorâmica geral do mesmo. Neste trabalho apenas foi possível analisar um edifício, sendo que o seu comportamento face à humidade, segundo a metodologia proposta, se mostrou muito bom, no entanto acredita-se que existem muitos edifícios no nosso país que merecem ser alvo de análise pelo seu comportamento menos bom.

Concluindo, a proposta de metodologia de avaliação do comportamento face à humidade de edifícios com valor patrimonial mostra-se como uma ferramenta com bastante potencial, que poderá proporcionar, de uma maneira prática, expedita e objectiva, o conhecimento geral do comportamento

face à humidade dos edifícios de valor patrimonial, tornando-se uma mais-valia para a gestão do património cultural imóvel em Portugal.

6.2. PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

De modo a melhorar a metodologia proposta nesta dissertação sugerem-se alguns aspetos a serem desenvolvidos:

- Análise e aperfeiçoamento das manifestações de humidade presentes na metodologia para seleção
- Afinação dos fatores e pesos atribuídos para a quantificação do I_{humidade}
- Aplicação massiva da metodologia proposta

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]Silva, José António Mendes da-*Domínios das instalações, Segurança e Ambiente*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra,2018
- [2] - *Estatísticas do Turismo 2016*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P, 2017.
- [3] https://issuu.com/spira_revitalizacao/docs/clipping_estudonovaspira2018.compre/. 01-06-2018
- [4] Freitas, Vasco Peixoto de - *Reflexão sobre a estratégia para a Reabilitação em Portugal*. Lisboa, 2015.
- [5] Henriques, Fernando M A - *A conservação do Património Histórico Edificado*. Lisboa, 1991.
- [6] Freitas, Vasco Peixoto de - *Manual de Apoio ao Projeto de Reabilitação de Edifícios Antigos. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto,2012*.
- [7] *Diário da República - Lei nº13/85 de 6 julho*.
- [8] www.patrimoniocultural.gov.pt/pt/patrimonio/classificacao-de-bens-imoveis-e-fixacao-de-zep/. 01-03-2018
- [9] *Estatísticas da Cultura 2016*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P, 2017
- [10] www.patrimoniocultural.gov.pt/pt/patrimonio/pesquisa-do-patrimonio. 10-03-2018
- [11] Neves, José Soares;Santos, Jorge Alves dos;Lima, Maria João. *O Panorama Museológico em Portugal:os Museus e a Rede Portuguesa de Museus na Primeira Década do Século XXI*. Direção Geral do Património Cultural, 2013.
- [12] Silva, Guiomar Carneiro Mendes Palma da. *Caracterização Experimental da Influência de Revestimentos Higroscópicos na Estabilização da Humidade Relativa*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2017
- [13] *Estatísticas da Cultura 2011*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P, 2012
- [14] *Estatísticas da Cultura 2012*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P, 2013
- [15] *Estatísticas da Cultura 2013*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P, 2014
- [16] *Estatísticas da Cultura 2014*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P, 2015
- [17] *Estatísticas da Cultura 2015*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P, 2016
- [18] www.monumentos.gov.pt/site/. 02-04-2018
- [19] www.anuariocatolicoportugal.net/. 15-04-2018
- [20] www.monumentos.gov.pt/search/. 20-04-2018
- [21] www.monumentos.gov.pt/search/.
- [22]Artigos de Apoio Infopedia [em linha], Porto: Porto Editora:2018
- [23] Freitas, Vasco Peixoto de; Torres, Maria Isabel; Guimarães, Ana Sofia. *Humidade Ascensional*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto-FEUP. Lisboa, 2008
- [24] Henriques, Fernando M.A. *Acção da Humidade em Paredes*. Tese de doutoramento: Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 1993

- [25] Freitas, Vasco Peixoto de. *Transferência de Humidade em Paredes de Edifícios-Análise do Fenómeno da Interface*. Tese de Doutoramento: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 1992
- [26] Marinho, Maria Isabel Matos. *Diagnóstico de Patologias Associadas à Humidade Utilizando Técnicas Não Destrutivas*. Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil-2013/2014, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014
- [27] - Abreu, Domingos Miguel Fernandes Ferreira. *Técnicas de Diagnóstico Usadas em Engenharia Civil*. Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil-2012/2013, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013
- [28] - Carvalho, Patrícia Nogueira de. *Medição do Teor de Humidade em Materiais de Construção*. Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil-2009/2010, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010
- [29] - www.raisa.com/termometro-infravermelho-000318.html/ . 12-06-2018
- [30] - Barreira, Eva Sofia Botelho Machado. *Aplicação da Termografia ao Estudo do Comportamento Higrotérmico dos Edifícios*. Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil-2003/2004, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2004
- [31] - Henriques, Fernando M.A. Manuel Anjos. *Humidade em Paredes*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2001
- [32] - Laboratório de Física das Construções. *Metodologia de Reparação das Patologias Identificadas no Relatório de Avaliação Relativo à Casa da Prelada*. Instituto de Construção. Porto, 2016
- .

A1

**PROPOSTA DE METODOLOGIA DA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FACE À HUMIDADE DE
EDIFÍCIOS COM VALOR PATRIMONIAL APLICADA A UM CASO DE ESTUDO**

Identificação, informações gerais do Edifício e Responsável pela Gestão

1. Edifício

Designação do Edifício IGREJA DE SÃO GONÇALO

Concelho AMARANTE

Freguesia SÃO-GONÇALO

Endereço PRAÇA DA REPÚBLICA - 4600-011 - AMARANTE

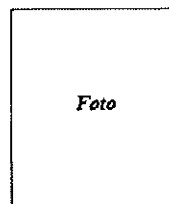
Utilização IGREJA

Proteção Monumento Nacional Interesse Público Interesse Municipal Não classificado

Ano de construção Século 16

Dados sobre última intervenção Intervenção século 21

Número de compartimentos 4



2. Responsável pela Gestão

Público Privado

Entidade Igreja

Telemóvel/Telefone 255437425

E-mail saogoncalo@iol.pt

Avaliação por observação visual de manifestações de humidade por compartimento

Compartimento nº 1

Área de Pavimento - A_p [m^2]

$A_p < 10$ - Pequeno

$10 \leq A_p < 50$ - Médio

$50 \leq A_p < 150$ - Grande

$150 \leq A_p < 400$ - Muito Grande

$A_p \geq 400$ - Extremamente Grande

Classificação da Intensidade das Manifestações de Humidade

Pontual Zona: $n_f < 10\%$

Frequente $10\% < \text{Zona: } n_f < 50\%$

Generalizada Zona: $n_f > 50\%$

1. Pavimento

<i>Manifestações de Humidade</i>		<i>Intensidade das Manifestações de Humidade</i>		
<i>Selecione uma ou mais opções</i>		Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Teto

<i>Manifestações de Humidade</i>		<i>Intensidade das Manifestações de Humidade</i>		
<i>Selecione uma ou mais opções</i>		Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Paredes				
Manifestações de Humidade		Intensidade das Manifestações de Humidade		
Parede 1				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	Pontual	Frequente	Generalizada
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 2				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	Pontual	Frequente	Generalizada
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 3				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	Pontual	Frequente	Generalizada
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 4				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente	Generalizada
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 5				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente	Generalizada
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 6				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente	Generalizada
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

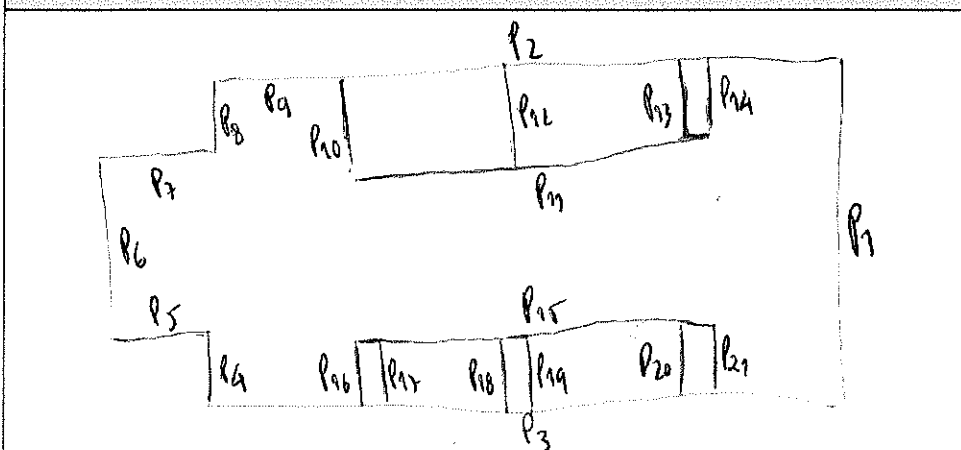
Parede 7			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada
Parede 8			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada
Parede 9			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada
Parede 10			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada
Parede 11			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada
Parede 12			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada

Parede 13			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 14			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 15			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 16			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 17			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 18			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 19			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Parede 20			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada
Parede 21			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada
Parede 22			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada
Parede 23			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada
Parede 24			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada
Parede 25			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada
Parede 26			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>		Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>		Generalizada

Parede 27				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual <input type="checkbox"/>	Frequente <input type="checkbox"/>	Generalizada <input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 28				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual <input type="checkbox"/>	Frequente <input type="checkbox"/>	Generalizada <input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 29				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual <input type="checkbox"/>	Frequente <input type="checkbox"/>	Generalizada <input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parede 30				
<i>Selecione uma ou mais opções</i>				
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual <input type="checkbox"/>	Frequente <input type="checkbox"/>	Generalizada <input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Representação Esquemática para Identificação das Paredes



5. Condições de Utilização do Compartimento face à humidade

Utilização impedida Utilização condicionada Utilizável Sem problemas

Avaliação por observação visual de manifestações de humidade por compartimento

Compartimento nº 2

Área de Pavimento - A_p [m²]

$A_p < 10$ - Pequeno

$10 \leq A_p < 50$ - Médio

$50 \leq A_p < 150$ - Grande

$150 \leq A_p < 400$ - Muito Grande

$A_p \geq 400$ - Extremamente Grande

Classificação da Intensidade das Manifestações de Humidade

Pontual Zona $n_f < 10\%$

Frequente 10% < Zona $n_f < 50\%$

Generalizada Zona $n_f > 50\%$

1. Pavimento

Manifestações de Humidade		Intensidade das Manifestações de Humidade		
<i>Selecione uma ou mais opções</i>		Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Teto

Manifestações de Humidade		Intensidade das Manifestações de Humidade		
<i>Selecione uma ou mais opções</i>		Pontual	Frequente	Generalizada
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

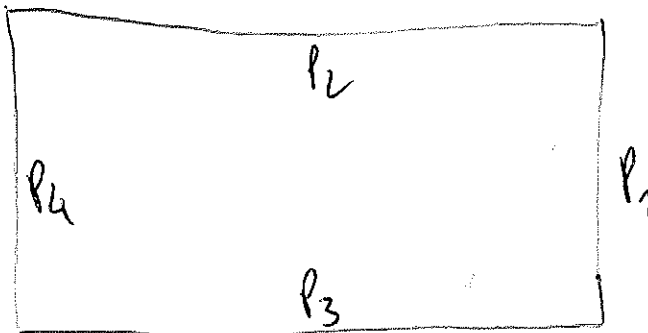
3. Paredes			
<i>Manifestações de Humidade</i>	<i>Intensidade das Manifestações de Humidade</i>		
Parede 1			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	Frequente	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	Generalizada	<input type="checkbox"/>
Parede 2			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input checked="" type="checkbox"/>	Pontual	<input checked="" type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	Frequente	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	Generalizada	<input type="checkbox"/>
Parede 3			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	Frequente	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	Generalizada	<input type="checkbox"/>
Parede 4			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	Frequente	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	Generalizada	<input type="checkbox"/>
Parede 5			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	Frequente	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	Generalizada	<input type="checkbox"/>
Parede 6			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	Frequente	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	Generalizada	<input type="checkbox"/>

Parede 13			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 14			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 15			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 16			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 17			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 18			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 19			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Parede 20			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 21			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 22			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 23			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 24			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 25			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 26			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	<input type="checkbox"/>
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frequente
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Generalizada
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Parede 27			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Generalizada	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 28			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Generalizada	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 29			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Generalizada	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
Parede 30			
<i>Selecione uma ou mais opções</i>			
Manchas humidade	<input type="checkbox"/>	Pontual	Frequente
Bolores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manchas de cor branca ("Salitre")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Generalizada	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

4. Representação Esquemática para Identificação das Paredes



5. Condições de Utilização do Compartimento face à humidade

Utilização impedida Utilização condicionada Utilizável Sem problemas

Fatores e Pesos a usar na Quantificação do Índice de Condicionamento da Utilização face à Humidade - $I_{humidade}$

1. Fatores e Pesos		
Fatores referentes às intensidades das manifestações de humidade - $I_{manifestação}$	Fatores referentes às condições de utilização - $I_{utilização\ compartimento\ i}$	Pesos referentes à Área Pavimento - $P_{área\ pavimento\ i}$
.Pontual 0.10	.Utilização Impedida 0.90	$A_p < 10$ 1
.Frequente 0.50	.Utilização Condicionada 0.50	$10 \leq A_p < 50$ 3
.Generalizada 0.90	.Utilizável 0.10	$50 \leq A_p < 150$ 10
	.Sem Problemas 0	$150 \leq A_p < 400$ 28
		$A_p \geq 400$ 40

2. Equações para Quantificação do $I_{humidade}$

$I_{elemento,i} = I_{manifestação(mais\ elevado)} + (0.055 I_{manifestação} + 0.055 I_{manifestação}) \leq 1$

$I_{global,paredes,i} = \frac{\sum_{j=1}^y I_{parede,j}}{y}$

$I_{compartimento,i} = [I_{global,paredes,i} * 0.6 + I_{pavimento,i} * 0.2 + I_{teto,i} * 0.2] * 0.3 + I_{utilização,compartimento,i} * 0.7$

$I_{humidade} = \frac{\sum_{i=1}^z (P_{área\ pavimento,i} * I_{compartimento,i})}{\sum_{i=1}^z P_{área\ pavimento,i}} \in [0; 1]$

Nota:
No caso da não existência de uma manifestação num dado elemento, o seu $I_{manifestação}$ tomará o valor de zero

3. Folha de Cálculo dos I _{compartmento,i}		
Compartmento n° 1		
$I_{pavimento} = 0,11 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0,11$	$I_{parede 1} = 0,11 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0,11$	$I_{parede 3} = 0,11 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0,11$
$I_{teto} = 0,11 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0,11$	$I_{parede 2} = 0,11 + (0,055 * 0,11 + 0,055 * 0) = 0,106$	$I_{parede 4} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 5} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 7} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 9} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 6} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 8} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 10} = 0,11 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0,11$
$I_{parede 11} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 13} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 15} = 0,11 + (0,055 * 0,11 + 0,055 * 0) = 0,106$
$I_{parede 12} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 14} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 16} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 17} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 19} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 21} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 18} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 20} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 22} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 23} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 25} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 27} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 24} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 26} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 28} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 29} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 30} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	
$I_{global,paredes} = \frac{0,11 + 0,106 + 0,11 + 0,11 + 0,106}{21} = 0,024$		
$I_{compartmento} = 10,024 * 0,6 + 0,11 * 0,2 + 0,11 * 0,2 + 0,11 * 0,3 + 0,11 * 0,7 = 0,09$		
Compartmento n° 2		
$I_{pavimento} = 0,15 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0,15$	$I_{parede 1} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 3} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{teto} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 2} = 0,11 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0,11$	$I_{parede 4} = 0 + (0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 5} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 7} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 9} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 6} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 8} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 10} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 11} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 13} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 15} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 12} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 14} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 16} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 17} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 19} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 21} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 18} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 20} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 22} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 23} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 25} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 27} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 24} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 26} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 28} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$
$I_{parede 29} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	$I_{parede 30} = -(0,055 * 0 + 0,055 * 0) = 0$	
$I_{global,paredes} = \frac{0,15}{4} = 0,025$		
$I_{compartmento} = 10,025 * 0,6 + 0,15 * 0,2 + 0 * 0,2 + 0,11 * 0,3 + 0,11 * 0,7 = 0,11$		

4. Folha de Cálculo do I_{humidade}

$$I_{\text{humidade}} = \frac{0,09 \times 40 + 0,11 \times 10}{50}$$

$$= 0,094$$

. Classificação final - I_{humidade}

