

**Escola das Artes da Universidade Católica Portuguesa**

Mestrado em Conservação e Restauro de Bens Culturais



**Caracterização da Colonização Microbiana da Pintura Mural de Três Igrejas (N Portugal):**

**Estudo Preliminar do Crescimento Microbiano, Avaliação da Actividade de Biocidas e Proposta de Intervenção Futura**

**Especialização Pintura**

*Alexandra de Almeida Marco Pereira*

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Doutora Eduarda Vieira

Co-orientadores: Doutora Patrícia Moreira e Doutor Joaquim Caetano

**VOLUME I**

PORTO

2016

Texto escrito de acordo com a antiga ortografia

**Escola das Artes da Universidade Católica Portuguesa**  
**Mestrado em Conservação e Restauro de Bens Culturais**



**Caracterização da Colonização Microbiana da Pintura Mural de Três Igrejas (N Portugal):**

**Estudo Preliminar do Crescimento Microbiano, Avaliação da Actividade de Biocidas e Proposta de Intervenção Futura**

**Especialização Pintura**

*Alexandra de Almeida Marco Pereira*

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Doutora Eduarda Vieira

Co-orientadores: Doutora Patrícia Moreira e Doutor Joaquim Caetano

PORTO

2016

*“I implore you, take some interest in those sacred dwellings meaningly described as laboratories. Ask that they may be multiplied and completed. They are the temples of the future, of riches and of comfort.”*

Louis Pasteur (1868) [226]

## ÍNDICE

### VOLUME I

Abreviaturas e siglas .....	8
Agradecimentos .....	13
Resumo.....	15
Abstract .....	17
Introdução .....	19
Metodologia .....	25
Estado da arte .....	27
CAPÍTULO I: A pintura mural em portugal nos séculos XV-XVI .....	32
1. Introdução .....	32
2. Materiais e métodos .....	33
2.1. A técnica e materiais da pintura mural nos três casos de estudo.....	34
2.1.1 A técnica pictórica.....	34
2.1.2 O suporte.....	36
2.1.3 As camadas de reboco.....	36
2.1.4 O desenho preparatório .....	37
2.1.5 Os pigmentos.....	38
2.1.6 O aglutinante .....	38
3. Conclusões .....	39
CAPÍTULO II: As três igrejas casos de estudo.....	41
1. Introdução .....	41
1.1 Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso (V.N. Famalicão).....	42
1.1.1 Enquadramento histórico-artístico .....	42

1.2. Igreja de Santa Cristina (Guimarães) .....	45
1.2.1 Enquadramento histórico-artístico .....	45
1.3. Igreja de São Tiago (Baião) .....	49
1.3.1 Enquadramento histórico-artístico .....	49
2. Conclusões .....	53
CAPÍTULO III: Materiais e técnicas das pinturas murais das três obras estudadas .....	54
1. Introdução .....	54
2. Materiais e métodos .....	56
2.1 Métodos de exame e análise.....	56
2.1.1 Observação das pinturas in situ.....	57
2.1.2 Documentação fotográfica .....	57
2.1.2.1 Luz directa.....	57
2.1.2.2 Luz rasante .....	58
2.1.2.3 Fluorescência de ultravioleta (UV) .....	58
2.1.3 Montagem de cortes estratigráficos.....	59
2.1.4 Micro-espectroscopia de infravermelho por transformada de fourier ( $\mu$ S-FTIR).....	61
3. Conclusões .....	62
CAPÍTULO IV: Caracterização da colonização microbiana da pintura mural de três igrejas.....	64
1. Introdução .....	64
1.1. Deterioração do granito.....	64
1.2 Deterioração da pintura mural.....	68
1.3 Tratamentos de biodeterioração .....	71
1.4 Remoção de patines de origem biológica.....	73
1.5 Objectivos .....	73
2. Materiais e métodos .....	74
2.1 Recolha de amostras.....	74

2.2 Isolamento de microorganismos.....	75
2.2.1 Meios microbiológicos.....	75
2.2.2 Isolamento e cultivo de microorganismos em meio sólido .....	75
2.2.3 Isolamento e cultivo de microorganismos em meio líquido.....	76
2.2.4 Armazenamento a curto, médio e longo prazo.....	76
2.3 Identificação dos isolados .....	77
2.3.1 Caracterização macroscópica e microscópica .....	77
2.3.2 Microscopia electrónica de varrimento (SEM).....	77
2.3.3 Identificação dos isolados por metodologias de biologia molecular.....	78
2.3.3.1 Extracção de ADN total .....	78
2.3.3.2 Amplificação por reacção em cadeia da polimerase (PCR).....	79
2.3.3.3 Sequenciação dos produtos de amplificação.....	80
2.4 Efeito de biocidas na viabilidade dos microorganismos isolados .....	80
2.4.1 Biocidas comerciais e óleos essenciais .....	80
2.4.2 Estirpes microbianas .....	81
2.4.3 Método de determinação da concentração mínima inibitória (CMI) .....	81
2.5 Caracterização química do pigmento produzido por isolados fúngicos seleccionados.....	82
2.5.1 Extracção de pigmento.....	82
2.5.1.1 Amostras e estirpes utilizadas .....	83
2.5.1.2 Equipamento .....	83
2.5.1.3 Extracção de pigmento a partir de amostras sólidas.....	84
2.5.1.4 Extracção de pigmento a partir de hifas .....	84
2.5.1.5 Extracção de pigmento a partir de exsudado.....	85
2.5.1.6 Extracção de pigmento a partir de meio extracelular .....	85
2.5.2 Caracterização dos pigmentos obtidos .....	86
2.5.2.1 Microscopia óptica .....	86

2.5.2.2 UV-Vis.....	86
2.5.2.3 Infravermelho.....	87
2.5.3 Descoloração enzimática dos pigmentos obtidos.....	87
2.6 Pré-maquetes e protótipos de frescos.....	89
2.6.1 Pré-maquetes.....	89
2.6.2 Protótipos finais.....	90
3. Resultados e discussão.....	91
3.1 Isolamento e identificação de microorganismos.....	91
3.1.1 Caracterização macroscópica e microscópica.....	94
3.1.2 Microscopia electrónica de varrimento (SEM).....	94
3.1.3 Sequenciação dos produtos de amplificação.....	95
3.2 Ensaio de biocidas.....	96
3.3 Extracção e caracterização dos pigmentos produzidos pelos isolados.....	98
3.4 Descoloração enzimática dos pigmentos obtidos.....	99
3.5. Pré-maquetes e protótipos de frescos.....	101
3.5.1 Pré-maquetes.....	101
3.5.2 Protótipos finais.....	101
4. Conclusões.....	101
CAPÍTULO V: Conservação preventiva.....	103
1. Introdução.....	103
2. Materiais e métodos.....	108
2.1 Equipamento.....	108
2.2 Monitorização climática.....	109
2.3 Virtualização do património por meio de fotogrametria digital.....	110
2.4 Documentação gráfica com recurso a programa informático de sistemas de informação geográfica (SIG).....	110

3. Análise de risco .....	111
3.1 Enquadramento do espaço interior/exterior .....	111
3.1.1 Igreja de Santa Eulália .....	112
3.1.2 Igreja de Santa Cristina .....	112
3.1.3 Igreja de São Tiago .....	112
3.2 Resenha de obras realizadas .....	113
3.2.1 Igreja de Santa Eulália .....	113
3.2.2 Igreja de Santa Cristina .....	113
3.2.3 Igreja de São Tiago .....	114
3.3 Estado de conservação. Mapeamento dos agentes de deterioração .....	115
3.3.1 Igreja de Santa Eulália .....	115
3.3.2 Igreja de Santa Cristina .....	119
3.3.3 Igreja de São Tiago .....	122
3.4 Conservação sustentável. Factores de risco .....	124
3.5 Riscos. Níveis e medidas Estratégias de mitigação .....	130
3.6 Parâmetros de um plano de conservação preventiva .....	130
4. Conclusões .....	134
Considerações finais .....	136
Trabalho futuro .....	138
1. Microbiologia .....	138
2. Conservação preventiva .....	138
Lista de comunicações e publicações relacionadas com a investigação .....	139
Glossário .....	140
Referências bibliográficas .....	145

## Abreviaturas e siglas

ADN – Ácido desoxirribonucleico

BC – Benzalkonium Chloride

°C – Graus Celsius

CBQF – Centro de Biotecnologia e Química Fina

CCI – Canadian Conservation Institute

CDA – Czapek Dox Agar (Modified)

CDB – Czapek Dox Liquid Medium (Modified)

Cfr. – Confronte

CIE – Commission Internationale d'Eclairage

CITAR – Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes

cm – Centímetro

CMI – Concentração Mínima Inibitória

Dec. – Decreto

DGEMN – Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais

DGPC – Direcção-Geral do Património Cultural

DMSO – Dimetilsulfóxido

DXR – Difracção de Raios-X

E. – Este

ECCO – European Confederation of Conservator-Restorers' Organisations

Ed. – Edição

EDTA – Ethylenediaminetetraacetic acid

EDXRF – Espectrometria de Fluorescência de Raios-X

EN. – Estrada Nacional

F.C.T-U.N.L. – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

FTIR – Fourier Transform Infrared Spectroscopy

g – Grama

GCI – The Getty Conservation Institute

GES – Guanidine thiocyanate

GCI – Getty Conservation Institute

HD – Heritage Documentation

HR – Humidade Relativa

*Ibidem* – No mesmo lugar

ICOM-CC – International Council of Museums – Committee for Conservation

ICOMOS – International Council on Monuments and Sites

ICCROM – International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property

IDEM – O mesmo

Ig. – Igreja

IGESPAR – Instituto de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico

IHRU – Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana

IJF – Instituto José de Figueiredo

In – Em

IPCE – Instituto del Patrimonio Cultural de España

IPCR – Instituto Português de Conservação e Restauro

IPM – Instituto Português de Museus

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

IPPAR – Instituto Português do Património Arquitectónico

ISCARSAH – International Scientific Committee on the Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage

ISCS – International Scientific Committee for Stone

IST – Instituto Superior Técnico

ITS – Internal Transcribed Spacer

IV – Infravermelho

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

min – Minutos

ml – Mililitro

$\mu$ l – Microlitro

mm – Milímetro

mM – Milimolar

MO – Microscopia óptica

N. – Norte

Nº – Número

NA – Nutrient Agar

NM – Nanómetros

O. – Oeste

*Ob. cit.* – Obra citada

OHM – Optimal Haematococcus Medium

OMWP – Organic materials in wall paintings

p. – Página

PCR – Polymerase Chain Reaction

PDA – Potato Dextrose Agar

PDB – Potato Dextrose Broth

pp. – Páginas

PRECOM<sup>3</sup>OS – Preventive Conservation, Maintenance, and Monitoring of Monuments and Sites

QAC – Quaternary ammonium compounds

RPM – Rede Portuguesa de Museus

rpm – Rotação por minuto

S. – Sul

S.e. – Sem elementos

S.l. – *Sine loco* (sem local de edição)

s.n. – *Sine nomine* (sem nome/editor)

séc. – Século

sécs - Séculos

SEM – Scanning Electron Microscopy

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIPA – Sistema de Informação para o Património Arquitectónico

SMCI – Smithsonian Museum Conservation Institute

Sta. – Santa

UA – Universidade de Aveiro

UM – Universidade do Minho ( (

UCP – Universidade Católica Portuguesa

UL – Universidade de Lisboa

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UV – Ultravioleta

V&A – Victoria and Albert Museum

Vd. – *Vide* (ver)

VIS – Radiação Visível

Vol. – Volume

Vols. – Volumes

## **Agradecimentos**

Gostaria de exprimir os meus agradecimentos a todos aqueles que de uma forma ou outra contribuíram para a realização deste trabalho:

À minha orientadora Doutora Eduarda Vieira, pela orientação científica, pelo desafio para ir sempre além na temática da investigação, pelo seu auxílio quando as dúvidas surgiam, pelo apoio, amizade e ainda, como investigadora integrada do CITAR, pela disponibilização de parte das verbas necessárias ao desenvolvimento deste projecto.

À minha co-orientadora Doutora Patrícia Moreira, pela orientação científica, pelas horas que comigo passou no laboratório, pela sua paciência, perseverança e ensinamentos. Mais ainda, por, como investigadora integrada do CITAR e do CBQF, disponibilizar igualmente as verbas necessárias ao projecto que se deseja ver continuado.

Ao meu co-orientador Doutor Joaquim Inácio Caetano, pela confiança que em mim depositou para levar a cabo esta dissertação cujo tema me sugeriu. Agradeço-lhe igualmente a deslocação ao Porto para me transmitir conhecimentos e auxiliar na preparação das maquetes de pintura mural. Finalmente, agradeço-lhe todos os ensinamentos, orientação científica, apoio e amizade.

Ao Doutor Frederico Henriques pelo seu auxílio no âmbito do projecto de pós-doutoramento “Heritage Documentation” – HD e pelo contributo e companhia nos trabalhos de campo e captação de imagens.

À Doutora Ana Bailão pelo acompanhamento nas visitas às igrejas, seleccionadas como casos de estudo.

Ao Dr. Arlindo Silva, pela disponibilidade no acompanhamento em oficina na preparação das maquetes de pintura mural e permitir agilizar o processo.

À Doutora Manuela Pintado pelo acesso ao espaço laboratorial, materiais e equipamentos no CBQF da Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa.

Agradeço ainda às seguintes instituições:

À Comissão Fabriqueira da Igreja de Santa Eulália na pessoa do Senhor José Campos Ferreira por facultar bibliografia histórica e fotográfica sobre a igreja.

Aos Rev. Senhores Padres António Loureiro Lopes da Arquidiocese de Braga, Arciprestado de Vila Nova de Famalicão, Paróquia de Arnoso; Joaquim Jorge Coutinho Soares da Diocese do Porto, Arciprestado de Baião, Paróquia de Valadares; e José Ferreira Marques da Arquidiocese de Braga, Arciprestado de Guimarães, Paróquia de Serzedelo, pela disponibilidade e colaboração prestada.

À Rota do Românico nas pessoas da Dra. Elsa Silva como primeiro contacto e do Dr. José Augusto Costa, para visita, recolha de amostras e captação de imagens na Igreja de S. Tiago.

## Resumo

A investigação abrange três conjuntos de pinturas murais a fresco, com alteração da superfície, sugerindo um processo de colonização microbiana. Documentam-se os procedimentos de recolha e tratamento de amostras dos materiais, a fim de conhecer a técnica da pintura mural original e caracteriza-se o actual estado de conservação dos bens, para a realização de acções de conservação e restauro.

São focados três casos de estudo: a Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso/Igreja de São Salvador, em Vila Nova de Famalicão, a Igreja de São Tiago/ Igreja Paroquial de Valadares, em Baião e a Igreja de Santa Cristina de Serzedelo, em Guimarães. Os três monumentos inserem-se em ambientes rurais, de construção em granito porfiróide, de grão grosseiro e essencialmente biotítico, como postulado nas cartas geológicas consultadas. Santa Eulália, é uma construção do séc. XII. Santa Cristina, é de meados do Séc. XIII e S. Tiago, de finais do românico. No interior, as igrejas são parcialmente revestidas com pinturas murais e revelam diferentes campanhas de intervenção entre os sécs. XV e XVI.

Durante a investigação, recolheram-se vinte e sete amostras que se submeteram a análise por microespectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier ( $\mu$ S-FTIR) e exames estratigráficos para identificação da constituição das pinturas murais. Caracterizam-se, desta forma, como frescos, mostrando maioritariamente apenas uma camada de reboco e camada cromática extremamente finas.

No estudo da alteração das superfícies comprovou-se que as obras evidenciam uma degradação comum aos três exemplos manifestada pela presença de biofilmes negros de origem microbiana. Para o seu estudo e caracterização recorreu-se a diferentes métodos de exame e análise como: a microscopia óptica (MO); métodos clássicos de microbiologia e identificação de isolados por biologia molecular; espectrometria de UV-Visível; CIE  $L^*a^*b^*$ ; microscopia electrónica de varrimento (SEM).

A partir da recolha de trinta e seis amostras de locais onde era patente a alteração cromática da superfície, isolaram-se vinte e seis fungos filamentosos e quarenta e três

bactérias/leveduras. Identificaram-se até à espécie, sete fungos filamentosos correspondendo a três géneros diferentes – *Apergillus*, *Penicillium* e *Alternaria*.

De entre os organismos isolados, seleccionaram-se quatro, com potencial de produção de biofilmes negros, para tratamentos com quatro biocidas comerciais e cinco biocidas naturais (óleos essenciais) e determinação das respectivas concentrações mínimas inibitórias (CMI). Efectuaram-se testes para isolamento e caracterização química do pigmento produzido por estes fungos e eventual remoção das patines através de protocolos de extracção de pigmento e de degradação enzimática, com uma peroxidase fúngica. Alcançou-se uma diminuição da cor nos provetes, com potencial de aplicação futura.

Recolheram-se pontualmente valores de Humidade Relativa e Temperatura, tanto no interior, como no exterior dos monumentos. Verificou-se que a água se destaca como principal agente de deterioração dos frescos nos três casos de estudo, com especial gravidade em Sta. Eulália e Sta. Cristina, onde migra para o interior do granito por ascensão capilar. A luz solar directa assume-se como um factor de risco importante no caso de Santa Eulália. A conjugação destes três factores é responsável pela perda significativa de área polícroma e das manchas negras inestéticas por biocolonização fúngica, agravada no caso de Sta. Eulália pela remoção dos altares, entre 1941 e 1945.

Em consequência, considerou-se pertinente a avaliação dos factores e da magnitude de risco, tendo por fim a elaboração de um quadro interpretativo para a tomada de decisão sobre medidas prioritárias a implementar e a elaboração, no futuro, de um plano de conservação preventiva.

Com a presente dissertação pretende-se preencher uma lacuna na conservação e restauro de pinturas murais, quer no que diz respeito à frequente ausência de análises para caracterização e identificação das manchas negras de origem microbiológica, quer quanto à forma de as remover.

**Palavras-chave:** Pinturas murais a fresco, biofilmes negros, fungos, peroxidase; Humidade relativa/Temperatura, avaliação de risco.

## **Abstract**

The present study relates to an investigation around three sets of fresco mural paintings showing surface alteration due to microbial colonization. The aim was both to document the procedures for collecting and processing samples in order to gather a wide range of knowledge of the original mural painting technique, and to characterize the current state of heritage conservation so as to plan conservation and restoration measures.

The research comes to a focus on three case studies: Santa Eulália Church of the Monastery of Arnoso/São Salvador Church, in Vila Nova de Famalicão; São Tiago Church/Parish Church of Valadares, in Baião; and Santa Cristina of Serzedelo Church, in Guimarães.

The three Romanic churches, made of porphyritic granite (biotitic) with coarse grain, fall within rural environments as perceived by the consultation of geological maps. Santa Eulália is from the XII<sup>th</sup> century, Santa Cristina of the middle of the XIII<sup>th</sup> century, and São Tiago probably of the end of the XIII<sup>th</sup> century. The interior walls are partially covered with mural paintings: Sta. Eulalia presents a first campaign possibly from the XV<sup>th</sup> century and overlaying it, one from the XVI<sup>th</sup> century. Sta. Cristina has several campaigns on different walls, being the latest from the XVI<sup>th</sup> century. S. Tiago has only one campaign from the XV<sup>th</sup> century.

Twenty seven samples were collected during the investigation and underwent analysis to identify the constitution of the mural paintings by using  $\mu$ S-FTIR combined with stratigraphic. The analysis revealed they feature as frescos, showing mostly just one layer of mortar and extremely thin layers of plaster and polycromy.

The study of the surface changes unveiled a degradation, common to the three monuments, shown by the presence of black biofilms of microbiological origin. Different methods of exam were undertaken for their study and characterization assessment: optical microscopy; classical microbiology methods and isolate identification by molecular biology; spectrometry of UV-Visible; CIE L\*a\*b\*; and scanning electron microscopy (SEM).

Based on thirty six samples taken from the location where the chromatic changes were visible, twenty six filamentous fungi and forty three bacteria/yeasts were isolated. Seven

filamentous fungi were identified to the species and belonged to three different genera – *Aspergillus*, *Penicillium* and *Alternaria*.

Four fungi isolates were selected among those with the capability of producing black pigmentation for treatments with four commercial biocides and five essential oils, and the minimum inhibitory concentrations determination. Assays were implemented for the pigment chemical isolation and characterization produced by these fungi and for the removal of the patina through pigment extraction protocols and fungal peroxidase enzymatic degradation. A diminished coloration was obtained in test specimens', forecasting future use.

Water is the main deterioration agent of frescos in the three case studies, with particular emphasis in Sta. Eulália and Sta. Cristina due to capillarity migration towards the granite interior. Values of Relative Humidity and Temperature were collected both inside and outside of the monuments. In the case of Santa Eulalia, direct sunlight is another important risk factor. The combination of these three factors is responsible for significant loss of chromatic surfaces and unaesthetic black stains by fungal biocolonization, since the removal of the altars (1941 and 1945). Thus, it has been considered appropriate to evaluate the factors and magnitude of risk, aiming the development of an interpretative framework for decision-making on priority measures to be executed on a future preventive conservation plan.

This paper aims to fill a gap in the conservation and restoration of mural paintings in relation to the frequent absence of analysis regarding the characterization and identification of black biofilms of microbiological origin, or how to remove them.

**Keywords:** Fresco mural paintings, black biofilms, fungi, peroxidase, Relative humidity/Temperature, risk assessment.

## Introdução

A selecção do tema foi sugerida pelo Doutor Joaquim Inácio Caetano – profissional com vasta experiência no domínio da conservação de pintura mural, área em que trabalha como conservador-restaurador há mais de trinta anos. No decurso do seu extenso trabalho de campo em conjuntos pictóricos do norte do país, deparou-se, frequentemente, com um problema de biodeterioração dos suportes, que se manifesta pelo aparecimento exuberante de uma coloração enegrecida que mancha tanto os suportes graníticos como as pinturas. O impacto visual decorrente dessa alteração biológica constitui uma questão de relevo na restituição estética das superfícies pintadas.

A eliminação dos microorganismos com recurso a biocidas comerciais, embora seja procedimento corrente dos conservadores-restauradores<sup>1</sup>, não se baseia, no geral, em testes para identificação prévia da biodeterioração ocorrida, nem dos seus patógenos especificamente. Como agravante: ao contrário do caso dos suportes pétreos que podem ser tratados de forma algo abrasiva, no caso da pintura mural, e não existindo estudos disponíveis sobre o problema, a limpeza das manchas negras revela-se impraticável. No cenário de desconhecimento generalizado sobre a questão da biocolonização por microorganismos e respectivos mecanismos de funcionamento, os conservadores-restauradores, tendem a assumir que as alterações são consequência da passagem do tempo e, como tal, algo difícil ou quase impossível de resolver. Outra tendência é a de ocultar as manchas, pintando por cima, para conferir um aspecto de “cara lavada” ou de “novo”, mas mascarando o problema que, inevitavelmente, ressurgirá no futuro. Revela-se assim, necessário encontrar soluções práticas. Perante uma lista de várias igrejas aparentando o mesmo tipo de degradação, seleccionaram-se três, para a realização de testes preliminares de biodeterioração e erradicação dos organismos. Na perspectiva de se alcançarem resultados positivos efectuar-se-iam posteriores testes de limpeza do pigmento dos biofilmes

---

<sup>1</sup> Normalmente biocidas de largo espectro disponíveis no mercado, muitas vezes utilizados com desconhecimento da longevidade de actuação dos mesmos, que é bastante reduzida indo de 1 a 3 anos no máximo. Sendo de largo espectro, ou seja, os organismos alvo não são específicos, abrange todos, a sua eficácia torna-se mais reduzida, podendo mesmo ser mais efectivo num determinado organismo do que nos restantes, o que pode ter implicações no seu reaparecimento a longo prazo.

negros. A solução encontrada contribuiria para uma mudança no contexto da conservação e restauro da pintura mural<sup>2</sup>.

Uma proposta de intervenção em Conservação e Restauro que abranja um conjunto de bens culturais diversificados na sua natureza, implica, como momento determinante para o respectivo conhecimento, uma abordagem metodológica tanto na fase do estudo como durante a intervenção propriamente dita. Porém, enquanto o projecto prévio se apresenta como a ferramenta metodológica e operacional que permite planificar as acções necessárias, a intervenção adquire uma componente de pesquisa aplicada que, pela sua especificidade, se traduz na descoberta de novos aspectos.

Ou seja, a intervenção sobre uma obra de arte deve apresentar-se como o resultado de uma análise crítica e fundamentada onde convergem dados científicos de diferentes áreas, num exercício pluridisciplinar, e onde cada especialista contribui individualmente com pesquisa relevante sobre o tema em estudo. Tendo em vista produzir resultados concretos, importa delimitar o âmbito de actuação, priorizar de modo claro os objectivos da proposta e definir os critérios teóricos para as intervenções.

Os critérios gerais de intervenção do conservador-restaurador, bem conhecidos em contexto académico, são orientados pelo respectivo Código Deontológico [10] de acordo com as directrizes legais e internacionalmente aceites para o estudo e intervenção. E, nesse sentido, é imprescindível acautelar que os produtos utilizados e as técnicas empregues sejam passíveis de se reverter e compatíveis com os materiais da obra em questão, não colocando em risco a integridade histórica e física do bem cultural [196]<sup>3</sup>. Para além da componente inicial indicada, o recurso à fotografia é também de primordial importância, não só para

---

<sup>2</sup> As três igrejas seleccionadas, apesar de terem semelhanças a nível de biodeterioração visível, convém referir que uma delas chegou a ser intervencionada pela Mural da História, mas continua a apresentar as mesmas manchas escuras, agora também nas argamassas de restauro.

<sup>3</sup> “The composition of (...) materials, their manner of application, and the ways in which they have altered and degraded have a very practical bearing on the conservation, interpretation, and authentication of historic and artistic works of which they are part”.

documentar a obra [138]<sup>4</sup>, como para registar alterações<sup>5</sup>, detalhes técnicos de execução e processos de tratamento, devendo, por isso, acompanhar todo o processo de intervenção<sup>6</sup>.

Os princípios base pelos quais o conservador deve reger-se com vista a estabelecer as melhores práticas de conservação e restauro [85] são: a *compatibilidade* entre materiais, para a qual é necessário efectuar testes com o fim de prevenir reacções adversas à combinação deles<sup>7</sup>; a *reversibilidade*<sup>8</sup>, fundamental face à constante evolução dos materiais de conservação, na medida em que o avanço científico se traduz em adaptações permanentes; o *reconhecimento*<sup>9</sup>, possibilitando a distinção entre a obra original e a intervenção, exhibe o que é restaurar e não o imitar ou fingir. Em suma, o processo da *intervenção mínima*<sup>10</sup> deve guiar o tratamento, aplicando-o exclusivamente às zonas afectadas, respeitando a obra e o seu contexto histórico e estilístico.

A este respeito, por exemplo, no que concerne ao património edificado, interessa referir o Eurocódigo 8, Anexo F [142]:

*“As provisões referentes a edifícios correntes só são aplicáveis aos monumentos e edifícios históricos se não produzirem efeitos negativos na sua salvaguarda. As técnicas de intervenção propostas para um monumento*

---

<sup>4</sup> A falta de metodologia no registo das técnicas e dos materiais utilizados, leva a uma lacuna de informação referente a determinados períodos históricos, não mais colmatada: “The want of a sufficiently extensive investigation of original authorities to the early practice (...) has led to various contradictory theories; and the uncertainty which has been the result has too often induced an impression that the excellence of art, in former ages, depend on some technical advantages which have been lost”.

<sup>5</sup> Os registos visuais e/ou escritos são indispensáveis e responsáveis pela preservação do conhecimento para as gerações vindouras. Cfr. [251].

<sup>6</sup> O registo do antes, durante e após a intervenção de restauro pode ser igualmente encarado como uma estratégia de conservação preventiva, ao substituir o visionamento do original pela documentação, limitando o contacto à peça e seu excessivo manuseamento. Cfr. [214].

<sup>7</sup> “Il est indispensable de procéder à des tests préliminaires permettant de garantir l’innocuité de l’opération”. [197, p. 104].

<sup>8</sup> A facilidade na sua futura remoção. Cfr. [66]. A noção de se conseguir remover ou eliminar completamente qualquer produto empregue numa intervenção de restauro revelou-se impraticável, senão utópico (especificamente quando o material adicionado tem função estrutural). Por tal, a reversibilidade dita actualmente que seja possível a aplicação de futuros tratamentos sobre outros anteriores, concretamente, que os tratamentos iniciais não impeçam a utilização de produtos de diferente natureza no futuro, bem como, não alterem a composição química ou estrutura da obra de arte. Cfr. [98, p. 183].

<sup>9</sup> Nas adições de carácter estético efectuadas a uma pintura, deve predominar a facilidade de distinção entre o original e os acrescentos. Cfr. [114, p. 280].

<sup>10</sup> O potencial dano que um restauro menos cuidado ou excessivo possa causar levou a considerações sobre até onde seria possível intervencionar sem atingir o “ponto sem retorno”. Cfr. [315].

*devem preencher os requisitos da salvaguarda, aplicando critérios de Eficácia, Compatibilidade, Durabilidade e Reversibilidade.”*

Outras recomendações do ISCARSAH (ICOMOS) podem ser analisadas e atestam o seguinte [17]:

*“O valor de cada construção histórica não está apenas na aparência de elementos isolados, mas também na integridade de todos os seus componentes como um produto único da tecnologia de construção específica do seu tempo e do seu local. (...) A singularidade de cada edificação patrimonial, com a sua história complexa, requer a realização de estudos e propostas por fases (...) pesquisa de dados e informações significativas, identificação das causas de danos e degradações, a escolha de medidas curativas e controle da eficácia das intervenções.*

*(...) É necessária a plena compreensão das características materiais e estruturais para a prática conservativa. É essencial a informação sobre a estrutura nos seus estados original e anteriores, as técnicas utilizadas na construção, as alterações e seus efeitos, os fenómenos ocorridos, e, finalmente, o seu estado actual.”*

E no caso particular das pinturas murais afectas a um suporte inorgânico [16]:

*Art. 2º: “Todos os projectos de conservação devem ter início em investigações científicas rigorosas. O objectivo é reunir o máximo de informações possível sobre a composição do suporte e das diferentes camadas sobrepostas e avaliar as suas dimensões históricas, estéticas e técnicas. Tais estudos devem abranger todos os valores materiais e imateriais da pintura, assim como as modificações, acréscimos e restauros históricos. Tal, requer uma abordagem multidisciplinar”.*

*Os métodos de investigação devem ser, sempre que possível, não destrutivos. Deverá ser dada especial atenção às pinturas murais escondidas sob camadas de tinta, cal, gesso, etc. Os pré-requisitos a qualquer programa de conservação são a investigação científica dos mecanismos de macro e microdegradações, a análise do material e o diagnóstico das condições.*

Do ponto de vista doutrinário convém dar relevo às variadas “Cartas de Património” produzidas nas últimas décadas, as quais estabelecem princípios fundamentais e servem de orientação às intervenções no património arquitectónico. Destaca-se a Carta de Veneza

(1964), ou, mais recentemente, a Carta de Cracóvia (2002), cujos excertos mais relevantes são apresentados infra.

*Art. 2º: “A conservação e restauro dos monumentos constituem uma disciplina que apela à colaboração de todas as ciências e de todas as técnicas que possam contribuir para o estudo da salvaguarda do património monumental.”*

*Art. 16º: “Os trabalhos (...) serão sempre acompanhados pela compilação de uma documentação precisa de desenhos e fotografias. Todas as fases de trabalho (...) serão anotadas.”*

Carta de Veneza [7]

*“A intervenção escolhida deve respeitar a função original e assegurar a compatibilidade com os materiais, as estruturas e os valores arquitectónicos existentes. Quaisquer novos materiais ou tecnologias devem ser rigorosamente testados, comparados e experimentados antes da respectiva aplicação. Embora a aplicação “in situ” de novas tecnologias possa justificar-se (...), estas devem ser constantemente controladas tendo em conta os resultados obtidos, o seu comportamento ao longo do tempo e a possibilidade da sua eventual reversibilidade.*

Carta de Cracóvia [6]

Sublinha-se, ainda, a importância das seguintes premissas: proceder à análise dos materiais constituintes das obras, antes de se iniciar qualquer procedimento; elaborar estudos prévios à intervenção para uma melhor compreensão desta e dos métodos a usar no seu tratamento; pesquisar receituários artísticos veiculados em tratados antigos [149], que servem de base ao estudo dos materiais das obras anciãs; criar uma documentação de todas as fases do restauro, no intuito de impedir incompatibilidade em intervenções futuras, e permitir conhecer os produtos utilizados, porquanto, tendo em consideração a necessidade da sua eventual remoção, se adoptar o mais adequado para o efeito pretendido. Trata-se de seguir o princípio *primum non nocere*<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Expressão do latim que significa “acima de tudo, não fazer mal”, e é um dos principais preceitos da ética médica, cuja origem é incerta, sendo frequentemente (mas talvez erradamente) atribuída a Hipócrates (Juramento Hipocrático).

Ao acréscimo de valor imputado às obras de arte, tanto nos seus valores intrínsecos (formais e artísticos), como nos extrínsecos (sociais e históricos), que remonta à segunda metade do séc. XX, alia-se uma vontade de preservação das mesmas que conduz à pesquisa científica de soluções para a sua degradação. Daí que, na procura de uma solução que requer uma correcta avaliação de risco sugerindo uma prática preventiva com elaboração de um plano de conservação sustentável, se opte no presente projecto, pelo estudo prévio dos fenómenos de degradação para caracterização do problema em alternativa à intervenção na obra.

São diversos os métodos de análise existentes que podem ser utilizados de forma independente ou complementar, dado que os diferentes tipos têm simultaneamente vantagens e limitações. É em função do que se pretende ver respondido, que deve ser adoptado o método de análise mais adequado.

Em suma: os exames científicos e químicos a efectuar têm por objectivo complementar a informação sobre as pinturas, a fim de elaborar a proposta de tratamento apropriada. Por outro, o estudo da composição dos materiais constituintes das obras será efectuada por métodos de exame e análise não invasivo<sup>12</sup> e invasivo<sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> Os métodos de análise não invasivos não requerem recolha de amostras.

<sup>13</sup> Os métodos de análise invasivos requerem recolha de amostra que pode ser reutilizada para diferentes análises ou que, mediante o tipo de análise, pode resultar na sua destruição.

## Metodologia

A metodologia geral utilizada no trabalho de investigação teve por base uma vasta pesquisa bibliográfica sustentada em literatura científica, histórica e artística a partir de informação – recolhida e analisada, para aplicação no âmbito do trabalho experimental.

Para a descrição dos locais onde se situam os três casos de estudo recorreu-se a um registo exaustivo de intervenção física e documental (gráfico e fotográfico). Elencaram-se o levantamento fotográfico pormenorizado com recurso a fotografias sob luz directa que permitiu documentar as pinturas por meio de exposição de pormenor; os estudos de enquadramento histórico, artístico e histórico-arquitectónico das igrejas nas suas identidades histórica e funcional, e nas suas características espaciais, conceptuais e construtivas [40]; o enquadramento do monumento no contexto da localização geográfica, da geomorfologia e do clima; o estabelecimento de padrões de deterioração e mapeamento dos filmes negros presentes com caracterização da sua distribuição espacial; o levantamento cartográfico das litologias e estudo mineralógico e geoquímico do granito presente nas igrejas, por meio das Cartas Geológicas de Portugal à escala 1:50.000 – folhas 9-A (Póvoa de Varzim), 9-B (Guimarães) e 10-C (Peso da Régua) e Carta Geológica de Portugal à escala 1:200.000.

Recolheram-se amostras em diferentes zonas de cada uma das igrejas, seleccionadas por meio de inspecção visual das áreas pigmentadas, com o objectivo de obter amostras representativas de biodeterioração. A amostragem foi realizada numa área definida, por esfregação com zaragatoa estéril. As recolhas representam diferentes zonas estratigráficas entre granito e pintura mural.

Para o isolamento dos microorganismos utilizaram-se meios de cultura diversificados em função das características nutricionais específicas dos diferentes microorganismos (fungos, bactérias e leveduras): *Potato Dextrose Agar*, *Nutrient Agar*; *Potato Dextrose Broth*; *Czapek Dox Liquid Medium (Modified)* e *Optimal Haematococcus Medium*. Procedeu-se à recolha e isolamento de um número significativo de colónias por cada amostra. As estirpes isoladas foram armazenadas a curto, médio e longo prazo.

A caracterização microbiana preliminar foi levada a cabo utilizando métodos clássicos, designadamente observação microscópica e macroscópica. A superfície de seis amostras, revestidas por pulverização catódica com ouro, foi ainda caracterizada por microscopia electrónica de varrimento (SEM).

A análise dos pigmentos produzidos biologicamente foi executada e quantificada após extracção das amostras (isolamentos materiais e biológicos). O material resultante foi analisado por espectrometria de UV-VIS e os parâmetros de cor por CIE L\*a\*b.

Para as análises químicas aos pigmentos e aglutinantes das pinturas murais tentou-se a recolha de uma amostra por cor, se possível sem biodeterioração, para não interferir nos resultados da pesquisa e identificação de materiais orgânicos. A recolha foi efectuada mediante o auxílio de um bisturi esterilizado, e as amostras acondicionadas em *ependorfs* estéreis. Prepararam-se, ainda, cortes estratigráficos com recurso a resina e observação por microscopia óptica. Esta informação foi complementada por microespectroscopia de absorção de raios infravermelhos por transformada de Fourier ( $\mu$ S-FTIR).

A eficácia de quatro biocidas comerciais e de cinco biocidas naturais seleccionados, foi comprovada em microorganismos isolados responsáveis pelas manchas negras. As concentrações mínimas inibitórias (CMI) para os isolados foram obtidas utilizando o teste de difusão agar em placas de *Petri*. Em meio de agar esterilizado impregnaram-se os diferentes biocidas nas várias concentrações, de acordo com as instruções de aplicação do fabricante. Os meios foram inoculados com suspensões microbianas de microorganismos isolados, incubados à temperatura ambiente por um período mínimo de 4 dias. Foram igualmente realizadas amostras de controlo sem biocida.

Realizaram-se ainda maquetes para reprodução das características gerais das pinturas murais, e protótipos de granito com características mineralógicas similares aos originais (casos de estudo). Contudo, não chegaram a ser utilizados para testar a eficácia dos biocidas seleccionados em concentrações estimadas previamente.

## Estado da arte

Existe uma vasta bibliografia internacional sobre biodeterioração do património pétreo. Porém, a publicação conhecida de textos específicos sobre monumentos edificados em granito<sup>14</sup>, é, no entanto, em muito menor quantidade do que os que abordam os calcários, arenitos ou mesmo mármore<sup>15</sup>. Uma eventual justificação para tal facto será a distribuição dos afloramentos na crosta terrestre constituídos por 5% de rochas ígneas, 4% de rochas metamórficas e 75% de rochas sedimentares nas superfícies subaéreas e subaquáticas. As restantes superfícies estão cobertas por gelo. Tais dados permitem compreender a natureza e distribuição das rochas mais comuns que são, obviamente, as mais acessíveis para utilização como material de construção [186, p. 2].

Em Portugal, as intervenções sobre a pedra em edifícios com valor histórico e artístico, têm o seu embrião no Grupo de Trabalho Português de Conservação de Pedras em Edifícios, criado ao abrigo de um protocolo estabelecido em 1971 entre a Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN), o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e o Instituto José de Figueiredo (IJF), o qual, após formalização por decreto governamental passou a incluir o Instituto Superior Técnico (IST) e a Universidade de Lisboa (UL). Todavia, se a conservação dos materiais calcários era investigada a nível mundial e particularmente europeu, apenas em finais dos anos 80 do séc. XX, com a formação deste grupo de trabalho, os laços criados com outros grupos de investigação nacionais e internacionais e a necessidade de dar resposta a solicitações internas de colaboração para fins diversos, permitiram o confronto com a realidade nacional e demonstraram a

---

<sup>14</sup> Autores: Antão; Aira; Begonha; Brea; Ceryan; Chaki; Costa; De la Torre; Ericson; Fener; Frascá; García; García-del-Cura; Gómez-Heras; Güter; Hall; Haskins; Lin; Lobo; Nasseri; Oliveira; Ortiz; Palmer Jr.; Prieto; Prikryl; Reuschlé; Rivas; Scheerer; Schiavon; Seo; G. Sousa; L.M.O. Sousa; Suárez del Río; Takarli; Tuğrul; Vázquez; Wanne; Woo; Xu; Young entre outros.

<sup>15</sup> Autores: Abdelhafez; Alfano; Ascaso; Braams; Büdel; Cappitelli; Carvalho; Castanier; Crispim; Cultrone; Curri; Cuzman; De la Rosa-García; De la Torre; Diakumaku; Eckhardt; Etenauer; Ferris; Fry; Gauri; Gaylarde; Gómez-Alarcón; Gorbushina; Gravesen; Grbić; Grondona; Gupta; Hallmann; Halsey; Herrera; Horath; Hyslop; Kauffmann; Lamenti; Lewis; Li; Macdonald; Machill; Mahmutoğlu; Mehta; Meincke; Milde; Miller; Nespereira; Oriol; Ortega-Morales; Palmer Jr.; Pérez; Petersen; Pinheiro; Rosado; Saarela; Scheerer; Tiano; Tiryaki; Urquhart; Urzi; Videla; Wakefield; Warscheid; Thiel; Wells; Wong; Yavuz; Young; Zaharopoulou; Zanardini; Zhang; entre outros.

necessidade de se proceder a estudos sobre a alteração destes materiais em obra e a consequente abordagem da avaliação dos tratamentos a aplicar [118].

Dado que a utilização do granito está relativamente circunscrita à Península Ibérica e concretamente ao Norte de Portugal, é autorizado concluir ser este um factor preponderante para a existência de um reduzido número de publicações internacionais que versem sobre a temática da sua preservação. Acresce a este facto, a noção, por parte dos conservadores-restauradores de que o granito é um material perene. O tema das alterações da pedra principiou a ser abordado, no contexto nacional, somente nos anos 70 e 80 do século XX, designadamente por dois investigadores do LNEC – Elda de Castro e José Delgado Rodrigues. Já os estudos das alterações do granito desenvolveram-se particularmente na década de 90, em resultado de investigações no âmbito de projectos europeus com trabalhos de Arlindo Sá Begonha, Maria Amália Sequeira Braga e Delgado Rodrigues [109] e posteriormente Luís M.O. Sousa [284; 285; 286; 287; 288; 289; 290; 291].

De igual modo, tanto a monitorização dos monumentos após as intervenções sofridas, como os estudos subsequentes sobre o comportamento da aplicação de produtos químicos na pedra, são um tema pouco tratado. Até finais do século XIX o património arquitectónico foi sempre uma questão de interesse nacional, cujo âmbito nunca ultrapassou as respectivas fronteiras. As duas grandes guerras vieram alterar este contexto e edificar uma cultura internacional. São pois, resultado da primeira Guerra Mundial, a criação da Liga das Nações, e da segunda Guerra Mundial, a criação da Organização das Nações Unidas e da UNESCO. Apenas com o desenvolvimento da conservação preventiva nas colecções museológicas, passando posteriormente ao património móvel e imóvel, que ganhou força a partir de finais do século XX, se iniciou a monitorização dos edifícios.

No panorama internacional, salientam-se alguns organismos com provas dadas nesta área [32] como o International Council of Museums – Committee for Conservation (ICOM-CC) [13] que desenvolve inúmeras acções como cursos e seminários sobre conservação preventiva; o International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM) [14] através de um projecto denominado *Teamwork for Preventive Conservation* [33; 45], com o objectivo de desenvolver metodologias para a

aplicação da conservação preventiva em museus, organizar cursos internacionais de avaliação e gestão de riscos e cooperar em programas nacionais e regionais; o Getty Conservation Institute (GCI) [25], promotor de cursos de formação sobre gestão de condições ambientais para as colecções, disponibilizando *on line* as suas publicações sobre conservação preventiva; o Canadian Conservation Institute (CCI) [4] que divulga orientações e informações sobre cuidados gerais das colecções com base nos princípios da conservação preventiva e gestão de riscos, em documentos *on line*. Outros documentos de trabalho do CCI como o *Framework for Preservation of Museum Collections* deixaram de estar acessíveis; o Smithsonian Museum Conservation Institute (SMCI) [24] com um departamento de investigação em conservação e preservação com estudos sobre os processos de deterioração dos materiais; o International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) [15], reconhecido como organização mundial não-governamental associado à UNESCO, que se dedica a disseminar conhecimento, fomentar convenções internacionais, educar e treinar na vigilância do património em risco, promover a aplicação da teoria, metodologia e técnicas científicas à conservação do património arquitectónico e arqueológico e suporta o acesso livre à informação através do projeto *ICOMOS Open Archive: EPrints on Cultural Heritage*; por fim a United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) promotora de conferências internacionais sobre conservação preventiva e planeada, com prioridade para a avaliação dos riscos e mitigação das causas de deterioração, como ocorreu na conferência de 2014 [29]. Publica gratuitamente, newsletters e diversos documentos *on line*, com directivas sobre o património e a sua gestão. Com o objectivo de traçar uma estratégia europeia de conservação preventiva foi criado o projecto *PC-Strat – European Preventive Conservation Strategy* que envolveu vários países europeus, entre os quais Portugal, cujas linhas de actuação relativamente à conservação preventiva foram definidas numa reunião em Vantaa, na Finlândia, em Setembro de 2000 [44]. Num quadro mais próximo, surgem em Espanha, os planos de conservação preventiva do Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) [19].

Em Portugal, a conservação preventiva apenas foi introduzida nos últimos 20 anos. Uma mudança de atitude levou a um incremento dos esforços de formação e de apoio nesta área, em todos os níveis de ensino, a par da implementação de serviços, principalmente na área de

conservação preventiva por duas instituições do Estado: a Rede Portuguesa de Museus (RPM) [09], constituída em 2000 como projecto co-financiado pela Comissão Europeia, através do Instituto Português de Museus (IPM) tem um papel *informativo* com boletins, actas de reuniões, bancos de dados de museus, conjunto de cadernos com princípios e metodologias em conservação preventiva; um papel *formativo* com acções de formação em conservação preventiva, de curta duração; e de estímulo à *qualificação* através de financiamento, consultoria, diagnóstico de problemas, gestão de colecções, monitorização e controlo ambiental entre outros [100]. O Instituto Português de Conservação e Restauro (IPCR), através da divulgação e formação por especialistas e consultores estrangeiros – do CCI (Stefan Michalski e Jean Tétreault), do Victoria and Albert Museum (V&A) [31] (Jonathan Ashley-Smith) e do ICCROM (Neal Putt e Gäel de Guichen), entre outros. Em 2010, a École D'avignon – Centre de Formation a la Rehabilitation du Patrimoine Architectural, cria um projecto PRO EXEMPLARIA [1] para difundir conhecimento e formar profissionais na Roménia e Portugal no domínio da conservação do património arquitectónico. Todavia, ainda são escassos os estudos direccionados para a gestão de risco aplicada ao património edificado.

No âmbito da pintura mural, procedeu-se inicialmente a uma recolha de fontes primárias com a revisão de tratados de Armenini, Baldinucci, Cennino Cennini, Francisco de Holanda, Filipe Nunes, Palomino, Teófilo, Vasari, entre outros. Os receituários e as recomendações extraídas dos tratados técnicos são uma mais-valia no conhecimento dos materiais utilizados pelos pintores e, de certa forma, uma ponte para os casos em estudo. Ao divulgarem informações sobre a construção das pinturas e seus estratos, permitem a comparação entre o veiculado pelos tratadistas e os conjuntos murais em relevo.

Em Portugal, a partir da década de 70 do séc. XX, usufruiu-se de um exaustivo levantamento do acervo de pinturas, conduzido pela divisão de pintura mural do Instituto José de Figueiredo coordenado por Abel de Moura, a par de contributos de Vergílio Correia, Fernando de Pamplona, Dalila Rodrigues, Túlio Espanca, Luís Urbano Afonso, Vítor Serrão, Maria Teresa Cabrita Fernandes, Catarina Valença Gonçalves, Joaquim de Oliveira Caetano,

Margarida Botto, Irene Frazão, Teresa Sarsfield Cabral, e ainda do inventário organizado pelo Doutor Joaquim Inácio Caetano e a Mural da História<sup>16</sup>, entre outros.

Deparámo-nos com uma vasta bibliografia sobre esta temática que varia entre levantamentos topográficos, históricos<sup>17</sup>, iconográficos, assim como informação alusiva à biodeterioração<sup>18</sup> e seus tratamentos de conservação e restauro. Contudo, e apesar da existência de uma panóplia de artigos e teses [56; 73; 82; 93; 94; 95; 144; 158; 174; 208; 259] sobre cada um destes assuntos separadamente, existe uma lacuna no que concerne a fontes que consubstanciem uma possível relação da biodeterioração da pintura mural associada ao suporte granítico, sendo as alterações de ambos tratadas separadamente. Publicaram-se, no entanto, estudos pontuais em Portugal, que revelam um aprofundamento no interesse pelos problemas da pintura mural advindos do suporte, concentrados nos calcários, no Sul de Portugal [258].

Pese embora a existência de várias publicações sobre o estudo de óleos essenciais, são poucas as publicações científicas que versam sobre a sua possível exploração no campo da preservação de bens culturais em museus [113; 153], bibliotecas, arquivos e papel [124; 129; 177; 230; 245; 246; 247; 275; 300; 301]. Com estudos aplicados a frescos, apenas se conhece um autor [295; 296].

Em consequência do que se expôs, crê-se existir espaço e necessidade de efectuar um estudo sobre os biofilmes negros das pinturas murais, possivelmente com origem no granito, material amplamente utilizado em monumentos pétreos no Norte de Portugal.

---

<sup>16</sup> Empresa de Conservação e Restauro de pintura mural fundada por Joaquim Inácio Caetano, Maria Alice Cotovio e José Artur Pestana, em 1991.

<sup>17</sup> Dalila Rodrigues, Joaquim Oliveira Caetano, Luís Urbano Afonso, Paula Bessa, Teresa Fernandes, Túlio Espanca, Vítor Serrão entre outros.

<sup>18</sup> Autores: Agrawal; Arai; Altenburger; Berner; Bettini; Beutel; Bianchi; Bosch Roig; Chelazzi; Crippa; Curri; Dhawan; Diakowska-Czamota; Doménech-Carbó; Eckhardt; Emoto; Garg; Gargani; Giacobini; Gorbushina; Guglielminetti; Gutner; Hadjivulcheva; Hammer; Heyrman; Ionita; Istudor; Jeffries; Karpovich-Tate; Krumbein; Kuritzyna; Laiz; Lazar; Luppi Mosca; Lustrato; Milanesi; Montes; Negrotti; Nugari; Pepe; Petushkova; Piñar; Radaelli; Ranalli Raschle; Rebricova; Roig Picazo; Rölleke; Saarela; Saiz-Jimenez; Sampó; Savulescu; Schabereiter-Gutner; Sorlini; Stupar; Subbaraman; Tiano; Tilak; Tonolo; Weirich; entre outros.

## CAPÍTULO I

### A PINTURA MURAL EM PORTUGAL NOS SÉCULOS XV-XVI

#### 1. Introdução

Conhece-se a existência de pintura parietal desde a pré-história e em diversos pontos do globo, são exemplo: as grutas em Espanha e França (Altamira e Lascaux), os fragmentos de frescos romanos na antiga Lusitânia de Conímbriga e Tróia (entre outras) [228], as casas de Pompeia e Herculano em Roma, os frescos do período Nara no Japão, a pintura monumental dos templos budistas de Ajanta, os templos Maia, Azteca e Incas, os templos, tumbas e pirâmides egípcias [112], os frescos da civilização minóica em Creta, as pinturas funerárias etruscas [84], entre outros. Estas pinturas têm por base a utilização de pigmentos terra moídos e aglutinados em água ou matéria gorda [112].

Apesar de muito do estudo sistemático estar por efectuar, em particular o estudo analítico, importa referir que a pintura mural se desenvolveu em Portugal com intensa actividade entre os séculos XV e XVI [255, p. 41; 92, p. 204], e que, Segundo Catarina Vilaça de Sousa [283] este género pictórico terá resurgido nesta época em Portugal trazido pelos pintores estrangeiros a operar cá, pelos pintores nacionais com experiência internacional e através do conhecimento de exemplares na Península Ibérica. Contudo, apesar de não se terem descoberto até ao momento, exemplares de pintura parietal anteriores a 1400, tal não traduz a sua inexistência, mas antes a ausência de registos documentais e de estruturas conservadas que ainda subsistam [57, p. 105].

A pintura mural é um importante elemento decorativo, muitas vezes com funções catequéticas e culturais, inserido no património arquitectónico. Deste ponto de vista, acresce-lhe uma especificidade: as pinturas são indissociáveis do seu suporte.

*“Em todas as épocas a cor e a decoração pintada foram previstas ab initio como parte integrante do conjunto monumental, quer se trate do túmulo egípcio, do templo grego, hindú ou buda, da igreja bizantina, romana, gótica ou barroca, do palácio renascentista ou barroco. Separá-los é falsear essa aproximação, é desvirtuar*

*essa característica própria e, se se vai até à separação material – desmembrar uma totalidade estética e histórica.”*

Paolo Mora, Laura Mora e Paul Philippot (1977) [209]

É genericamente reconhecido que a pintura mural tem sido efectuada numa variedade de suportes, tipos de argamassa e materiais pictóricos (pigmentos e aglutinantes) [92, p. 201]. Assim, é fundamental conhecer a natureza e o comportamento dos materiais utilizados, a fim de se assegurarem intervenções apropriadas [260]. A sua identificação é, portanto, parte essencial de uma pesquisa preliminar para obtenção de informações sobre a composição e distribuição dos materiais no interior da estratigrafia de uma pintura. Crucial no esclarecimento da técnica e da sua história, bem como no entendimento dos processos de deterioração, visa um adequado diagnóstico de investigação e delimitação interventiva estratégica, sem deixar de ponderar o risco do impacto nos materiais originais [148].

Estratigraficamente, a pintura mural seria composta por uma primeira camada de reboco (emboço ou *arriccio*) onde seria previamente desenhado um esquema compositivo designado *sinopia*, em tamanho natural, coberto por uma segunda camada fina denominada de *intonaco* ou reboco [92, p. 203; 97], à qual seria transmitida o desenho preparatório (Fig. 1). A título de exemplo, no norte de Portugal apenas se encontra aplicada uma camada de reboco extremamente fina sobre os blocos de granito aparelhado que, devido à escassez da cal na região, terá condicionado o seu custo e utilização [96]. Porém, em linhas gerais, do ponto de vista tecnológico, a pintura mural em Portugal podia ser executada de forma tradicional: a *têmpera*, acabamento a seco [174] ou pintura a fresco [92; 172].

## **2. Materiais e métodos**

No sentido de averiguar a afinidade entre o que a bibliografia reflecte sobre a pintura mural em Portugal e a realidade dos três casos de estudo, procurou-se caracterizar as técnicas de execução e identificação dos materiais, complementando a informação relativa ao aglutinante, camada de preparação, desenho preparatório e pigmentos consubstanciada em análises através da recolha de amostras dos diversos estratos.

Para o efeito, recolheram-se sete amostras da Igreja de Santa Eulália: da primeira campanha pictórica – pigmentos rosa, branco e negro, e da segunda campanha – pigmentos amarelo, laranja, branco e negro (Fig. 2). Recolheram-se dez amostras da Igreja de Santa Cristina: segunda campanha – pigmentos rosa, vermelho e branco; terceira campanha – reboco e pigmento rosa; quarta campanha – reboco, pigmentos rosa, amarelo e vermelho (2) (Fig. 3). Recolheram-se dez amostras da Igreja de S. Tiago: pigmentos amarelo, rosa/laranja (2), laranja (2), laranja escuro, castanho, azul, branco e negro (Fig. 4). Tentou-se recolher amostras num leque de pigmentos idênticos aos três casos de estudo por razões de paralelismo e de locais onde, por inspecção visual, não foi detectada biodeterioração, a fim de não prejudicar a leitura das análises com possível matéria orgânica adicional. A amostragem foi realizada numa área definida de aproximadamente 1 mm<sup>2</sup> por 2 a 3 mm de profundidade (a fim de se recolherem todos os estratos), com recurso ao bisturi nº3 e lâmina 15 e *ependorfs* para a identificação, isolamento, transporte e armazenamento das amostras até à altura de se efectuarem as análises.

## **2.1. A técnica e materiais da pintura mural nos três casos de estudo**

A figura do conservador-restaurador de bens móveis teve um papel fundamental na descoberta e divulgação de muitas pinturas murais durante as intervenções de conservação e restauro verificadas nos nossos monumentos, especialmente a partir da segunda metade do século XX.

### **2.1.1 A técnica pictórica**

O termo “pintura a fresco” é utilizado por variados autores ao longo dos séculos para denominar o tipo de pintura ideal. Cennino Cennini refere no capítulo 58 do *Trattato della Pittura*: “(...) bom é trabalhar a fresco, ou seja, na parede (...)” e no 67: “(...) trabalhar a fresco (...) é o trabalho mais deleitoso que se possa fazer (...)” [111, pp. 47 e 60]. Vasari considerava: “(...) a pintura mural é a mais magistral e bela (...)” [313, p. 317]. Segundo

Filippo Baldinucci, Michelangelo Buonarrotti referia que: “(...) a pintura a óleo era a arte dos covardes, em comparação com a pintura a fresco (...)” [70, p. 162].

*“Llámase al fresco, porque se ha de pintar estando el estuque, y no de otro modo: y así no se tiende, ni se señala cada día mas porción de lo que en aquel dia se pueda concluir, y por eso le llaman tarea, y el italiano giornata, lo mismo que jornada, que es el camino de un dia.”*

Palomino (1797) [225, p. 144]

Na pintura a fresco, o pigmento é diluído somente em água [110, p. 133] e estendido sobre o reboco ou *intonaco*, ainda fresco (não consolidado) que vai comportar-se como ligante. No decurso da secagem, a água evapora e o pigmento é incorporado na argamassa por um processo químico. À medida que o reboco (mistura de cal apagada<sup>19</sup> e areia<sup>20</sup>) seca, as partículas do pigmento são trazidas para a superfície pelas partículas de hidróxido de cálcio e aí se fixam. Com a secagem, as partículas de hidróxido de cálcio convertem-se em carbonato de cálcio<sup>21</sup>. O reboco actua como base e elemento de ligação.

Os murais, devido à sua grande escala, eram efectuados por secções, denominadas de *giornate* (jornadas) [313]; as respectivas junções tinham ainda o benefício de actuar como juntas de dilatação, aliviando algum do *stress* que eventualmente levaria a fracturas na superfície [299]. As jornadas deveriam ser completadas entre quatro a oito horas. Era possível efectuar alterações ou aplicar pigmentos no caso da incompatibilidade entre estes (por exemplo à base de cobre) e a cal, pintando por cima. Todavia, este procedimento requeria a utilização de um aglutinante – acabamento a seco [299]. O aspecto final do fresco é a de uma superfície sem brilho, baça. Joaquim Caetano elucida na sua Tese de Doutoramento [93; 94; 95], que são praticamente inexistentes em Portugal, os casos de pintura mural a fresco que não tenham acabamento a seco. A diferença entre técnicas, não deprecia as pinturas murais nem lhes retira o estatuto de *fresco*.

---

<sup>19</sup> Óxido de cálcio que em solução aquosa forma hidróxido de cálcio.

<sup>20</sup> Foi o agregado utilizado em Portugal, mas poderia ser outro.

<sup>21</sup> Carbonatação da cal:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \Rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . Cfr. [240, p. 285; 299].

### **2.1.2 O suporte**

O granito é uma rocha ígnea de textura granular, cristalina e de pouca porosidade. Maioritariamente constituído por quartzo, feldspato e mica, os restantes componentes (moscovite, biotite, ilmenite, rutilo, e óxidos de ferro, entre outros) variam conforme a sua origem e formação, conferindo-lhe uma tonalidade entre o rosa e o cinza.

É maciço e compacto por falta de estruturas internas, características que lhe inculcem dureza e resistência, razão pela qual o granito foi sempre largamente empregue na construção, para além de ser o material mais abundante na região onde as igrejas estão implantadas (Fig. 5).

### **2.1.3 As camadas de reboco**

Em função das diferenças técnicas dos vários núcleos regionais de pintura, Joaquim Caetano dividiu geograficamente Portugal em duas regiões<sup>22</sup>. Desta forma, desde o Sul até à zona centro de Coimbra, a pintura a fresco era caracterizada, pelo menos, por duas camadas de reboco. Na zona Norte, a pintura mural evidencia apenas uma camada de reboco sem qualquer camada preparatória, e aplicada directamente no suporte. Nos concelhos de Bragança e Vinhais existiriam afloramentos calcários que apesar de numerosos, estavam limitados em termos de quantidade extractiva [250, p. 37]. Também na Serra do Marão havia um afloramento calcário importante, mas de reduzidas dimensões [92, pp. 204-205], e em Macedo de Cavaleiros (Salselas) e Santa Marta de Penaguião (Louredo) foram descobertos fornos calcários de tipologia romana [42].

Por conseguinte, a produção de cal na região Norte era reduzida. Estes condicionalismos regionais interferem na forma como a técnica pictórica foi adaptada no Norte [92, pp. 204-205]. Contudo, as características da cal aparentam ser idênticas – uma cal hidráulica, devido ao alto teor de impurezas, coesa e resistente<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Esta divisão não é vinculativa, pois o próprio refere que é possível existir pintura com apenas uma camada de reboco para Sul.

<sup>23</sup> Sobre os rebocos, efectuaram-se análises a amostras recolhidas de um grupo de pinturas da região de Vila Real/Amarante para a Tese de Doutoramento de Joaquim Inácio Caetano, e no âmbito da investigação de Mestrado de Pedro Gago: “Estudo composicional de rebocos e pigmentos de pinturas murais a fresco”. No

A primeira camada de reboco ou preparação (emboço) é a camada intermédia entre o suporte e as diversas camadas superiores. Tem por função a uniformização da superfície, promovendo uma base homogénea, amortecendo as tensões dos movimentos do suporte, minimizando-as na camada cromática. Não existindo o emboço, deixa de haver a base para a *sinopia*.

*“A cal da pintura a fresco ha de ser velha de dous, ou tres annos, ou mais; e ha de estar todo este tempo sempre em agoa, como se faz á que serve no estuque. E ha de levar arêa de rio, ou de agoa doce, peneirada. E a agoa com que se amassar ha de ser agoa de fonte, que não seja salobra, nem salgada; e será tanto de cal, como de arêa, ou duas partes de arêa, e huma de cal. A outra cal da primeira guarnição do embuçar, será da outra cal comûa, com arêa, ainda que seja mais grossa, e tambem meada; e depois do embuçar se põem logo a primeira cal, de que fallamos, ao modo de estuque (...): acabado isto, se põem o papel picado, e se bota o pó de carvão, e pelo debuxo que fica se vay perfilando, e logo pintando; e notai, que he necessario deixar a pintura sobre o escuro, porque logo em se seccando, aclara muito.”*

Filippe Nunes (1767) [217, pp.73-74].

#### **2.1.4 O desenho preparatório**

Sobre o reboco mais fino, as proporções compositivas poderiam ou não ser marcadas com os instrumentos dos pintores (varia consoante a época e oficina), após o que se delimitavam os contornos do desenho a ocre vermelho, aplicavam-se as cores gerais e por fim defeniam-se as zonas de luz, sombra e os detalhes.

*“(…) ed indi col piccolo disegno in mano si vien tuttavia rapportando sul muro fresco ciò che vi è dentro sottilmente con un pennello, il qual si immolla in uno acquarello, che sia di un colore, che tiri al rossigno (...)”*

Armenini (1587) [68, p. 113]

*“El dibujo es lo determinado, que talvez se hacen tan grandes, como la misma obra, que llaman cartones. (...) Hazense tambien solo los lineamentos sin sombras; y estos se llaman perfiles, contornos ò dintornos. Estos se suelen passar sobre (...) pared, que se llama passar perfiles: y tomar perfiles, es quando sobre la pintura se*

---

curso do mestrado “Minerais e Rochas Industriais” do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, trabalho não defendido e não publicado. As conclusões no entanto mantêm-se. Cfr. [119].

*pone un papel azeitado, y por los términos se transparentan, se señala com lapiz en el mismo papel: y tambien se toma perfilando la Pintura com carmin, y puesto un papel encima, y apretado com la mano, queda señalado el carmin en el papel (q̃ despues se pica para estarcirlo adõde se há de pintar).”*

Carducho (1633) [110, pp. 133-134]

### **2.1.5 Os pigmentos**

Na pintura mural, a paleta das cores é mais reduzida, pois nem todas resistem à acção cáustica da cal [240, p. 285], devido ao seu pH ácido. Idealmente os pigmentos são de origem mineral: carbonato ou sulfato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$  ou  $\text{CaSO}_4$ ) para o branco, ocres naturais e queimados para os amarelos e vermelhos; terras para os vermelhos e verdes, sombras de osso naturais ou queimadas para os castanhos e negro de marfim, osso ou vide para os pigmentos pretos [240, p. 285].

*“(...) non vi si adoperano altri colori, che di terre, stemperati con acqua pura (...)”*

Filippo Baldinucci (1681) [70, p. 49]

### **2.1.6 O aglutinante**

A estabilidade de uma pintura não depende apenas e só do aglutinante, mas é determinada igualmente pelos pigmentos, substrato, suporte, entre outros [198]. A questão da identificação dos aglutinantes utilizados nos diferentes estratos da pintura mural é um assunto polémico. Há uma dificuldade em discernir eficazmente os aglutinantes que correspondem a cada estrato, tendo em conta a sua possível migração através da camada pictórica e de preparação. Dependendo da diferença de acabamento, mate ou brilhante, que se queria proporcionar a um determinado pigmento, o aglutinante empregue podia variar. Dessa forma, para um acabamento mate poderia ser usado um aglutinante de base proteica, enquanto para um acabamento mais brilhante, optava-se por um aglutinante oleoso. Em circunstâncias especiais, a escolha poderia ainda recair nalgum tipo de aglutinante misto (proteico-oleoso), no qual a proporção de óleo iria variar de acordo com o aspecto final desejado. Os

aglutinantes utilizados na camada pictórica de interior poderiam ser têmpera de ovo ou cola animal (em alguns casos, caseína). O óleo de linhaça seria pouco frequente.

### 3. Conclusões

Apesar de não se terem efectuado análises litológicas ao granito de cada uma das igrejas mas, admitindo que tenham sido aproveitados os recursos próximos para as respectivas construções, presume-se que elas apresentam o mesmo tipo de granito porfiróide, de grão grosseiro e essencialmente biotítico (Figs. 6, 7 e 8 e Tabelas 1, 2 e 3).

O reboco é aplicado directamente sobre o aparelho construtivo – a parede, numa camada extremamente fina. A cal utilizada (nesta época e na região de implantação das igrejas) seria possivelmente uma cal aérea com características hidráulicas, pois tendo em conta o tipo de reboco (muito pouco espesso) e as condições atmosféricas (grandes teores de humidade) só um reboco feito à base de cal com estas características resistiria 500 anos, como é o caso das pinturas em estudo. O que confere a hidráulicidade ao calcário é o facto de este não ser puro e apresentar um elevado teor de ferro e de outros minerais. A argamassa é uma mistura de cal e areia, nestes casos areias graníticas, observáveis nas pequenas partículas de mica a brilhar – o que é espectável uma vez que se encontram numa região onde essa rocha é predominante [96].

Considerando o resultado das análises por microespectroscopia de infravermelho ( $\mu$ S-FTIR)<sup>24</sup> concluiu-se que o reboco é carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) o qual, por motivos de alteração (degradação) se transformou, em algumas áreas, em sulfato de cálcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). No reboco de uma única amostra (amostra T<sub>1</sub> da Igreja de S. Tiago) foi ainda identificada, pelo mesmo método analítico, uma proteína (?) bem como um material orgânico não identificado (possivelmente uma resina acrílica) numa outra amostra (amostra

---

<sup>24</sup> Microscópio Continuum da Thermo Nicolet acoplado a um espectrómetro de IV Nexus 670 FTIR da Thermo Nicolet. Os espectros foram adquiridos no modo de transmissão com compressão em célula de diamante, entre 4000-650  $\text{cm}^{-1}$ , com 256 varrimentos e resolução espectral de 4 $\text{cm}^{-1}$ , pelo analista João Nuno Reis, no laboratório do Instituto de José de Figueiredo e interpretados pelo Doutor José Carlos Frade, Professor Auxiliar Convidado na Escola das Artes da Universidade Católica Portuguesa (UCP) e Vice-Director do Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes (CITAR) da UCP.

C<sub>2</sub> da Igreja de Sta. Cristina). Face à ausência de análises complementares não é possível garantir que a T<sub>1</sub> é um aglutinante e não um produto de alteração decorrente da presença de microorganismos e a C<sub>2</sub> não possa simplesmente resultar da utilização de produtos na intervenção de restauro pela empresa Mural da História (Figs. 9 e 10).

Em todas as igrejas assinala-se a existência de desenho preparatório vermelho (Fig. 11).

Através do método de  $\mu$ S-FTIR aplicado aos pigmentos das três igrejas aferiu-se que o pigmento branco é constituído por carbonato de cálcio. O sulfato de cálcio visível em grande quantidade em algumas amostras poderá indiciar alteração do carbonato de cálcio por degradação, transformado em sulfato de cálcio dihidratado (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O). Contudo, no caso da Igreja de Santa Cristina onde existem duas pinturas destacadas, a alteração poderá resultar da injeção de gesso no processo de consolidação, antes da remoção, técnica efectuada à época pela DGEMN<sup>25</sup>. Os pigmentos amarelo, laranja, vermelho e castanho nas três igrejas são constituídos por aluminossilicatos (minerais da família da caulinite), o que indica ser uma terra o principal pigmento que confere a cor. À falta de identificação de fosfatos por infravermelho, os pigmentos negros caracterizam-se como carvões vegetais.

Por observação visual e dos cortes estratigráficos por microscopia óptica (MO), verificou-se que a película cromática nas três igrejas é semelhante, independentemente da campanha. Caracteriza-se por ser extremamente fina, típica da pintura a fresco, não se observando, nas amostras recolhidas, sobreposições de cor e acabamentos a seco (Figs. 12, 13 e 14).

Poderiam efectuar-se outras análises<sup>26</sup>, entre as quais:

- Identificação de pigmentos e cargas da pintura mural mediante micro-difracção de raios-X (micro-DXR) – técnica que identifica e caracteriza fases cristalinas [324], complementa a microscopia óptica e electrónica, especialmente em casos de misturas complexas que contêm fases com uma composição química semelhante [298].

---

<sup>25</sup> Testemunho de Abel de Moura ao Doutor Joaquim Caetano aquando o restauro pela Mural da História, da Igreja de Santa Cristina em Guimarães.

<sup>26</sup> Não houve recursos para análises adicionais. Face às verbas disponibilizadas pelas orientadora e co-orientadora foi, contudo, possível efectuar SEM's, análises estratigráficas,  $\mu$ S-FTIR, e utilizar um sem número de materiais e meios nos laboratórios do CBQF.

## CAPÍTULO II

### AS TRÊS IGREJAS CASOS DE ESTUDO

#### **1. Introdução**

Com o auxílio do Doutor Joaquim Caetano, elegeram-se três conjuntos pictóricos em monumentos religiosos, sendo eles: Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso/Igreja de São Salvador (V.N. Famalicão), Igreja de São Tiago/ Igreja Paroquial de Valadares (Baião) e Igreja de Santa Cristina de Serzedelo (Guimarães).

A selecção destes três casos pautou-se pelos seguintes critérios: existência da mesma alteração de enegrecimento da camada cromática, bem como do granito; proximidade geográfica e temporal; considerar-se que três era o número mínimo para estabelecer relações causa-efeito. A proximidade entre as igrejas pode ser uma mais-valia no estabelecimento de correlacões técnicas, programáticas e históricas dos conjuntos. Com base na consulta das cartas geológicas, constatou-se que se encontram na mesma conformação rochosa granítica (Fig. 15). Na procura de paralelismos, a escolha baseou-se na pertinência da análise e interpretação dos aspectos técnico-materiais na execução dos conjuntos relativos ao séc. XV-XVI. Limitou-se o número de casos de estudo a três porquanto a necessidade de proceder à recolha de mais do que uma amostra por cada estrato/por igreja implicaria uma excessiva quantidade de material e colocaria dificuldades várias, quer ao nível do financiamento quer do tempo disponível para a realização da investigação.

Capítulo introdutório dos seguintes, nele se aborda, sucintamente e sem carácter inovatório, o enquadramento histórico-artístico de cada igreja, seguindo-se uma linha descritiva desde o exterior para o interior dos monumentos<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> Já muito foi referido sobre estas igrejas por Carlos A.F. de Almeida e Mário Jorge Barroca, Joaquim Inácio Caetano, Catarina Valença, Paula Bessa, Pinho Leal e os Boletins da DGEMN [63; 64; 73; 74; 92; 93; 94; 95; 96; 159; 233; 309].

## 1.1 Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso (V.N. Famalicão)<sup>28</sup>

### 1.1.1 Enquadramento histórico-artístico

#### Exterior

Inicialmente utilizada como mosteiro masculino. A Igreja de Santa Eulália, situada numa zona rural, implanta-se no sentido Poente–Nascente num pequeno adro de forma elipsoidal e delimitada por um muro baixo em granito (Fig. 16). Encontram-se ainda no adro duas sepulturas medievais escavadas em blocos de granito [47], uma com tampa e a outra não. A Sul, corre o rio Guisande (Fig. 17).

O pouco que se sabe sobre este mosteiro é referido por Frei Leão de S. Tomás, reverendíssimo Padre Geral Beneditino e Professor da Universidade de Coimbra no séc. XVII no livro *Benedictina Lusitana*:

*O Mosteyro de S. Salvador de Arnoso, que está no Iulgado de Penafiel huã legoa de Braga pera a parte do Oeste, na estrada, q̄ leua ao Porto, foy fundado pella Era 674, como mostra o N. P. Fr. João do Apocalipse por hum Collectaneo antiquíssimo, q̄ achou feito por hum Monge do dito Mosteyro, em que declaraua o tempo da fundação delle.*

*As palavras do dito Collectaneo são estas: Collectaneum factum per Fr. Petrum Monachum de Monasterio de Arnoso, Era DCLXXX. Idibus Iunij. Anno 6, aedificationis eius. Querem dizer: Collectaneo feito Fr. Pedro Monje do Mosteiro de Arnoso na Era de 680, aos 13, de Junho, no sexto anno da sua edificação. E conforme esta memoria, colhese que foy edificado o Mosteiro de Arnoso na Era de 674. A qual se foy Era de Cesar ficou sendo anno de Christo 642.*

*O P. Fr. Hyeronymo Roman em hum tratado que escreueo sobre a Primazia de Braga, dis que o Arcebispo D. Jorge da Costa vnio este Mosteyro de Arnoso no anno de 1495, ao nosso de Pombeiro, cõsiderando o guito que gastaua cõ pobres, hospedes & peregrinos por estar junto a huã estrada publica entre as Villas de Guimarães, & Amarante.*

*Porè hoje he Abbadia secular. Que ordinariamente a malicia dos tempos modernos preuerte a charidade, & beneficência dos antigos. E por ventura q̄ com a falta de charidade forão também faltando os frutos della, como quer o disticho seguinte (...).*

Frei Leão de S. Tomás (1644) [305, pp. 6-7]

---

<sup>28</sup> Classificada como monumento nacional por Decreto 28.536 de 22.03.1938.

Apesar de o autor não ter tido acesso pessoal ao Colectâneo a que se refere no texto, admite que o Mosteiro de S. Salvador de Arnosó teria sido fundado em 642. O que subsiste actualmente é uma Igreja de arquitectura românica, erigida no séc. XII, esteja ou não construída sobre uma anterior, da qual nada se conhece. Existem dados divulgados sobre a Igreja de Santa Eulália na página do SIPA e por outros autores, na internet [41; 47], que se mostram divergentes face ao que anteriormente se encontra publicado pela DGEMN [53]. A mais antiga referência documental conhecida sobre a existência da Igreja parece ser do séc. XIV. A única inscrição original encontra-se no tímpano do portal Sul e data (segundo variadas fontes [41; 47]) de 1156<sup>29</sup> (Fig. 18).

Ergue-se sozinha uma igreja talhada em granito, de planta longitudinal formada por nave com arcos cegos adossados às paredes laterais e cabeceira rectangular de abóbada cilíndrica (Fig. 19).

O portal N. é composto por duas arquivoltas de arcos de volta perfeita em pedras de granito liso e um tímpano cuja única decoração é uma cruz em X em baixo-relevo que assenta em capitéis com decoração zoomórfica. As arquivoltas assentam na arquitrave ornamentada com óvulos. O portal S. é igualmente composto por duas arquivoltas de arcos de volta perfeita em pedras de granito liso e um tímpano com a diferença de a cruz em X ser vazada e apresentar a inscrição gravada já supra referida. Não tem capitéis e a arquitrave é decorada com formas fitomórficas semelhantes a botões fechados. O portal da fachada principal apresenta duas arquivoltas de arcos de volta redonda, em que a mais exterior termina assente em capitéis. O conjunto exhibe profusa decoração de elementos geométricos e zoomórficos (com predomínio de quadrúpedes e aves). O tímpano tem ao centro uma cruz em X vazada e ornamentado com laçarias. Este portal será posterior aos outros [63, p. 107] (Fig. 20).

---

<sup>29</sup> Vários autores mencionam ser “ERA MCLXXXIII” e na página de internet do SIPA/DGPC a inscrição é descrita como “A.D. 1156”. Ou seja, *Anno Domini* de 1156.

## **Interior**

O programa arquitectónico foi reduzido em prol de condicionalismos monetários e outros [63, pp. 106-107]. A nave, de arcaria cega que revela pouca simetria entre si, foi adaptada, pois inicialmente teria sido concebida para ser capela-mor [63, p. 107; 81, p. 330]. A actual capela-mor seria construída posteriormente, por volta do séc. XIII. A decoração zoomórfica e fitomórfica dos portais está também presente nos capitéis que sustentam a falsa arcaria no interior da igreja.

## **Pinturas murais**

No interior destacam-se as pinturas a fresco quinhentistas com episódios da vida de Nossa Senhora localizadas nos flancos do arco triunfal [34, p. 494] (Fig. 21). Sob duas arcadas cegas está representada a cena da Anunciação. Do lado do Evangelho encontra-se o Anjo (Fig. 22a) e do lado da Epístola, a Nossa Senhora (Fig. 22b). As composições dos registos inferiores estão guarnecidas por molduras decoradas com motivos geométricos e representam o Pentecostes do lado do Evangelho (Fig. 22c), e do lado da Epístola, já pouco evidente, a Coroação da Virgem (Fig. 22d). Neste conjunto pictórico, do lado do Evangelho, observam-se duas campanhas diferentes. Da primeira campanha, através de uma lacuna de pintura destacada da segunda campanha, só é perceptível, na zona superior direita, aos pés do Anjo, um fundo decorativo com elementos fitomórficos e cercadura de barra de enrolamentos. No painel do Pentecostes, designadamente por entre o rosto de uma das personagens, são visíveis outros pormenores, mas de difícil identificação (Fig. 23).

Alguns elementos decorativos repetem-se em diferentes igrejas, levando a supor que a execução das pinturas murais farão parte de uma mesma oficina, conforme estudado e documentado pelo Doutor Joaquim Caetano. O motivo da barra de enrolamentos da Igreja de Santa Eulália (Fig. 24a) é igualmente observável na Igreja de S. Tiago (Fig. 24b) e noutras igrejas que, não fazendo parte deste estudo aqui se referenciam, como sendo as Igrejas de Santa Marinha (Vila Marim), de Santa Maria de Covas (Covas do Barroso) e de S. Nicolau

(Marco de Canavezes). Estas pinturas aparentam ser da mesma oficina que executou entre outras obras, as pinturas do arco triunfal da Igreja de Santa Eulália [74, p.34].

## **1.2. Igreja de Santa Cristina (Guimarães)<sup>30</sup>**

### **1.2.1 Enquadramento histórico-artístico**

#### **Exterior [48]**

Inicialmente utilizada como mosteiro feminino, a Igreja de Santa Cristina está implantada num enquadramento rural e isolado, no centro de amplo terreiro trapezoidal, pontuado por algumas árvores (Fig. 25). O terreiro é delimitado a Sul por casas de habitação, e a Norte pela EN. No extremo Oeste encontra-se o cemitério da freguesia. Está rodeada por adro murado, em cota inferior ao terreiro, desenvolvido em patamares devido ao declive do terreno. O acesso pode ser efectuado a Oeste, de frente para a fachada principal; a Sul, por escadaria adjacente à sacristia; e a Este, igualmente por escadaria, anexa à fachada posterior. O pavimento na fachada principal e na lateral a Sul é em laje de granito, com estreito corredor junto à parede, e o restante em terra batida.

Igreja de meados do séc XIII, reflectindo um românico tardio. É de construção estóica com fachadas em alvenaria de granito, sem colunas nos portais e com cachorrada sem adornos [63, p.111]. De planta longitudinal composta por exonártex fechado e nave única rectangulares, capela-mor quadrangular, e sacristia – primitiva capela funerária gótica, usada posteriormente como sacristia – igualmente quadrangular, adossada lateralmente à capela-mor, a Sul [160, p. 80] (Fig. 26a). Muro campanário paralelo à fachada principal, também a Sul.

O exonártex, possivelmente de construção mais tardia, foi construído mais baixo do que a nave, diferenciando-se desta (Fig. 26b). Os portais do exonártex apresentam arquivoltas ligeiramente quebradas revelando já a transição para o gótico. Os portais da nave apresentam arquivoltas plenas e consolas a suportar o tímpano. Apenas a estrutura do portal lateral do exonártex é original, as restantes consolas e tímpanos foram acrescentos (para uniformizar)

---

<sup>30</sup> Classificada como monumento nacional por Decreto 14.425 de 15.10.1927.

nos restauros dos anos 40 do século XX. Os portais apresentam decoração a enquadrar as arquivoltas – no exonártex, friso em dente de serra e na nave, motivo de lanças.

O portal da fachada principal está inscrito em duas arquivoltas ligeiramente quebradas, com impostas destacadas. A primeira arquivolta é enquadrada exteriormente por friso em dente de serra e inferiormente por dois sulcos simples. Em ambas as arquivoltas existem alguns silhares com siglas. A encimar o portal encontra-se fresta inscrita em arco pleno enquadrado por dois sulcos, à semelhança da arquivolta do portal.

Os topos das fachadas são rematados em empena – no exonártex e na nave estão coroados por cruces páteas e por cruz florenciada na capela-mor; e nas fachadas laterais por cornija suportada por cachorrada lisa. O pano da capela-mor é rasgado por fresta, ladeada por dois cachorros colocados a diferentes alturas. O pano da nave, com contraforte abaixo do pingadouro é encimado por sequência de três frestas. No extremo direito outro portal, com consolas a suportar o tímpano vazado com cruz pátea, enquadrado por arquivolta plena.

A fachada da sacristia é rasgada por portal em arco quebrado, enquadrado superiormente por arquivolta, também quebrada, e dois escudos ladeados por cachorros. Acima do pingadouro, rasga-se uma fresta. A fachada posterior tem os panos da nave e capela-mor rasgados por fresta e pano da sacristia com janela em arco quebrado, mainelada, com impostas destacadas, e pequeno óculo quadrilobado na enjunta.

O muro campanário é como a restante igreja, em alvenaria de granito. No topo, duas aberturas em arco pleno albergam dois sinos. O acesso era feito por escada de ferro, actualmente ausente.

Junto à fachada lateral Norte estão dispostos quatro sarcófagos, dos quais dois ainda conservam as tampas, e numa delas lê-se a inscrição: OBI(i)T FAMulo DeI GALINDUS ERA MCVIII<sup>a</sup> ERA TC<sup>a</sup>X<sup>a</sup><sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> 1071/1072 - Data da inscrição funerária existente no sarcófago com alusão a Galindus, provavelmente Galindus Gonzalvis, pai de Soeiro Galindes, Senhor de Riba-Cávado, casado com D. Goína Pais, bisneta do Conde D. Paio Vermudes, presor da Terra da Vinha. José Mattoso aponta para outro provável Galindus Gonzalvis, casado com Vistregia, pai de Patrina e de Trutesendo Galindes, este último fundador do Mosteiro de Paço de Sousa. Cfr. [48].

### **Interior** [48]

O exonártex e nave têm tecto em masseira de madeira com o travejamento à vista, enquanto a capela-mor é decorada por caixotões barrocos em talha policromada. O pavimento do exonártex e nave é em taburnos de madeira e laje de granito e na capela-mor e sacristia, é em granito.

Do lado do Evangelho encontra-se o baptistério sobre plataforma de granito, com pia baptismal de taça e coluna octogonal. Na parede rasgam-se dois arcossólios, ligeiramente quebrados, enquadrados por arquivolta. Do lado da Epístola existe um portal com comunicação para o exterior, enquadrado por arco pleno, com siglas, assente em imposta destacada. Tem ainda um púlpito à direita do portal, de base rectangular granítica, assente em modilhão, e guarda vazada em balaustrada de madeira com acesso por escada de madeira. Na parede testeira o acesso à nave é feito através de um portal com consolas suportando um tímpano vazado por cruz pátea. É enquadrado por três arquivoltas, sendo a exterior decorada por friso de lanças. Ambas as paredes têm portais de acesso ao exterior, ladeados por pia de água benta gomada. O arco triunfal pleno assenta em colunas encimadas por capitéis fitomórficos.

### **Pinturas murais** [309]

O conjunto das pinturas murais corresponde a diversas campanhas.

Na sacristia são observáveis três campanhas sobrepostas: a primeira é, pelo que é visível das suas pernas, um São Cristóvão a uma escala bastante grande. Sobrepõe-se a segunda campanha composta por um conjunto de brutescos de grandes dimensões e ainda a representação de Santa Luzia e de São Martinho, este quase ilegível. Da última campanha apenas restam alguns pequenos fragmentos que se identificam como sendo parte do rosto de Nossa Senhora a ser coroada por anjos. Sobre a figura de São Martinho ainda permanecem dois pequenos fragmentos de uma camada de pintura posterior a esta, e que terá sido destruída aquando da intervenção da DGEMN em 1957.

Na capela-mor é visível um conjunto pictórico composto por dois registos. Na zona inferior do primeiro registo, à esquerda do altar, está a representação de Santo Antão e, do lado oposto está São Martinho. Sobre estas composições existe um conjunto de brutescos encimados pela figura do Padre Eterno, actualmente encoberta pelo tecto de madeira.

Nas paredes laterais da nave estão actualmente expostas duas pinturas que foram destacadas desta campanha e que se encontravam sobre a fresta da parede fundeira (Fig. 27a) – no registo superior, a Anunciação (Fig. 27b) e no registo inferior Santa Luzia (Fig. 27c). As pinturas de Santa Luzia, Anunciação, São Martinho e Santo Antão são produto da Oficina do Mestre Delirante<sup>32</sup>.

Na nave, observa-se pintura no arco triunfal e que se prolonga pelas paredes adjacentes. Do lado do Evangelho, no registo superior está representado São Francisco, e no inferior, São Sebastião.

Na parede lateral esquerda, observa-se a toda a altura uma faixa de brutescos, rematada inferiormente pelas figuras de Santa Catarina e São Miguel. Do lado da Epístola, na zona superior é visível Santo António e sob ele, Nossa Senhora com O Menino. Na parede lateral direita, observa-se uma faixa de brutescos, rematada pelas figuras presumivelmente de São Remígio e de São Brás. A identificação de São Remígio é feita, de acordo com os autores citados em nota supra, a partir da observação dos atributos do Santo, apresentados no canto superior esquerdo (uma ampola de vidro e as asas de uma pomba), considerando aqueles que tudo leva a crer que, não sendo essa atribuição absolutamente segura, é a mais pertinente.

Todos estes registos de pintura da nave retratam quatro campanhas diferentes. Na primeira campanha são visíveis pequenos fragmentos através de algumas lacunas da composição de brutescos; a segunda campanha engloba as faixas de brutescos e a Santa Catarina; da terceira fazem parte as figuras de São Miguel, São Sebastião, Nossa Senhora com o Menino, São Remígio e São Brás e a uma outra campanha pertencem São Francisco e Santo António sem correlações com outras pinturas.

---

<sup>32</sup> Deve-se a Ignace Vandevivere e José Alberto Carvalho a designação desta oficina. Cfr. [311].

### 1.3. Igreja de São Tiago (Baião)<sup>33</sup>

#### 1.3.1 Enquadramento histórico-artístico

##### **Exterior** [40; 41; 22]

Utilizada como Igreja Paroquial, sem afectação de culto, é propriedade privada da Igreja Católica (Diocese do Porto). O enquadramento da Igreja é rural e isolado, implantada a meia encosta. Vedada por pequeno muro na zona posterior e lateral esquerda, que a protege de uma via pública em terra batida e divide uma propriedade. Encontra-se circundada por terrenos de cultivo, organizados em socalcos.

Igreja paroquial pequena e humilde, exemplar característico dos finais do Românico, de poucos recursos e afastada dos principais centros [22]. De planta longitudinal, a Igreja é composta por nave única, capela-mor quadrangular mais estreita e mais baixa [81] e sacristia adossada lateralmente à esquerda (Fig. 28a), com tectos diferenciadas em telhados de duas e três águas (sacristia), rematadas em beiradas simples (Fig. 28b).

As fachadas são em cantaria de granito aparente com as juntas preenchidas a argamassa de cimento e rematadas em cornijas. A cachorrada que sustenta o telhado e já só parcialmente existente na fachada Norte e capela-mor é marcadamente românica, mas de vocabulário artístico simples patenteando uma decoração de formas geométricas e fitomórficas, com alguns, ainda que escassos, elementos antropomórficos.

A fachada lateral Norte testemunha a existência em tempos de um corpo adossado, agora desaparecido, evidência deixada na forma de inúmeras mísulas salientes a meia altura do paramento. A fachada posterior é em empena rasgada por janela em arco quebrado. As empenas do arco triunfal e da fachada posterior são encimadas por cruces latinas sobre plintos.

A fachada principal virada a Sudoeste, rematada em empena truncada por campanário de dupla sineira, assenta em maciço de muro e com remate angular, encimado por cruz latina. O seu acesso faz-se pelo exterior, por escadas metálicas na fachada principal. A fachada é

---

<sup>33</sup> Classificada como monumento de interesse público por Portaria 438/2012 de 14.09.2012.

rasgada por portal em arquivolta ligeiramente quebrada, assente em impostas salientes com arcos de arestas biseladas. Já a interior é ornada por friso de óvulos no chanfro, que se repete pelas impostas. A fresta da parede testeira da capela-mor é também quebrada.

A fachada lateral Sul é composta por uma arquivolta lisa. A fachada lateral direita tem três janelas rectilíneas, em capialço, duas na nave e uma na capela-mor. Uma marca de pedreiro é repetida em vários silhares da capela-mor, com forma semelhante a um báculo. O corpo da sacristia é levemente recuado. A sacristia tem porta de verga recta, de arestas biseladas, e pequena fresta na face Sudoeste.

### **Interior**

Os tectos interiores são em falsas abóbadas de berço em madeira – o da capela-mor é em caixotões com molduras de talha policromada de vermelho, azul e dourado, envolvidas por acantos pintados e com florões nos cantos, contendo painel com acantos enrolados e plumas., ambas assentes em frisos e cornijas de madeira, reforçadas por tirantes de madeira [38]. O da nave é de fundo branco, circundado por friso recortado de concheados assimétricos e *rocailles* em azul, vermelho e ocre amarelo, e ao centro uma moldura com os mesmos elementos e cores, encimada por querubins, orna a imagem do orago – S. Tiago Maior.

A iluminação da capela-mor é feita através de janelas rectilíneas rasgadas nas fachadas laterais. No interior da capela-mor encontra-se uma datação gravada num dos blocos graníticos onde se pode ler, ainda que de forma invertida: E M CC XX VI<sup>34</sup> (Fig. 29). Esta inscrição refere-se à data de 1188 (Era de 1226), correspondendo, possivelmente, à data de construção do primitivo templo, mas entretanto reedificado. A datação através do ano da “Era” é exclusiva da Península Ibérica [81, p. 287].

As portas travessas estão encimadas por sanefas de madeira policromada com fingidos de mármore, formando uma cornija e lambrequins franjados. O coro-alto é de madeira pintada de castanho com guarda torneada e o acesso dá-se pelo lado da Epístola, por escadas de

---

<sup>34</sup> Leitura da epígrafe sugerida pelo Professor Doutor Mário Barroca para a Rota do Românico [81, p. 286].

madeira de dois lanços. No subcoro do lado do Evangelho, encontra-se a pia batismal em cantaria de granito, assente num degrau em granito. É composta por pequena coluna, ornado por elementos zoomórficos nos ângulos, e por taça hemisférica e de bordo levemente saliente. Junto a esta, três genuflexórios de madeira. No mesmo lado, um púlpito quadrangular com bacia em cantaria, assente em coluna toscana com fingidos de mármore policromado, de guarda plena, em talha policromada de branco, azul, rosa, negro e dourado, ornada por acantos, querubins e cartelas recortadas [38].

O arco triunfal de volta perfeita assenta em pilastras toscanas e é revestido a talha dourada, constituída por folhagem. Tem, no fecho, consola de acantos com a pomba do Espírito Santo. Está ladeado por retábulos colaterais, dedicados ao Sagrado Coração de Jesus (Evangelho) e a Nossa Senhora de Fátima (Epístola). É encimado por tríptico pintado, formando três eixos definidos por elementos de talha policromada, assentes em consolas e duas colunas torsas. Estas assentes em plintos paralelepípedos, com as faces ornadas por acantos, querubins e assentes em consolas de atlantes. O terço inferior é ornamentado por *brutescos*. O tríptico representa São Tiago mata mouros, ladeado por São Gonçalo e São Vicente Ferrer, estes marcados por duas mísulas de acantos, encimadas pelas pombas do Espírito Santo. Está flanqueado por dois nichos com o fundo pintado por flores, com sanefa de acantos, lambrequins e drapeados a abrir em boca de cena, tendo, exteriormente, coluna torsa, assente em consola de atlante [38].

Junto ao arco triunfal está colocada a mesa de altar, paralelepípeda. Sobre supedâneo de um degrau em cantaria, o retábulo-mor, de talha policromada de branco, azul e dourado, de planta côncava e três eixos definidos por seis colunas torsas, decoradas por pâmpanos e anjos encarnados, assentes em consolas e plintos paralelepípedos. Ao centro, tribuna de volta perfeita e boca rendilhada, contendo trono expositivo de cinco degraus, encimados por resplendor e com os fundos decorados com fingidos de marmoreados com moldura de acantos dourada e tecto dourado, formando caixotões de acantos. Os eixos laterais formam nichos encimados por baldaquinos de acantos e drapeados a abrir em boca de cena. O altar é em forma de urna, decorado por concheados, encimado por sacrário com moldura de

acantos e anjos encarnados, que sustentam drapeados franjados e coroa fechada, com a porta ornada pelo Menino Salvador, sobre as iniciais “IHS” [38].

Os retábulos colaterais são semelhantes, de talha policromada em branco, vermelho e dourado, de planta recta e um eixo definido por duas colunas ornadas por laçarias, entrelaçados e elementos fitomórficos, assentes em consolas com querubins. O tríptico do arco triunfal ao centro, apainelado de volta perfeita, envolvido por moldura de acantos e boca rendilhada, tem fundo ornado por flores e possui baldaquino com lambrequins e drapeados a abrir em boca de cena [36]. O pavimento da nave é em soalho. A sacristia, com as paredes em cantaria de granito aparente e pavimento de lajes, contém arcaz de madeira, armário embutido na estrutura murária e confessionário móvel, de madeira.

### **Pinturas murais**

No final do século XV, as paredes interiores da capela-mor foram cobertas por uma sequência de pinturas murais, entretanto ocultadas pelo altar-mor barroco. Deve-se a Vergílio Correia a primeira notícia da descoberta dos frescos, ocorrida dois anos antes à sua publicação:

*"Toda a cabeceira da capela-mór conserva a decoração parietal", que se estende por duas séries: a parede fundeira e as paredes laterais. No primeiro caso, o artista desenhou uma espécie de tríptico, com Nossa Senhora da Piedade ao centro, ladeada pelas santas Catarina e Bárbara, estas devidamente identificadas por cartela com os seguintes letreiros: qterin e barbor. Superiormente, desenvolve-se um friso que tem a particularidade de integrar máscaras de anjos "de tufada cabeleira quatrocentista, de azas altas e abertas e mãos postas, ressaltando sobre um fundo salpicado de cravos espalmados". Nas paredes laterais o conjunto está menos preservado, mas foi ainda possível identificar da "banda da esquerda, um grupo de animais apocalípticos, entre os quais figura um tosco unicórnio; e da direita um apostolado, possivelmente S. Paulo, de livro sobraçado e espada empunhada".*

Vergílio Correia (1924) [36]

Segundo o próprio, havia inclusivé uma inscrição que identificava o encomendante – o abade João Camelo, futuro bispo de Silves e da vizinha cidade de Lamego, e datação: *Esta obra*

*mandou fazer juan camelo de (boro?) / sende abade desta ygreja: era de mil e cccctos e* [37].

Actualmente a inscrição visível (Fig. 30), sendo que o restante se perdeu ou se encontra oculto sobre estuque, revela apenas:

“... faser Juan came  
ygreja era de millecccc<sup>to</sup>...”

As pinturas murais decoram a parede fundeira e as paredes laterais. Na parede central estão representados quatro nichos fingidos – da esquerda para a direita no primeiro nicho é retratada Santa Catarina de Alexandria (Fig. 31a); no segundo, a Descida da Cruz (Figs. 31b e 32); no terceiro, o orago S. Tiago (Fig. 31b) e no último nicho, Santa Bárbara (Fig. 31c). Encimando estas figuras, um friso de quatro anjos representados da cintura para cima – os dois da direita e os dois da esquerda, virados para uma figura central a meio corpo, da Nossa Senhora e o Menino (Fig. 33).

Na parede lateral esquerda encontra-se uma cena que possivelmente será a representação do Inferno na qual se destaca um conjunto de criaturas fantásticas: um Diabo cinocéfalo, um bifronte com dois chifres e uma ave negra com cabeça de galo e bico de ganso [22] (Fig. 34). Na parede lateral direita está representado um provável São Paulo [96] (Fig. 35).

## 2. Conclusões

As três igrejas são de traça românica, sendo a de Santa Eulália do séc. XII, a de Santa Cristina de meados do séc. XIII e a de S. Tiago já em finais do séc. XIII, ambas evidenciando um românico tardio. Encontram-se implantadas com a mesma orientação, em que o portal axial se situa na fachada ocidental (poente), enquanto a cabeceira ou capela-mor se apresenta na fachada oriental (nascente). As pinturas murais estão balizadas em época similar entre os finais do séc. XV (S. Tiago), campanhas do séc. XV e XVI (Sta. Eulália) e inícios do séc. XVI (Sta. Cristina), mas com várias campanhas anteriores sem datação, tendo aspectos comuns que as ligam.

CAPÍTULO III  
MATERIAIS E TÉCNICAS DAS PINTURAS MURAIIS  
DAS TRÊS OBRAS ESTUDADAS

## 1. Introdução

A recolha de amostras desempenha importância vital, porquanto é uma fonte de dados sobre a técnica de execução e o estado de conservação da obra, fornece a caracterização dos respectivos materiais constitutivos e a sua forma de aplicação (disposição por camadas). Com base nelas é igualmente possível analisar as transformações ocorridas nos materiais pelo efeito do tempo e do meio ambiente, bem como observar anteriores intervenções de restauro, sendo que as técnicas não invasivas, limitando-se aos estratos exteriores, facultam uma informação mais reduzida e superficial por vezes passível de ser erroneamente interpretada. Devem ser recolhidas amostras em quantidade suficiente para assegurar que são representativas dos diversos casos analisados e adequadas ao equipamento analítico utilizado face ao que se pretende identificar. A recolha deverá ser efectuada em áreas consideradas relevantes para o estudo das obras, em locais com pouco impacto visual, sem prejudicar a leitura do original, e, sempre que possível na orla de lacunas pré-existentes [323]. É por tal, fundamental que a recolha seja criteriosa, planeada e bem executada pois como referiu Majors:

*“Collect the wrong sample, or collect the right sample incorrectly, and you trivialize all that follows, rendering your data worthless”.*

Majors (1992) [195]

As pinturas murais são maioritariamente compostas por materiais inorgânicos (pigmentos, argamassas e suporte em pedra ou tijolo) e, em quantidade inferior, por orgânicos (aglutinantes). A extensão da utilização de materiais orgânicos varia consoante a técnica de pintura, a época e a intenção do artista [276].

Em consequência da exposição a agentes de deterioração (luz, humidade, sais e/ou microorganismos), os componentes orgânicos (menos estáveis do que os inorgânicos) sofrem alterações químicas significativas, deixando um lastro de vestígios, tornando uma já de si difícil identificação, no que será uma improbabilidade. Se actualmente a identificação dos materiais inorgânicos das pinturas murais é um processo relativamente simples, o mesmo não acontece com os materiais orgânicos, continuando a sua identificação a ser um “desafio” [26]. A dificuldade na identificação aumenta exponencialmente quando há contaminação de materiais utilizados em intervenções de restauro anteriores. Daí que exista a necessidade de utilizar e combinar estratégias de exames não-invasivos e invasivos, recorrendo a diferentes áreas de investigação. Na realidade, as análises não-invasivas fornecem informação topográfica sobre a possível presença e distribuição de materiais orgânicos sobre a superfície e não requerem amostragens, enquanto as análises invasivas efectuadas em amostras recolhidas das paredes fornecem informações estratigráficas muito mais específicas sobre a natureza e distribuição na camada cromática.

Refere-se a este propósito que o GCI desenvolveu um projecto, o Organic Materials in Wall Paintings (OMWP) [235] a fim de ultrapassar estas dificuldades, aliando o interesse de várias instituições científicas e de conservação com experiência em tecnologias não-invasivas e invasivas para identificação de materiais orgânicos em pinturas murais.

Para o desenvolvimento do estudo das obras de arte na área de conservação e restauro, as análises físicas e químicas tornaram-se de extrema importância a partir do séc. XIX [62]. A tecnologia facilita o conhecimento das técnicas permitindo determinar os métodos e materiais constituintes de uma obra [79, p. 2]. A aparência, o estado de conservação, a constituição das obras e a metodologia seguida pelo pintor, podem ser verificadas por métodos de exame e análise globais ou pontuais. Os exames globais são métodos de análise não invasivos<sup>35</sup>, enquanto os exames pontuais são métodos de análise invasivos<sup>36</sup>. O

---

<sup>35</sup> Os métodos de análise não invasivos não requerem recolha de amostras, baseando-se em radiações visíveis e/ou invisíveis como a fotografia, a Fluorescência Ultravioleta, Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (EDXRF), Reflectografia de Infravermelhos entre outros.

<sup>36</sup> Os métodos de análise invasivos requerem recolha de amostra que pode ser reutilizada para diferentes análises ou que, mediante o tipo de análise, pode resultar na sua destruição. No entanto, permitem conclusões mais correctas.

processo inicia-se sempre pelas análises não invasivas do tipo óptico-fotográfico [117]. O recurso a diferentes técnicas destrutivas e não destrutivas que podem complementar-se, revelam segredos que, de outra forma, permaneceriam ocultos, contribuindo para um diagnóstico mais assertivo das condições em que a obra se encontra e por tal, da metodologia de intervenção a seguir [143].

## **2. Materiais e métodos**

As policromias sobre pedra que constituem esta dissertação, estão conformadas numa sequência de estratos, cada um dos quais com funções e características definidas.

Para o propósito deste estudo, três grupos de pinturas murais a Norte de Portugal foram amostrados. Um grupo na Igreja de S. Tiago de Valadares, Baião que contém pinturas murais que datam do século XV; outro grupo na Igreja de Santa Cristina, Serzedelo, Guimarães com diferentes campanhas de pinturas murais, sendo a mais recente do século XVI; e por último as duas campanhas de pintura de Santa Eulália, Arnoso, Vila Nova de Famalicão, a primeira do séc. XV, e a segunda e mais recente campanha, do século XVI.

Recolheram-se amostras de diferentes áreas representativas das diversas campanhas quando existentes e de pigmentos variados com auxílio de um cabo de bisturi nº3, com lâmina 15. A fim de não influenciar os resultados houve o cuidado de efectuar amostragens em locais onde não foi visível, macroscopicamente, biodeterioração. As amostras colocaram-se em *ependorfs* numerados e com data de recolha, para posterior referência.

### **2.1 Métodos de exame e análise**

O estudo directo e detalhado das amostras policromas sobre pedra para os casos em estudo, está na base do conhecimento de muitos dos aspectos referentes à presente investigação. Assim, um exame organoléptico pode permitir ao conservador-restaurador extrair algumas observações iniciais, que devem ser adequadamente complementadas com as contribuições dos estudos históricos e científicos.

### **2.1.1 Observação das pinturas *in situ***

O primeiro exame que se realiza a uma obra de arte é o exame a olho nu, com a utilização da luz natural ou artificial. Este exame da superfície da obra (que pode também ser feito com o auxílio de uma lupa binocular) permite a observação de todas as partes que a compõem – as diferentes campanhas, as uniões das várias jornadas, intervenções anteriores e o seu estado de conservação – pulverulência das camadas, desagregação, destacamentos, fissuras, fracturas, deposição de sujidade, excrementos e biodeterioração entre outros.

### **2.1.2 Documentação fotográfica**

#### **2.1.2.1 Luz directa**

O registo por meio de fotografia é uma forma de documentar convenientemente todos os dados relevantes das obras<sup>37</sup>. Considerado como um método de análise não destrutivo é, igualmente, um meio auxiliar de primordial importância na área da Conservação e Restauro, permitindo expôr o estado inicial da obra e as diversas fases de intervenção até ao restauro e aparência final. Assinala igualmente lacunas e falta de material, áreas deterioradas, adulteradas, falsificadas ou restauradas. O registo pode ser efectuado através de luz directa ou difusa. A primeira implica a fixação da câmara em tripé e colocada à altura do centro da pintura, perpendicularmente a ela num ângulo de 90°. A objectiva deverá ainda estar perfeitamente paralela à face da pintura, a fim de evitar distorções.

A iluminação é composta por dois focos com lâmpadas de igual potência de luz contínua (tungsténio ou halogéneo), colocados equidistantemente à obra em ângulos de  $\approx 30$  a  $45^\circ$ , e fazendo incidir exactamente, a mesma intensidade lumínica (Figs. 36a e 36c). A luz directa parece mais forte do que a luz difusa. No entanto, a transmissão total de luz é a mesma. A luz difusa é uma luz suave, sem brilho ou intensidade de luz directa – não há incidência directa do foco de luz na obra (Fig. 36b). É generalizada e vem de todas as direcções, por isso parece envolver os objectos. É mais suave, elimina contrastes e texturas e não gera sombras.

---

<sup>37</sup> As fotografias foram executadas com o auxílio de uma máquina fotográfica Nikon D70 e lente AF-S Nikkor 18-55mm com ISO 200. Para o “balanço de brancos” recorreu-se a um alvo cinza.

Quando um feixe de luz incide sobre uma superfície lisa, a maior parte do feixe é reflectido na mesma concentração. Pelo que a luz difusa é luz dispersa. Esta dispersão é o que causa a difusão e a suavidade do feixe de luz.

### **2.1.2.2 Luz rasante**

A fotografia sob luz rasante consiste em fazer incidir uma fonte de iluminação tangencial à obra, apenas num dos lados (Fig. 37).

Este método de iluminação coloca em evidência as rugosidades e irregularidades da superfície, que indicam a técnica de execução – as incisões, as marcas das ferramentas, as jornadas, a regularidade ou irregularidade da superfície, etc.; o estado de conservação – grau de descamação, fissuras, empastes, texturas, espessura das camadas, abrasão, faltas de adesão de partes constituintes da obra; e outras deformações em geral (Fig. 38). Este tipo de iluminação realça todas as variações de relevo da superfície, mas torna difícil na fotografia perceber-se a imagem original da obra, pois transforma-a num jogo de luz e sombra – quanto maior o relevo, mais sombras projecta, quanto mais afastada estiver a luz, menor o *degradé*. Todavia, é possível observar detalhes das obras que podem passar despercebidos a olho nu.

### **2.1.2.3 Fluorescência de ultravioleta (UV)**

É um exame não invasivo, realizando-se a análise directamente sobre a obra sem necessidade de recolha de amostras ou deslocação a laboratório, e de rápida execução.

A ferramenta de iluminação mais comumente usada para a observação de pinturas é uma lâmpada de comprimento de onda ultravioleta (também denominada luz negra). Este comprimento de onda é utilizado para examinar a superfície de uma pintura. A iluminação do objecto deve consistir apenas na radiação necessária para excitar a fluorescência e toda a luz ambiente (iluminação da sala, neste caso, igrejas) deve ser excluída/apagada – sala escura (Fig. 39) [49].

Na eventualidade de a câmara não estar preparada para fotografar a UV, é possível colocar filtros que absorvam/bloqueiem a luz UV e permitam a passagem de luz visível. A luz ultravioleta (UV) faz com que os vernizes envelhecidos fluoresçam ou brilhem. Mediante diferentes tipos de revestimentos, a cor da fluorescência difere<sup>38</sup>. Dependendo da idade dos revestimentos, da sua espessura ou número de estratos, a camada de pigmento subjacente e os retoques antigos podem ser facilmente detectáveis ou pouco visíveis através do verniz fluorescente. Quando o retoque está próximo da superfície, não fluoresce, mas absorve os raios UV e é visto com cor púrpura. A maioria dos vernizes novos ou recentemente aplicados, não fluorescem. Pode levar mais de 10 anos até uma resina alterar suficiente quimicamente para criar subprodutos que provocam a fluorescência UV. Certos pigmentos também fluorescem sob luz UV.

A fluorescência de ultravioleta foi efectuada com a máquina fotográfica Nikon D70 e lente AF-S Nikkor 18-55mm (Fig. 40). Esta máquina digital é capaz de captar próximo da luz UV, sem modificações. No entanto, o filtro do “espelho quente” não bloqueia totalmente a luz ultravioleta e alguma passa através do sensor, o que pode originar exposições bastante longas. Iguamente, a perda de luz obriga a uma exposição longa para compensar, o que por sua vez compele ao uso de tripé para evitar desfocagem.

### **2.1.3 Montagem de cortes estratigráficos**

O estudo estratigráfico é um dos métodos de exame padrão que fornece informações muito precisas sobre a complexidade de camadas que compõem uma obra (neste caso específico foi aplicado às pinturas murais).

Uma das suas desvantagens implica a necessária recolha de uma amostra para a visualização de todas as camadas presentes na obra – trata-se de um método invasivo sendo necessário a

---

<sup>38</sup> “The ultraviolet lamp is a common tool for the examination of painted surfaces of art objects (...). Different materials may exhibit different colours and intensities of fluorescence, which can provide information on the condition of the paint surface. Later additions may be observed in this way, because new retouching and overpaints appear dark under ultraviolet light, whereas old paint layers may show considerable fluorescence.” [252, p.1]; “La luz ultravioleta excita la fluorescencia de algunos materiales (...) y de este modo, diferentes materiales pueden exhibir distintos colores e intensidades de fluorescencia, lo que puede aportar información sobre el estado de la superficie pintada.” [187, p. 56].

recolha de material, com prejuízo para a obra. Ainda que a amostra seja de muito reduzidas dimensões e por vezes seja possível utilizar lacunas pré-existentes para recolher material na sua área adjacente apenas ampliando um pouco a lacuna, e deixando o aspecto visual da obra relativamente intacto, não deixa de se remover material original. Refere-se, porém, que nem sempre a obra apresenta lacunas, ou nem sempre estas se encontram em locais representativos do que se pretende analisar. No entanto, as análises micro-estratigráficas de uma pintura conduzem a um melhor conhecimento da estrutura interna da obra, permitindo o estudo da sobreposição dos estratos.

Esta metodologia fornece: (i) dados métricos – espessura das camadas e granulometria dos pigmentos; (ii) dados cromáticos – cor; (iii) e dados morfológicos – sequência das camadas [269]. Através deste estudo é ainda possível, entre outros, observar o estado de conservação – adesão e coesão das camadas e se ocorreram intervenções anteriores de restauro, o que auxilia o conservador-restaurador a adequar os tratamentos de conservação a aplicar.

Recorreu-se à recolha de micro-amostras estratigráficas das áreas consideradas relevantes e em mau estado, onde o risco de remover policromia danificando a leitura do original era menor. Tentou efectuar-se a recolha em áreas que, à vista desarmada, não apresentassem biodeterioração. Das micro-amostras recolhidas, parte foi montada em cortes estratigráficos e o restante foi reservado para ser analisado por outros métodos ( $\mu$ S-FTIR).

Em laboratório, as amostras previamente recolhidas, foram englobadas numa resina [237; 238] para posterior observação e manipulação, tendo sido utilizada para o efeito a resina de metilmetacrilato Technovit™ 4004<sup>39</sup>. Esta encontra-se constituída por dois componentes: a resina acrílica em pó e o solvente com o catalisador líquido. A resina em pó foi colocada numa base de borracha de silicone rectangular pré-preparada, à qual se adiciona o solvente e é deixada a solidificar num período de aproximadamente 15 min, polimerizando a resina com a evaporação do solvente. Seguidamente, as amostras recolhidas foram observadas à

---

<sup>39</sup> Existem diversos tipos de resinas para montagem de amostras estratigráficas. A mais utilizada é a *Technovit 4004*, pois tem a capacidade de ser de rápida secagem. Como desvantagem, esta resina que é de secagem a frio, quando polida, por fricção, sofre um aquecimento e fusão superficial da resina. Para micro-análises (análises de microscopia electrónica), deve-se recorrer a outro tipo de resinas, pois determinados elementos numa camada poderão corresponder a outras camadas por ter havido escorrimentos aquando do aquecimento do material. Ver ficha técnica em Apêndice de Materiais, Vol. II, pp. 131–132.

lupa bionocular para selecção do fragmento ideal e colocadas sobre esta resina, já sólida, repetindo-se novamente o processo da colocação do pó, adição de solvente e tempo para a solidificação, ficando as amostras de pintura dispostas entre duas placas de resina (Fig. 41). Foram polidas<sup>40</sup> de forma a serem observadas em secção transversal por microscópio óptico sob luz reflectida com ampliação de 100x e 200x (Figs. 42a e 42b) e um filtro azul U-MWBSE que acentua o contraste entre camadas (Fig. 42c)<sup>41</sup>.

Os dados resultantes do exame são sujeitos à observação da obra com leitura interpretativa, que pode ser auxiliada com suporte em estudo de fontes indirectas, como pesquisas histórico-documentais convencionais e exames complementares como testes microquímicos ou análises com reagentes, EDXRF, entre outros.

#### **2.1.4 Micro-espectroscopia de infravermelho por transformada de fourier ( $\mu$ S-FTIR)**

A técnica de  $\mu$ S-FTIR tem sido amplamente utilizada para a caracterização de materiais de pintura, devido à sua capacidade de identificar quer compostos orgânicos quer inorgânicos [137; 179; 294]. Esta importante ferramenta na análise de materiais identifica os grupos funcionais constituintes dos aglutinantes, pigmentos e vernizes através de uma análise comparativa entre o espectro de infravermelho de uma determinada amostra com espectros padrões [128]. A amostra é examinada por um técnico ao microscópio estereoscópico e os estratos separados manualmente. As partículas representativas de cada uma das camadas são removidas para posterior caracterização e identificação [128]. Uma frequência de radiação que interage com a amostra produz uma banda de absorção e é representada graficamente num espectro de IV. Geralmente a intensidade da radiação absorvida, é expressa em absorvância ( $A=\text{cm}^{-1}$ ), ou em transmitância ( $T=\%$ ) em função do número de onda [128]. As bandas de absorção de um espectro IV são compostas por três parâmetros responsáveis pela

---

<sup>40</sup> Inicia-se o processo de polimento, da lixa mais forte para a mais fina (ou seja, da gramagem mais baixa para a mais alta) em água corrente, até se chegar à amostra. Esta deve ficar à face da resina e estar suavemente polida (última fase com a lixa fina), para não permanecerem os sulcos da lixa.

<sup>41</sup> O recurso a exame por Microscopia óptica (MO) foi através de microscópio binocular Olympus BX41, com óptica corrigida ao infinito. O registo de imagens foi efectuado com a câmara ProgRes<sup>®</sup> e programa CapturePro 2.7.

caracterização do material: frequência, forma e intensidade – a frequência das bandas indica a presença de determinados grupos funcionais; a forma das bandas determina a combinação de grupos moleculares ou a pureza do material analisado; e a intensidade de uma banda, em comparação com as outras bandas do espectro, fornece informação sobre a quantidade e tipo de um grupo funcional específico (OH, NH, CO, entre outros) presente numa molécula [128].

### 3. Conclusões

As análises científicas aplicadas aos bens culturais servem o propósito da identificação dos materiais utilizados. Esta identificação fornece informação indispensável à conservação e restauro e à história de arte – conceitos orientados ao melhor conhecimento da história dos objectos que integram actualmente o património cultural.

A observação das pinturas *in situ* e o recurso à fotografia por luz directa e luz rasante permitiu revelar uma depressão indicativa de uma possível abertura exterior, entretando entaipada (Fig. 43a), realçar as uniões das jornadas mais toscamente executadas (Fig. 43b), e evidenciar marcas de aplicação de massas (Fig. 43c) no painel mural da Igreja de S. Tiago, Expôs as lacunas, as fissuras, os destacamentos, quer por acção do tempo, alterações ambientais ou acção do Homem. Mormente, evidenciou vários tipos de alteração nos diferentes estratos como degradação física, química e biológica patente na pulverulência das camadas, nas eflorescências de sais, na oxidação de elementos metálicos, entre outros, abordadas mais à frente no capítulo da Conservação Preventiva.

Após se efectuarem as fotografias por fluorescência de ultravioleta na Igreja de Santa Eulália, constatou-se que não houve informação adicional que se conseguisse retirar através desse procedimento.

A informação passível de ser extraída por  $\mu$ S-FTIR ficou um pouco aquém do esperado, sendo evidente a necessidade de o complementar com outras análises. Como a Helena Melo refere na sua tese de doutoramento: “a dificuldade associada ao micro-FTIR consiste no facto de a maioria dos materiais se encontrar em mistura, com bandas que se sobrepõem, mascarando os compostos presentes. A esta dificuldade acresce o facto da degradação dos

materiais poder alterar a configuração, intensidade e frequência das bandas e dar origem a produtos de degradação que não estariam presentes no material de origem. Por esta razão, nem sempre é possível atribuir todas as bandas a determinado grupo funcional” [270].

Os cortes estratigráficos possibilitaram o visionamento de micro-amostras extraídas de todas as igrejas em variados pontos e diferentes pigmentos. Eles ilustram a quantidade de estratos (quase sempre dois), a sua espessura (muito fina) e a constituição mais ou menos grosseira dos grãos e da moagem.

Poderiam ser efectuados outros testes simples que acarretariam informação adicional, como análises microquímicas para determinação de aglutinantes e caracterização de lípidos (óleos) e/ou proteínas, bem como a análise microquímica que visa identificar a constituição do material da camada de preparação.

## CAPÍTULO IV

### CARACTERIZAÇÃO DA COLONIZAÇÃO MICROBIANA DA PINTURA MURAL DE TRÊS IGREJAS

#### 1. Introdução

##### 1.1. Deterioração do granito

A partir do momento em que a pedra é recolhida da pedreira, inicia-se o seu processo de envelhecimento natural e de degradação [127].

A deterioração dos monumentos resulta da sua subordinação aos factores físicos, químicos e biológicos [77], de entre os quais assumem predominância a água e os organismos vivos, aos quais acresce, em ambientes urbanos, a poluição responsável pela aceleração da degradação dos materiais [175; 262], processo em que os monumentos em pedra actuam como repositórios de poluentes orgânicos e inorgânicos que se acumulam nas suas superfícies [264].

Sob o ponto de vista da composição dos materiais pétreos verifica-se, de forma generalizada, a existência de sais no seu interior, ora originários do próprio material, ora de proveniência externa [70]. São as variações climáticas que transformam esses sais num fenómeno físico que deteriora a pedra. Os ciclos de seco-húmido, favorecidos pela acção do vento e da radiação solar, provocam: (i) a solubilização; (ii) a mobilização – migram do interior para o exterior da parede; (iii) e a recristalização dos sais internos, com a consequente quebra da estrutura interna [102] e desagregação [102; 108]. Os cristais residuais de óxido de cálcio hidrolisam, transformando-se em hidróxido de cálcio e ocasionando *pitting*<sup>42</sup> em consequência do seu crescimento. A água provoca ou agrava todo o processo de degradação do granito, com efeitos como o congelamento e descongelamento, migração e cristalização de sais solúveis, ataques biológicos e químicos, e corrosão de elementos metálicos, podendo

---

<sup>42</sup> Corrosão típica da pedra caracterizada por numerosos orifícios de reduzidas dimensões à superfície do material. Cfr. [61].

ser absorvida pela pedra fundamentalmente por ascensão capilar, condensação e infiltração da água da chuva [180].

Muitos factores físicos, químicos e biológicos actuam em associações sinérgicas e/ou antagónicas afectando a durabilidade do material [120; 320]. A degradação física ocorre, essencialmente, por acção mecânica; a química provoca a decomposição dos minerais constituintes [89] e a biológica resulta do crescimento de organismos vivos que danificam química e mecanicamente os materiais [70].

Salienta-se que a acção de organismos vivos sobre os materiais não depende apenas do tipo de organismos envolvidos, mas também do material colonizado. A deterioração sofrida pelas rochas graníticas é, pois, resultado da sua interacção com os agentes bióticos, as condições ambientais e sua natureza e características, com particular relevância para a sua bioreceptividade (susceptibilidade a ser colonizada).

O conceito de bioreceptividade, definido por Guillite [168], remete para as características intrínsecas da matéria e a sua propensão para ser colonizada pois, como referem Prieto [*et al.*] [243], qualquer superfície que esteja exposta ao meio ambiente, será potencialmente colonizável por organismos vivos, sendo que estes organismos são responsáveis não apenas por processos de biodeterioração [108; 127; 243] como também por alterações estéticas [243]. A bioreceptividade das rochas varia devido às propriedades intrínsecas destas, e é determinada através do pH de abrasão, densidade, porosidade aberta e água capilar [242; 243]. Warscheid e Braams [339] após uma exaustiva revisão da literatura sobre biodeterioração da pedra concluíram que a bioreceptividade é definida pela estrutura e composição química da pedra, enquanto a intensidade da contaminação microbiana é determinada pelas condições ambientais.

A colonização microbiana depende de factores ambientais tais como a existência de água, temperatura adequada, irradiação solar e depósitos atmosféricos [168; 20]. As características petrográficas e microestrutura das rochas, como o tamanho do grão, a forma dos grãos e fendas são igualmente importantes [287]. Sendo o granito uma rocha silícea de pH ácido constitui um substrato que será por princípio especificamente colonizado por espécies acidófilas [67]. Os substratos de pedra contendo silicatos, feldspatos e micas são colonizados

por fungos que têm a capacidade de produzir ácidos orgânicos durante o seu metabolismo, que conduzem à solubilização ou quelação de minerais como o alumínio (Al), potássio (K), cálcio (Ca) e ferro (Fe).

A estreita associação observada entre microorganismos e os processos de alteração das rochas (Tabela 4) reflecte, claramente, a contribuição biológica para a existência desses fenómenos de deterioração, sendo estes frequentemente resultantes da complexa interacção estabelecida por microorganismos que coexistem em simultâneo [145]. Na ausência de interferência, desenvolve-se uma sucessão das primeiras e mais resistentes formas (geralmente procariotas autotróficos) até às plantas superiores. Qualquer organismo que ocupe estes nichos específicos interage directa ou indirectamente com o resto e com o meio ambiente, fazendo parte de uma rede trófica complexa [67]. Entre os produtores encontram-se as bactérias autotróficas, algas, líquenes e plantas, e de entre os consumidores fazem parte bactérias heterotróficas, fungos e insectos [103].

Como principais produtores primários, os organismos fotoautotróficos são considerados os habitantes pioneiros dos materiais em pedra [157; 175; 201; 203; 221]. Sem fazerem distinção entre o interior e o exterior do edifício, necessitam apenas de água, luz e minerais [201]. Quando mortos, iniciam uma sucessão ecológica mais complexa ao tornarem-se uma fonte de nutrientes para organismos heterotróficos. Para além dos organismos observáveis nas superfícies rochosas dos monumentos, existem possivelmente outros escondidos a afectar o interior da pedra, contribuindo igualmente para os processos de biodeterioração [127]. A colonização microbiana por cianobactérias e fungos, que constituem normalmente a maior parte da biomassa [121], provoca degradação estética e física da pedra por penetração das células filamentosas para as camadas interiores da rocha [154], através de fendas ou fracturas e por formação de biofilmes [123] (Tabela 5).

Os monumentos em pedra são particularmente afectados pela organização de microorganismos em biofilmes, que sobrevivem entre o substrato lítico e a atmosfera [123; 127; 319]. Estes biofilmes actuam como adesivo retendo a sujidade e outras partículas, desfigurando os materiais e tornando a estrutura mais difícil de limpar [154; 222]. Causam, igualmente, retenção de humidade e alteração das temperaturas por absorção diferencial de

calor. As patines dos biofilmes variam na morfologia e na cor de acordo com as características do grupo taxonómico, estado fisiológico celular e condições ambientais – amarelo-esverdeado, verde-escuro, preto, rosa, cinzento e castanho [105] (Fig. 44). A origem e formação dos filmes negros na pedra divide a comunidade científica. Existem alguns autores que defendem ser de origem antropogénica, outros remetem para uma actividade biológica e finalmente alguns estudos demonstram poder tratar-se de uma simbiose entre factores [219; 256].

Em ambientes não poluídos, Aira [*et al.*] [60], identificaram a composição das crostas negras como sendo ácidos gordos, fundamentalmente ácidos oleicos e linoleicos de origem biológica resultantes de actividade antropogénica, por exemplo, procedente de aplicações de produtos de conservação e protecção da pedra [219], eventualmente derivados da colonização do granito por biofilmes fototróficos. Gaylarde, Ortega-Morales e Bartolo-Pérez [155] crêem tratar-se, predominantemente, de cianobactérias filamentosas que provocam pigmentação celular.

Em ambientes urbanos, a formação de filmes negros com elevado teor de poluição não é apenas um problema estético. Resulta igualmente no desgaste e desagregação física da pedra que lhes está subjacente. Apresentam uma composição química complexa, orgânica e inorgânica, com capacidade de reter partículas atmosféricas e formar precipitados. Existem dois tipos: filmes ricos em sulfato [304] e carbonato<sup>43</sup> em menor quantidade, e ainda, compostos por cristais de gesso [155; 278]; outro, sob uma fina matriz rica em ferro. A cristalização do gesso, para além de conduzir à fragmentação da pedra por agregação das partículas na crosta negra em evolução e crescimento, embrenha-se nas fendas e fracturas [304]. O sulfato existente na mineralogia original do silicato granítico é passível de sofrer substituição, já o ferro é, provavelmente, oriundo da lixiviação dos minerais férreos do granito, tais como a biotite ou os óxidos de ferro [304].

---

<sup>43</sup> Existem dois tipos de carbono presentes na atmosfera urbana e encontrados nas fachadas de monumentos históricos – carbono elementar e carbono orgânico. Cfr. [80]. Os aerossóis de carbono provenientes de processos de combustão (actualmente a principal fonte são as emissões de tráfego rodoviário) denominados de carbono elementar são os principais agentes responsáveis, devido à sua alta absorvidade óptica. Cfr. [86].

Em face da necessidade de adaptação a ambientes desfavoráveis, os microorganismos foram desenvolvendo distintas estratégias de sobrevivência; destacando-se a produção de substâncias poliméricas extracelulares [123; 161; 192; 253; 307], maioritariamente polissacarídeos [135; 192; 322], para além de proteínas em quantidades consideráveis, e ácidos nucleicos e lípidos [135; 147].

Gorbushina e Krumbein [162] estabeleceram que muitas das mudanças espectrais da pedra estão relacionadas com o crescimento de biofilmes abundantemente pigmentados, concluindo-se que muitas, se não a maioria das alterações de cor em superfícies arquitectónicas, são causadas por microflora [164]. Segundo Gorbushina *et al.* [164] e Diakumaku *et al.* [131], uma boa percentagem atribui-se a fungos e à sua capacidade de produzir pigmentos, particularmente melaninas ou compostos análogos. A elevada absorção de água pelas rochas biocolonizadas permite uma constante produção e manutenção do biofilme sobre as superfícies, funcionando igualmente como depósito de nutrientes para outros microorganismos, assim como para partículas orgânicas e inorgânicas [307].

Uma maneira de conhecer o processo de desgaste microbiológico consiste em identificar os microorganismos que vivem na superfície da pedra, após isolamento e crescimento em cultura. Em experiências de cultura, Warscheid [338] demonstrou, a partir de superfícies rochosas, que os microorganismos isolados produzem ácidos orgânicos, enquanto Eckhardt [139; 140], Kuroczkin *et al.* [184], Petersen *et al.* [232] e Silverman e Muñoz [277] comprovaram que, entre os microorganismos com essa capacidade se encontram os fungos, que segregam ácidos tais como o oxálico [123; 130], fumárico e cítrico [192]. A exsudação destes e outros ácidos pelas hifas saprotróficas e micorrízicas de fungos são responsáveis pela desagregação da rocha granítica [89, p. 1137].

## **1.2 Deterioração da pintura mural**

O estudo dos revestimentos pictóricos nos monumentos pétreos é variado e complexo; variado pela heterogeneidade de métodos e técnicas artísticas que apresentam, e complexo

pela dificuldade no estudo analítico. Implica o reconhecimento dos materiais originais, bem como das várias camadas de restauro, quando presentes [230, p.177].

Sob o ponto de vista estético, da conservação e da história de arte, qualquer deterioração da pintura mural ou da estrutura dos monumentos que a suporta afecta directa e consequentemente a estética e a estabilidade recíproca [151; 209].

A degradação das pinturas murais está sobretudo relacionada com a alta porosidade do substrato, a sua natureza carbonatada, a presença de água nas paredes e as condições ambientais. As formas de deterioração mais comuns são as eflorescências, a dilatação e destacamento de fragmentos de reboco, e a corrosão ácida (consequência da condensação) [216].

A presença de sais solúveis no suporte da pintura mural, conjuntamente com a humidade do ar, podem causar a oclusão do sistema poroso da camada de pintura e a ocorrência de um processo de cristalização, se o teor de humidade relativa no ambiente for menor que o da estrutura, originando evaporação [244]. As eflorescências podem ter origem biológica, devido ao crescimento bacteriano, ou química, pela migração e cristalização de sais solúveis [266]. O crescimento dos cristais de sal dentro dos poros pode levar à formação de criptoeflorescências salinas e, consequentemente, à lixiviação da superfície ou ainda ao destacamento da superfície cromática [244].

Para além destes tipos de danos físico-químicos, são frequentemente encontradas em superfícies de pintura mural, alterações devido ao desenvolvimento microbiano [216]. Sempre que se reúnem condições ambientais favoráveis (humidade, temperatura, luz, e, em menor grau, pH) é possível encontrar muitos e diferentes tipos de microorganismos em desenvolvimento, dada a grande variedade de materiais orgânicos e inorgânicos presentes nas pinturas [65; 115; 253; 263]. Os processos de deterioração microbianos podem causar inúmeros tipos de alterações às superfícies pictóricas, reflectidas na coloração e descoloração de materiais, formação de crostas, filmes e eflorescências, além de perda de material por desprendimento da alvenaria, e/ou da respectiva camada cromática. Logo, os danos que originam podem ser estéticos e estruturais [107; 165] (Tabela 4).

Como já se demonstrou para o caso do granito, também nas superfícies das pinturas murais estão presentes microorganismos com a capacidade de formar um ecossistema específico e complexo, denominado biofilme. Este consiste em populações de diversas espécies [181].

Nas pinturas murais de interior, com vastas superfícies expostas à atmosfera, as diversas variações de temperatura e humidade sazonais ou episódicas influenciam o desenvolvimento de biofilmes nestes ambientes internos que propiciam mudanças drásticas na aparência, cor e estrutura [163], e cujos microorganismos são causadores de problemas graves devido à segregação de produtos metabólicos agressivos, tais como ácidos orgânicos ou inorgânicos [253].

As alterações provocadas pelos microorganismos nas pinturas murais devem-se a dois grupos: os autotróficos e os heterotróficos. Entre os organismos autotróficos encontram-se as algas e os líquenes, mais frequentes na pintura mural de exterior. Nos microorganismos heterotróficos estão incluídos bactérias e fungos [306; 220] (Fig. 45). As bactérias heterotróficas podem usar os compostos orgânicos das camadas pictóricas como substrato, descolorindo a pintura e alterando a sua consistência, não apenas através dos seus próprios pigmentos, como através dos produtos metabólicos ácidos excretados [65]. A sujidade, fuligem e outros contaminantes ambientais, que se acumulam na superfície cromática, podem representar uma outra fonte significativa de nutrientes para estes microorganismos [115; 253], e a própria composição dos materiais presentes nas pinturas pode ser utilizada como substrato para o metabolismo microbiano [253].

Em pinturas murais de interior, como em igrejas, catedrais e museus, os fungos são os microorganismos mais comumente isolados [216]. Apesar das características heterotróficas dos fungos e da natureza principalmente inorgânica do substrato das pinturas murais na técnica de fresco (como os três casos em estudo), o enriquecimento orgânico das superfícies através do depósito de partículas atmosféricas e absorção de água por capilaridade, pode promover o desenvolvimento de muitas estirpes de fungos [216]. As poeiras e sujidade atraem esporos de fungos, e a capacidade das partículas atmosféricas para reter a humidade na superfície das pinturas, contribui para o seu crescimento [151]. Investigações realizadas por Tonolo e Giacobini [306], entre outros, demonstraram que o crescimento de fungos induz

grave deterioração, variando entre manchas superficiais (de várias cores e alteração de pigmentos) (Fig. 46a) até à profunda transformação da estrutura do substrato [58; 216]. O micélio dos fungos e actinomicetes penetra no interior do reboco (Fig. 46b), resultando na destruição mecânica da pintura mural, por perda de coesão e desprendimento da camada pictórica [115; 216; 253; 257].

A Tabela 6 exemplifica a actividade microbiana relacionando-a com a deterioração em pinturas murais.

Em consequência da sua actividade metabólica, diversos fungos produzem pigmentos orgânicos de diferentes cores (verdes, cinzentos, azuis, roxos, violetas, entre outros), sendo que estas vão variar em função da espécie, da composição química do pigmento, da composição dos constituintes da pintura mural, da presença de outras espécies microbianas e de factores ambientais [151].

A remoção das manchas da superfície das pinturas murais é praticamente impossível [151]. Embora o tratamento com biocidas possa eliminar os microorganismos, estes produtos são ineficazes na remoção da pigmentação negra resultante do seu crescimento.

### **1.3 Tratamentos de biodeterioração**

Os tratamentos da biodeterioração incluem métodos mecânicos e químicos. Os métodos concebidos apenas para suprimir organismos epilíticos (que vivem à superfície) não são recomendados, uma vez que poderiam favorecer o crescimento de outros organismos endolíticos (residentes a poucos milímetros no interior dos poros) mais agressivos na ausência de concorrentes [127]. Um tratamento eficaz deve eliminar os organismos prejudiciais e evitar o seu reaparecimento por um período de tempo aceitável, sem provocar danos no substrato ou deposição de resíduos químicos na pedra [323]. Todavia, é de mencionar que, na ausência da eliminação dos detritos deixados pela desinfestação e sem a consolidação das fissuras, fracturas e juntas, a intervenção de limpeza pode ser pouco eficaz, se as condições de deterioração das estruturas se mantiverem [211].

A redução microbiana é normalmente conseguida através do uso de biocidas. Uma vez que os biocidas são compostos tóxicos, é importante identificar os organismos causadores da biodeterioração a fim de escolher um produto adequado que tenha como alvo espécies ou géneros específicos [239], sem correr riscos desnecessários.

Durante a realização deste trabalho, foram seleccionados dois agentes largamente utilizados em trabalhos de conservação e restauro, sendo-lhes apontados as vantagens de apresentarem elevada eficiência e uma interferência mínima com o substrato – Cloreto de benzalcónio (BC) (Antares)<sup>44</sup> e Preventol R80 (Agar Agar)<sup>45</sup>. Na conservação e restauro, o Cloreto de Benzalcónio e os produtos à base de cloreto de benzalcónio são frequentemente utilizados [105], bem como o Preventol R80. Os biocidas contendo o grupo amónia quaternária foram aprovados para a conservação de monumentos do património cultural pela European Biocide Directive [295]. Trataram-se ainda dois outros biocidas comerciais com diferentes princípios activos, o CaSoPaL<sup>®</sup> (IBZ)<sup>46</sup> e o Durolith<sup>®</sup> Bioclean L (Kremer)<sup>47</sup>. O primeiro é um produto relativamente novo em Portugal e combina as propriedades desinfectantes do álcool com nano-partículas de hidróxido de cálcio que possibilitam o reforço estrutural penetrando em profundidade e alterando o pH; o segundo é uma solução aquosa de hidróxido de lítio.

Face ao aumento da resistência dos microorganismos aos compostos antifúngicos disponíveis e toxicidade elevada, a necessidade de descobrir novos biocidas no campo da conservação do património cultural, estimulou a pesquisa sobre as propriedades antimicrobianas de produtos vegetais naturais [275]. A actividade antimicrobiana dos óleos essenciais foi estabelecida em variados estudos e muitos óleos têm sido aplicados, com sucesso, em diferentes campos de controlo microbiológico, maioritariamente associados à alimentação [76; 90; 171; 173; 194; 227; 273; 282; 302], medicina e saúde [75; 172; 229; 279; 310], sendo já referenciados na conservação do papel [245; 275] e num estudo de Stupar *et al.* [295] sobre a aplicação do *Origanum vulgare* como controlo antifúngico em frescos.

---

<sup>44</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 121.

<sup>45</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 130.

<sup>46</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 120.

<sup>47</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 124.

#### **1.4 Remoção de patines de origem biológica**

Como referido anteriormente (pág. 68), parte da alteração de cor nas superfícies poderá atribuir-se aos fungos e à sua capacidade de produzir pigmentos, nomeadamente a melanina.

O termo melanina vem do grego: μέλας – melas, que significa escuro, preto. São pigmentos formados por polimerização oxidativa de compostos fenólicos e/ou indólicos [134], existentes numa ampla gama de animais, plantas e microorganismos entre os quais inúmeras espécies de bactérias e fungos.

A melanina apresenta uma variedade de funções em diferentes organismos, tais como: aumentar a sua virulência e a sua capacidade de sobrevivência nalguns ambientes, proteger contra danos causados por altas temperaturas, raios ultravioleta, *stress* químico e ameaças bioquímicas, sendo a predominante, conferir protecção contra as radiações solares, particularmente dos UV [134]. As propriedades físicas e químicas comuns das melaninas são o seu peso molecular elevado, a insolubilidade em água e solventes orgânicos, a resistência à degradação por ácidos concentrados quentes ou frios, a descoloração por agentes oxidantes (NaOCl e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), a solubilização por soluções alcalinas quentes, e uma reacção positiva para polifenóis [134; 274]. O espectro de absorção das suas soluções alcalinas não mostra máximos ou mínimos no intervalo entre os raios ultravioleta e visíveis (valores de nm) e as parcelas de registo de absorvância *versus* comprimento de onda fornecem espectros essencialmente lineares com declive negativo [134].

As melaninas estão entre os mais estáveis, insolúveis e resistentes materiais bioquímicos [274]. São difíceis de caracterizar devido às suas propriedades químicas intratáveis e à sua estrutura heterogénea, o que torna a sua identificação extremamente difícil [274].

#### **1.5 Objectivos**

Uma vez que a actividade microbiana desempenha um papel inegável na deterioração da pedra (neste caso específico: o granito) e também da pintura mural, o objectivo da presente dissertação consistiu em determinar quais os microorganismos que se encontram presentes na colonização de tais materiais e quais os seus potenciais efeitos biodeteriorativos. Foram

usadas três igrejas como casos de estudo: Igreja de Santa Eulália de Arnoso (V.N. Famalicão); Igreja de Santa Cristina de Serzedelo (Guimarães) e Igreja de S. Tiago de Valadares (Baião).

Pretendeu-se identificar as comunidades microbianas presentes nas amostras por métodos de cultura clássicos e biologia molecular. Através desta informação, compreender se as espécies detectadas são capazes de gerar compostos pigmentados e em que condições os produzem, sendo também objectivo deste trabalho isolar e caracterizar o pigmento ou pigmentos produzidos pelos isolados, a fim de, num escopo mais amplo, eliminar ou atenuar o seu impacto visual.

Os organismos isolados com a capacidade de produzir biofilmes negros foram seleccionados para ensaios com biocidas comerciais e naturais (óleos essenciais).

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1 Recolha de amostras**

O estudo iniciou-se pela recolha de um total de 36 amostras de diferentes áreas das igrejas (Tabela 7), seleccionadas através da inspecção visual das zonas pigmentadas, com o objectivo de obter amostras representativas de biodeterioração. As variações cromáticas das camadas pictóricas foram determinantes para a escolha das amostras. As áreas que exibem uma pigmentação artificial (não natural), ou seja, manchas de várias cores que não estão em concordância com as pinturas murais, foram amostradas. Por razões de conservação, as áreas não danificadas não foram examinadas.

A amostragem foi realizada numa área definida (aproximadamente 1 cm<sup>2</sup>), por esfregaço com zaragatoa estéril humedecida em 0,5 ml de H<sub>2</sub>O esterilizada. As amostras representam diferentes zonas estratigráficas, incluindo granito e diferentes *giornate* e/ou campanhas das pinturas murais, quando presentes. Foram igualmente recolhidos vários tipos de material das mesmas áreas (quando viável) utilizando um cabo de bisturi nº3 com lâmina 15 ou um cinzel

e martelo (no caso do granito). As amostras foram devidamente identificadas e armazenadas a 4°C para uso posterior.

As amostras da Igreja de Santa Eulália foram numeradas EZ<sub>1</sub>–EZ<sub>7</sub> (zaragatoas) e ER<sub>1</sub>–ER<sub>8</sub> (recolhas) (Figs. 47 e 48); as de Santa Cristina CZ<sub>1</sub>–CZ<sub>8</sub> (zaragatoas) e CR<sub>1</sub>–CR<sub>16</sub> (recolhas) (Figs. 49 e 50) e as de S. Tiago TZ<sub>1</sub>–TZ<sub>11</sub> (zaragatoas) e TR<sub>1</sub>–TR<sub>6</sub> (recolhas) (Figs. 51 a 53). Todo o trabalho laboratorial foi realizado na Escola Superior de Biotecnologia, Centro de Biotecnologia e Química Fina (ESB – CBQF), da Universidade Católica Portuguesa – Centro Regional do Porto.

## 2.2 Isolamento de microorganismos

### 2.2.1 Meios microbiológicos

O isolamento dos microorganismos foi realizado em diferentes meios de cultura (Tabela 8) em função das suas necessidades nutricionais: *Potato Dextrose Agar* (Lab M) e *Czapek Dox Agar (Modified)* (Oxoid) específicos para as estirpes de fungos; *Nutrient Agar* (Merck) para o isolamento geral de bactérias; e os meios de cultura líquida *Potato Dextrose Broth* (Conda) para fungos e *Czapek Dox Liquid Medium (Modified)* (Oxoid) e *Optimal Haematococcus Medium*<sup>48</sup> para algas e cianobactérias.

### 2.2.2 Isolamento e cultivo de microorganismos em meio sólido

Em placas de *Petri* ( $\varnothing = 9$  cm) verteu-se cerca de 20 ml de meio de cultura sólido e inocularam-se duas placas por amostra pelo método de espalhamento para cada um dos meios (PDA e NA). Todas as placas foram colocadas numa incubadora a condições constantes (30°C). Para as amostras recolhidas com zaragatoa realizou-se a diluição de volume total de 500  $\mu$ l na proporção de 1:20 com H<sub>2</sub>O, agitou-se no vórtex aproximadamente

---

<sup>48</sup> A fórmula otimizada do meio OHM é: (em g l<sup>-1</sup>) KNO<sub>3</sub> 0,41, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,03, MgSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O 0,246, CaCl<sub>2</sub> x 2H<sub>2</sub>O 0,11, (em mg l<sup>-1</sup>) citrato Fe (III) x H<sub>2</sub>O 2,62, CoCl<sub>2</sub> x 6H<sub>2</sub>O 0,011, CuSO<sub>4</sub> x 5H<sub>2</sub>O 0,012, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,075, MnCl<sub>2</sub> x 4H<sub>2</sub>O 0,98, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> x 2H<sub>2</sub>O 0,12, SeO<sub>2</sub> 0,005 e (em  $\mu$ g l<sup>-1</sup>) biotina 25, tiamina 17,5 e B12 15. [141]

30" e aplicou-se 100 µl de solução por espalhamento na superfície do agar. Incubaram-se a 30°C durante pelo menos 7 dias. Quando se verificou ser necessário, realizou-se *streaking* ou hidratação extra da amostra.

Após um período de incubação entre 7 e 15 dias, os isolados macroscopicamente distintos foram re-inoculados até se alcançarem colónias isoladas. Para a obtenção de culturas puras, ou seja, um só isolado por placa, recortou-se um *plug* das extremidades das colónias que surgiram isoladas e re-inoculou-se no novo meio de cultura. A eliminação de duplicados nas amostras foi feita durante as etapas iniciais de isolamento tendo em conta o número de colónias desenvolvidas e a sua morfologia. Foram efectuadas sucessivas inoculações até à obtenção de colónias isoladas (Figs. 54 a 59).

### **2.2.3 Isolamento e cultivo de microorganismos em meio líquido**

Oito amostras sólidas (0,01gr) entre pintura mural e granito (ER<sub>7</sub>, CR<sub>1</sub>, CR<sub>9</sub>, CR<sub>15</sub>, CR<sub>16</sub>, TR<sub>3</sub>, TR<sub>4</sub> e TR<sub>6</sub>) (Figs. 48, 50, e 53) foram inoculadas em tubos de ensaio autoclavados com 5 ml de meio líquido OHM, e tubos de ensaio com 5 ml de meio CDB. O crescimento foi efectuado à temperatura ambiente durante um e dois anos respectivamente, e verificado periodicamente. Após o desenvolvimento, ao fim de aproximadamente 22 meses, de biofilmes gelatinosos em seis dos oitos tubos de ensaio com CDB, com uma ansa metálica removeu-se uma micro-porção de gel ou uma gota de líquido e inocularam-se placas de meio PDA e meio CDA.

### **2.2.4 Armazenamento a curto, médio e longo prazo**

Para o armazenamento a curto e médio prazo, os fungos filamentosos identificados foram guardados em placas de *Petri* de PDA e NA a 4°C. Utilizou-se uma parte do micélio dos isolados em placa, para inocular eurotubos de 50 ml, com meio PDA em rampa e guardaram-se à mesma temperatura. Foram realizadas periodicamente subculturas das estirpes isoladas. Para o armazenamento a longo prazo das bactérias/leveduras, recolheu-se uma ansa com o

organismo a guardar e passaram-se as células para criotubos estéreis com 500 µl de meio NB. Efectuou-se o mesmo procedimento para cada estirpe individualmente. Foram deixadas a crescer por 24h a 30°C sem agitação. Suplementou-se com 50 µl de glicerol, homogeneizou-se e congelou-se a -80°C. O objectivo do armazenamento a longo prazo refere-se à posterior identificação por métodos de microbiologia clássicos como sendo a observação microscópica e a coloração de *Gram* e metodologias de biologia molecular para bactérias e leveduras.

## **2.3 Identificação dos isolados**

### **2.3.1 Caracterização macroscópica e microscópica**

A caracterização inicial foi efectuada durante a fase de isolamento utilizando os métodos clássicos de identificação microbiana, nomeadamente por meio de observação macroscópica e microscópica.

A observação macroscópica de fungos filamentosos, bactérias e leveduras incluiu a análise e descrição da morfologia das colónias com ênfase em características específicas tais como dimensão, forma, orla, cor e coloração do meio.

### **2.3.2 Microscopia electrónica de varrimento (SEM)**

O microscópio electrónico de varrimento foi utilizado para obter informação topográfica das amostras com recurso a grandes ampliações (substancialmente superiores às da MO [294]). Para manutenção das estruturas biológicas as amostras foram revestidas por pulverização catódica com ouro num Polaron Sputter Coater (Quorum) tendo sido observadas com e sem revestimento. A observação foi efectuada no microscópio electrónico de varrimento SEM Jeol JSM-5600LV.

Uma amostra com camada cromática intacta e presumível colonização biológica da pintura mural da Igreja de Sta. Eulália (ER<sub>3</sub>); quatro amostras entre camada cromática (CR<sub>3</sub>), granito interior (CR<sub>6</sub>), granito exterior (CR<sub>9</sub>), e argamassa de restauro (CR<sub>14</sub>) da Igreja de Santa

Cristina; e uma amostra de granito interior da Igreja de S. Tiago (TR<sub>4</sub>) foram preparadas para caracterização por microscopia electrónica de varrimento (SEM).

### **2.3.3 Identificação dos isolados por metodologias de biologia molecular**

#### **2.3.3.1 Extracção de ADN total<sup>49</sup>**

Todos os isolados fúngicos foram seleccionados para identificação molecular.

Inocularam-se individualmente as estirpes fúngicas (previamente isoladas em meio sólido) com 5 a 9 *plugs* de aproximadamente 10 mm Ø cada, em frascos de *Erlenmeyer* de 250 ml com 150 ml de meio PDB. A incubação decorreu à temperatura ambiente num período variável entre 15 e 30 dias, mediante o metabolismo do isolado, até à obtenção de quantidade suficiente de micélio para se proceder à seguinte fase de extracção de ADN.

Após a incubação, o micélio foi filtrado e lavado com água esterilizada, congelado com azoto líquido (N<sub>2</sub>) e imediatamente antes da extracção de ADN, triturado em almofariz com auxílio de um pilão a 4°C. O micélio em pó foi, em seguida, suspenso em 1 ml da solução tampão Tris-EDTA<sup>50</sup> (TE) com pH 7,6 em tubos estéreis *Falcon* de 30 ml. Adicionou-se 3 ml do reagente GES [tiocianato de guanidina 50M, EDTA 0,1 M e sal de sódio N-laurilsarcosina (Sarcosyl) 0,5%] e agitou-se muito suavemente. Conservaram-se em gelo por 120 min. A incubação no gelo foi seguida da adição de 1ml de acetato de amónio 10M frio (4°C), homogeneização por inversão e incubação no gelo por 10 min adicionais. Numa câmara de extracção de vapores (*Hotte*) adicionou-se 5 ml a cada tubo de uma solução de clorofórmio<sup>51</sup> e álcool isoamílico a 24:1 (v/v), sendo cuidadosamente homogeneizado por inversão. Centrifugou-se por 10 min a 1300 rpm. O sobrenadante resultante foi transferido para novos tubos aos quais se adicionou isopropanol<sup>52</sup> no mesmo volume. Centrifugou-se novamente a 5000 rpm por 5 min. O precipitado foi seco, redissolvido em 5 ml de solução tampão TE e

---

<sup>49</sup> Por comunicação pessoal, adaptada de Pitcher, Saunders e Owen, 1989 [236]. A discente fez questão de observar e auxiliar nas etapas, mas a extracção foi maioritariamente efectuada pela co-orientadora Doutora Patrícia Moreira, Centro de Biotecnologia e Química Fina (CBQF), Universidade Católica Portuguesa, Porto.

<sup>50</sup> Ver fichas técnicas em Apêndice de materiais, Vol. II, pp.118 e 133.

<sup>51</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 122.

<sup>52</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 127.

incubado a 4°C durante o fim-de-semana. Extraíu-se novamente com 10 ml da solução de clorofórmio e álcool isoamílico a 24:1 (v/v) e centrifugou-se a 1300 rpm por 10 min. Os sobrenadantes foram decantados para novos tubos e suplementados com 1/10 volume de acetato de sódio 3M (pH 5,2) e homogeneizados por inversão. Adicionou-se 2,5 volumes de etanol absoluto (-20°C) e acondicionou-se no gelo por 15 min após mistura. Centrifugou-se a 5000 rpm por 5 min. O precipitado foi lavado com 4 ml de etanol a 70% (v/v) e centrifugado novamente a 5000 rpm por 5 min. Os precipitados foram secos e redissolvidos com 500 a 1000 µl de solução tampão TE de pH 7,6. Incubaram-se os tubos por 2 a 3 dias a 4°C, até solubilização completa do *pellet* de ADN no tampão TE.

### 2.3.3.2 Amplificação por reacção em cadeia da polimerase (PCR)<sup>53</sup>

A identificação dos fungos ao género e/ou espécie foi efectuada com base na análise da sequência genética da região ITS do ADN ribossomal. O gene que codifica a região ITS com aproximadamente 600 pares de bases foi amplificado usando dois conjuntos diferentes de *primers* (oligonucleotídeos) (Tabela 9).

A qualidade e pureza do ADN fúngico foram avaliadas por espectrofotometria em dois comprimentos de onda – 260 nm (nucleotídeos) e 280 nm (proteínas) – e por electroforese em gel de agarose a 1%. O ADN foi posteriormente armazenado a -20°C até nova utilização. Após verificada a qualidade e pureza do ADN realizou-se a amplificação da região seleccionada para sequenciamento e identificação dos isolados. A amplificação por reacção em cadeia da polimerase (PCR) realizou-se num termociclador automático (TECHNE® TC512) utilizando-se 5 µl de ADN total, 25 µl NZY Taq 2x Green Master Mix (NZYtech®) e 2 µl de cada *primer* num volume total de 50 µl. A amplificação da região ITS por PCR ocorreu através de 5 min de desnaturação inicial a 94°C, seguida por 35 ciclos com 1 min de desnaturação a 94°C, 1 min de emparelhamento a 50°C e 1 min de extensão a 72°C e

---

<sup>53</sup> Por comunicação pessoal, fase laboratorial integralmente executada pela co-orientadora Doutora Patrícia Moreira, Centro de Biotecnologia e Química Fina (CBQF), Universidade Católica Portuguesa, Porto.

terminou-se com 5 min de extensão a 72°C. O produto da amplificação foi observado por electroforese em gel de agarose a 1% em tampão TBE (Bio-Rad).

### **2.3.3.3 Sequenciação dos produtos de amplificação**

Os produtos amplificados foram purificados e sequenciados por Macrogen Inc, Korea. As sequências foram manualmente revistas para erros e comparadas com as depositadas no banco público de dados de nucleotídeos de GenBank<sup>®</sup> através da ferramenta BLASTn<sup>®</sup> (*Basic Local Alignment Search Tool*), disponível em *National Center for Biotechnology Information* – NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), com o intuito de identificar cada fungo isolado ao táxon de espécie.

## **2.4 Efeito de biocidas na viabilidade dos microorganismos isolados**

Visando determinar a eficácia dos biocidas em eliminar os organismos isolados numa dose mínima, elaboraram-se testes laboratoriais *in vitro* para fungos previamente isolados das paredes das três igrejas.

Foram testados biocidas em diferentes soluções e concentrações, uns frequentemente utilizados no restauro de pinturas murais e monumentos em pedras e outros inovadores e nunca aplicados nesta área. Após o isolamento dos microorganismos e da sua caracterização inicial, alguns isolados foram seleccionados para testar quatro biocidas comerciais e cinco biocidas naturais, por forma a se avaliar a sua eficácia relativa.

### **2.4.1 Biocidas comerciais e óleos essenciais**

Os biocidas comerciais CaSoPaL, Cloreto de Benzalcónio, Durolith e Preventol R80 e os óleos essenciais de Alecrim (*Rosmarinus Officinalis*), Funcho (*Foeniculum vulgare*), Limão (*Citrus limon*), Manjerição (*Ocimum basilicum*) e Sálvia (*Salvia officinalis*) foram escolhidos para testar a susceptibilidade de quatro fungos contaminantes interiores e exteriores, isolados previamente.

A extracção dos óleos essenciais foi realizada por hidrodestilação com auxílio de um equipamento *Clevenger* em conformidade com o método recomendado pela Farmacopeia Portuguesa [52]. Num balão de fundo redondo adicionou-se 100 g de massa verde (essencialmente folhas) a 1L de água destilada<sup>54</sup>, e colocou-se numa manta de aquecimento. Ao balão adaptou-se o aparelho de *Clevenger* e o sistema esteve em ebulição durante 3h. Findo este período, o óleo essencial foi recuperado<sup>55</sup>.

#### 2.4.2 Estirpes microbianas

Os isolados seleccionados para determinação da concentração mínima inibitória (CMI) foram dois fungos filamentosos de hifas escuras (castanhas-negras) [TZ<sub>4.2.2</sub> (*Alternaria alternata*) e TZ<sub>10.1.2</sub> (*Alternaria tenuissima*)]<sup>56</sup>; um fungo filamentoso verde com elevada esporulação e que colora ligeiramente o meio (TZ<sub>8.2.2</sub>) e um fungo filamentoso de hifas incolores com produção de exsudados negros e ténue coloração do meio (TZ<sub>10.2.2</sub>) (Fig. 60).

#### 2.4.3 Método de determinação da concentração mínima inibitória (CMI)

Determinou-se a concentração mínima inibitória (CMI) através do método de diluição do agar em série – menor concentração de biocida que inibe o crescimento visível de microorganismos.

A actividade antifúngica foi estudada usando um ensaio de contacto (*in vitro*), que produz inibição do crescimento das hifas [183]. Placas de PDA foram preparadas utilizando placas de *Petri* de 9 centímetros de diâmetro. A cada placa de PDA contendo 20 ml de agar autoclavado foram adicionados por micropipeta os biocidas numa gama de volumes de 1,56 a 100 µl no caso dos óleos essenciais e 7,81 a 500 µl para os biocidas comerciais com

---

<sup>54</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 119.

<sup>55</sup> A extracção dos óleos essenciais utilizados foi efectuada pela Eng.<sup>a</sup> Sandra Santos da Escola Superior Agrária de Coimbra – Instituto Politécnico de Coimbra.

<sup>56</sup> Ambos os fungos filamentosos pertencem ao mesmo género, sendo o primeiro isolado do interior e o segundo isolado do exterior.

excepção do Preventol R80 cujas concentrações se situaram entre 15,62 e 1000 µl devido à diluição 1:1 em etanol<sup>57</sup>. Foram efectuadas duas réplicas para cada tratamento.

O meio foi inoculado por colocação de um *plug* perfeitamente circular de 5 mm de diâmetro cortado a partir da margem mais activa de uma colónia em crescimento cultivada em PDA. A superfície com micélio foi colocada invertida no centro do quadrante de agar, com as espécies fúngicas em contacto com o meio de crescimento da placa. As placas hermeticamente seladas com Parafilm M<sup>®</sup> (Pechiney) foram incubadas à temperatura ambiente (aproximadamente 20°C).

O crescimento das colónias foi medido (mm) na extensão do diâmetro das hifas, da extremidade dos *plugs* para o exterior em quatro direcções transversalmente, a intervalos de 24 horas durante 4 dias. Os valores de CMI foram determinados mediante a menor concentração de biocida onde se registou ausência de crescimento. A média das medições de crescimento foi calculada a partir de um total de 4 medições por fungo. Placas de PDA sem biocida, inoculadas e incubadas pelo mesmo método, foram utilizadas como controlos.

## **2.5 Caracterização química do pigmento produzido por isolados fúngicos seleccionados**

Os pigmentos produzidos pelos microorganismos isolados dos biofilmes de coloração negra, foram caracterizados após extracção dos mesmos.

### **2.5.1 Extracção de pigmento**

Testaram-se diferentes protocolos para extracção dos pigmentos de isolados fúngicos seleccionados por forma a ser possível a sua caracterização. Tendo em conta que os pigmentos estão sob variadas formas nas amostras e microorganismos, nomeadamente associados ao material, hifas, esporos, entre outros, utilizaram-se metodologias adequadas à extracção consoante os diferentes meios, locais e amostras seleccionadas.

---

<sup>57</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 125.

### 2.5.1.1 Amostras e estirpes utilizadas

Seleccionou-se uma amostra de granito interior da Igreja de Santa Eulália – ER<sub>7</sub> (Fig. 48) e uma amostra de granito interior da Igreja de S. Tiago – TR<sub>4</sub> (Fig. 53) para extracção de pigmento. Ambas amostras denotam uma intensa e profusa coloração negra. Seleccionou-se o fungo CZ<sub>1.2.3</sub> (granito interior), um fungo filamentosos de hifas incolores com a particularidade de produzir exsudados negros e de colorir intensamente os meios de cultura sólido e líquido; os fungos TZ<sub>4.2.1</sub> (*Alternaria tenuissima* – granito interior), TZ<sub>4.2.2</sub> (*Alternaria alternata* – granito interior), TZ<sub>5.1.2</sub> (pintura mural) e TZ<sub>10.1.2</sub> (*Alternaria tenuissima* – granito exterior) por apresentarem crescimento de hifas escuras (castanhas/negras); o fungo TZ<sub>10.2.2</sub> (granito exterior) por, à semelhança do fungo CZ<sub>1.2.3</sub>, ser constituído por hifas incolores e produzir exsudados escuros, apesar de macroscopicamente serem distintos (Figs. 55 e 56).

### 2.5.1.2 Equipamento

A observação microscópica foi efectuada em microscópio óptico binocular (zeiss axiostar plus) com recurso a fotografia por máquina fotográfica digital sony cyber-shot dsc-w120 de 7,2 megapixéis com *zoom* óptico de 4x.

Foram utilizadas a BOECO centrífuge M-240 e a Hettich Centrifuge Universal 32R, para as centrifugações necessárias a cada protocolo.

Para a leitura dos espectros de IV utilizou-se o equipamento de Espectrometria de Infravermelhos por Transformada de Fourier (FTIR) (Faculdade de Farmácia do Porto) Perkinelmer Frontier™ FTIR Spectrometer e para a leitura dos espectros de UV-Vis de amostras líquidas, utilizou-se o espectrofotómetro de díodo Specord® S 600.

A medição do pH efectuou-se através do Crison pH Meter Basic 20.

Um colorímetro Konica Minolta Chroma Meter CR-400 foi usado para medição de alteração de cor em materiais sólidos. Os dados foram recolhidos como coordenadas de CIE L\*a\*b\* – a claridade (L\*) e as coordenadas de cromaticidade (a\* e b\*) de cada ponto.

### 2.5.1.3 Extracção de pigmento a partir de amostras sólidas

#### Protocolo adaptado de Cappitelli *et al.* [104]

Utilizou-se uma amostra de granito interior da Igreja de S. Tiago (TR<sub>4</sub>) da qual se pesou numa balança analítica 0,01gr de amostra em grão, colocou-se num *ependorf* e foi tratada com 1 ml de acetona<sup>58</sup> num banho de ultra-sons durante 15 min. A solução resultante foi decantada. O procedimento repetiu-se três vezes consecutivas. Reiterou-se o mesmo protocolo utilizando para o efeito uma amostra triturada da mesma recolha.

#### Protocolo adaptado de Selvakumar *et al.* [274]

Uma amostra em grão de granito interior da Igreja de Santa Eulália (ER<sub>7</sub>) com cerca de 0,01 gr foi moída em almofariz, lavada com 1ml de NaOH<sup>59</sup> 1M e autoclavada a 120°C durante 20 min. A solução de NaOH foi centrifugada a 6000 rpm durante 5 min e o sobrenadante recolhido foi acidificado a pH 2 com aproximadamente 2250 µl de HCl<sup>60</sup> para precipitar a melanina. O precipitado de melanina foi lavado com 3 ml de água destilada, decantado e seco durante a noite à temperatura ambiente.

### 2.5.1.4 Extracção de pigmento a partir de hifas

#### Protocolo segundo Gadd [150, p. 116]

Os fungos seleccionados para a extracção do micélio – TZ<sub>4.2.1</sub>; TZ<sub>4.2.2</sub>; TZ<sub>5.1.2</sub>, e TZ<sub>10.1.2</sub>, foram cultivados em meio PDA e incubados a 30°C.

Cortaram-se três *plugs* (de cerca de 10 mm Ø) de cada estirpe, ferveram-se individualmente durante 5 min em 5 ml de água destilada e centrifugaram-se a 6000 rpm durante 5 min a 4°C. O sobrenadante foi descartado e ao sedimento adicionou-se 3 ml de NaOH 1 M. Foi novamente a centrifugar nas mesmas condições. O sobrenadante resultante foi filtrado

---

<sup>58</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 116.

<sup>59</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 126.

<sup>60</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 117.

através de filtro de seringa 0,45  $\mu\text{m}$  e autoclavado durante 20 min a 120°C. O resíduo de pigmento alcalino foi acidificado para pH 2 com HCl concentrado para precipitar a melanina. O precipitado foi lavado 3x em água destilada.

#### **2.5.1.5 Extracção de pigmento a partir de exsudado**

No fungo com produção de exsudado (TZ<sub>10.2.2</sub>), removeu-se cerca de uma micro-espátula de exsudado (sem micélio) que foi suspenso em 5 ml de H<sub>2</sub>O, observando-se logo coloração escura. O sobrenadante foi colocado a centrifugar e autoclavado. Foi observado por microscopia óptica, para verificação da ausência de micélio.

#### **2.5.1.6 Extracção de pigmento a partir de meio extracelular**

O isolado fúngico CZ<sub>1.2.3</sub> seleccionado por colorir intensamente o meio sólido e líquido (Fig. 61) foi cultivado em meio PDA. Foram recortados *plugs* com cerca de 10 mm de diâmetro e usados para inocular em meio líquido PDB num *Erlenmeyer* com volume total de 150 ml à temperatura ambiente (aproximadamente 20°C) durante cerca de 15 dias.

#### **Protocolo de acordo com Tavzes *et al.* [300; 301]**

Após a separação do micélio do meio como detalhado na secção anterior, a melanina extracelular foi purificada de acordo com um procedimento modificado inicialmente descrito por Liu *et al.* [188, p. 133]. O conteúdo do *Erlenmeyer* foi filtrado através de um funil de *Büchner* com filtro de papel *Millipore* (nº1) para um frasco de *Kitasato* ligado a uma bomba de vácuo. Filtrou-se seguidamente com o auxílio de um filtro de seringa de 0,22  $\mu\text{m}$ . O filtrado foi ajustado para pH 3 com HCl 6M, separado para eurotubos de 50 ml e centrifugado a 4000 rpm durante 2h. O sobrenadante foi descartado, e a melanina foi re-suspensa em 6 ml de H<sub>2</sub>O destilada. A suspensão foi finalmente ajustada a pH 8 com NaOH 5M.

### **Protocolo de extracção com Dimetilsulfóxido (DMSO)**

Recolheu-se para um *ependorf* 1 ml de meio líquido directamente do Erlenmeyer onde cresceu o fungo CZ<sub>1.2.3</sub> e os detritos celulares foram removidos por centrifugação à velocidade máxima de 14000 rpm durante 10 min. O sobrenadante foi filtrado com filtro de seringa de 0,22 µm. A 100 µl do centrifugado adicionou-se 900 µl de Dimetilsulfóxido (DMSO) (Sigma)<sup>61</sup>.

## **2.5.2 Caracterização dos pigmentos obtidos**

### **2.5.2.1 Microscopia óptica**

Os sobrenadantes obtidos em 2.5.1.4, 2.5.1.5 e 2.5.1.6 foram observados por MO (Zeiss Axiostar Plus) com ampliação de 10x, 40x e 100x e fotografados com câmara digital Sony Cyber-Shot DSC-W120 de 7,2 megapixéis com *zoom* óptico de 4x.

### **2.5.2.2 UV-Vis**

O espectro UV-Vis das soluções alcalinas para os sobrenadantes dos fungos TZ<sub>4.2.1</sub>; TZ<sub>4.2.2</sub>; TZ<sub>5.1.2</sub>, E TZ<sub>10.1.2</sub> (secção 2.5.1.4), resultantes da extracção de pigmento a partir das hifas foi obtido através de um espectrofotómetro utilizando NaOH 1M como referência. Para os sobrenadantes resultantes da precipitação dos resíduos alcalinos, acidificados com HCl e lavados com H<sub>2</sub>O, o equipamento foi calibrado usando H<sub>2</sub>O como referência. O espectro lido compreendeu os comprimentos de onda entre 260 e 800 nm.

---

<sup>61</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 123.

### 2.5.2.3 Infravermelho

Foram efectuadas análises por FTIR dos diversos tipos de soluções: (i) sobrenadantes e exsudado em H<sub>2</sub>O; (ii) sobrenadantes e exsudado em NaOH resultantes dos ensaios da secção 2.5.1.4.

### 2.5.3 Descoloração enzimática dos pigmentos obtidos

A descoloração enzimática dos pigmentos obtidos dos diferentes isolados de fungos filamentosos (secção 2.5.1.6, protocolo de acordo com Tavzes *et al.*) foi realizada tanto em solução como sobre suporte sólido (papel de filtro) e testada com uma peroxidase versátil fúngica de *Bjerkandera adusta* (Sigma).

#### Protocolo com adição por deposição

Efectuaram-se quatro ensaios com três réplicas cada onde a variável foi a diluição de melanina enquanto os restantes componentes e concentrações mantiveram-se iguais. A mistura reaccional continha pela seguinte ordem, 50 µl de melanina obtida na secção 2.5.1.6 de acordo com Tavzes *et al.* (sem diluição, com diluição 1:10, 1:100 ou 1:1000), 1875 µl Na-Ta (100 mM pH 3,5), 25 µl enzima (0,005 gr/1000 µl H<sub>2</sub>O) e 25µl H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Sigma) a 30% num volume total de 1975 µl de solução.

Foram ainda efectuadas três réplicas de dois controlos (C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>) na diluição de 1:10 – C<sub>1</sub>: 50 µl melanina e 1925 µl Na-Ta 100 mM pH 3.5; C<sub>2</sub>: 50 µl melanina, 1900 µl Na-Ta 100 mM pH 3.5 e 25 µl H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30%.

Dezoito rectângulos de papel de filtro Millipore nº 1 autoclavados foram colocados na base de placas de *Petri* aos quais foi depositado 50 µl de cada solução no centro. Incubaram-se em caixas fechadas<sup>62</sup> a 30°C por 20 min.

---

<sup>62</sup> Seladas com Parafilm® M. Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 128.

Para as soluções, as alterações na cor foram detectadas após adição da enzima por espectrofotometria de UV-Vis. O controlo de branco foi feito com base numa solução de 50 µl melanina, 1900 µl Na-Ta e 25 µl de enzima (adicionada somente na altura da medição).

### **Protocolo com adição por imersão**

Com o objectivo de otimizar o método de aplicação das soluções ao suporte sólido, realizou-se um conjunto de ensaios distintos. Efectuaram-se cinco ensaios com três réplicas à temperatura ambiente e três a 30°C (até secar) para actividade enzimática: (i) controlo; (ii) controlo de cor, (iii) controlo de pH; (iv) controlo de peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)<sup>63</sup> e (v) ensaio completo, num volume total de 167,50 µl (Tabela 10).

Utilizaram-se 30 quadrados de papel de filtro novo Millipore nº 1 (não autoclavado) de aproximadamente 2,2 cm<sup>2</sup> para serem embebidos nas diferentes soluções dos ensaios. Em *ependorf's* de 1,5 ml colocaram-se as diferentes soluções de acordo com a Tabela 10. Mergulharam-se na totalidade os papéis nos líquidos dos *ependorf's* durante aproximadamente 5" e estenderam-se em placas de *Petri* limpas. As placas foram seladas e colocadas metade na bancada à temperatura ambiente e as restantes na incubadora a 30°C. As soluções dos *ependorf's* remanescentes foram centrifugadas a 14000 rpm durante 5 min e os sobrenadantes foram analisados por UV-Vis nos comprimentos de onda de 420, 460 e 734 nm. Utilizou-se H<sub>2</sub>O como referência.

Para quantificar a alteração de cor em materiais sólidos, antes e após o ensaio de descoloração, os parâmetros de cor CIELAB, foram calculados utilizando a fórmula de CIELAB 1976 [218]. Os valores de reflectância do papel de filtro foram medidos com o colorímetro (Minolta). Os dados foram recolhidos como coordenadas de CIE L\*a\*b\* – a claridade (L\*) e as coordenadas de cromaticidade (a\* e b\*) de cada ponto. Cada cor é representada por meio de três parâmetros escalares: L\* – claridade ou luminosidade da cor, que varia de 0 (preto absoluto) a 100 (branco absoluto); a\* – associada a alterações no

---

<sup>63</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 129.

vermelho-verde ( $a^*$  positivo é vermelho e  $a^*$  negativo é verde); e  $b^*$  – associada a alterações na cor amarela-azul ( $b^*$  positivo é amarelo e  $b^*$  negativo é azul) (CIE, 1976) [58; 314, p. 263].

$\Delta E$  é a diferença de cor total calculada a partir da fórmula da diferença de cor do CIE 1976:  $\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ . Um total de três leituras foi efectuado em cada um dos filtros.

## 2.6 Pré-maquetes e protótipos de frescos

### 2.6.1 Pré-maquetes

Esterilizaram-se na autoclave quatro fragmentos de granito e seis de pintura mural pré-existent e foram tratados como descrito na Tabela 10. Para a suspensão de esporos, um *plug* do fungo filamentosso TZ<sub>4.2.2</sub> foi inoculado em meio PDA e incubado à temperatura ambiente, até o micélio ocupar toda a placa. Foi feita uma solução de 50 ml H<sub>2</sub>O e 50µl de Tween 20 e espalhada sobre a placa, agitando, a fim de recolher os esporos. A contagem de esporos adaptada de Madigan *et al.* [193] foi efectuada a partir da suspensão de esporos.

Para tal, removeu-se uma gota da solução em placa e colocou-se na câmara de Neubauer-Improved Bright-Line (Marienfeld-Superior) para contagem dos esporos. A suspensão de esporos obtida foi depositada nas maquetes A, B e C, de acordo com a Tabela 11. O mesmo fungo foi utilizado para a inoculação dos *plugs* nas maquetes D e E. Recolheu-se pó depositado em igrejas para se assemelhar às condições dos casos de estudo, e esterilizou-se. A fim de servir de substrato, adicionou-se 0,126 gr de pó a 20 ml H<sub>2</sub>O e 25 µl Tween 80 e espalhou-se nas maquetes C e E. As pré-maquetes incubaram-se a 30°C numa caixa plástica selada com sistema de humidade incorporado (Fig. 62), de forma a manter os valores de Humidade relativa elevados e a avaliar rapidamente o potencial de crescimento fúngico neste suporte.

### 2.6.2 Protótipos finais

Para minimizar, retardar ou mesmo eliminar processos de deterioração, é prática comum efectuar ensaios físicos em amostras de afloramentos semelhantes à tipologia rochosa utilizadas nas construções. Tal procedimento permite o estudo das propriedades físicas dos materiais de forma indirecta, sem perder de vista o grave risco da destruição de valores essenciais e as fortes restrições colocadas ao processo de amostragem [189]. Vários investigadores desenvolveram em laboratório a colonização de rochas [169; 202; 204; 205; 220; 242]. Os protótipos criados servirão de base a testes com biocidas para, com base na observação, análise e classificação dos factos, extrair conclusões no sentido de perceber se a biodeterioração ocorre em diferentes estratos da pintura mural ou só à superfície e se é a mesma que ocorre no suporte, concluindo ser esta por ele transmitida do interior para o exterior.

Para a preparação das amostras, utilizaram-se placas de granito sem polimento e de grão grosseiro (seleccionadas de acordo com o aspecto visual do granito dos casos de estudo) de 4x4x1 cm (comprimento x largura x espessura). Aplicou-se no topo de cada placa uma camada de argamassa de aproximadamente 2 mm de pasta de cal aérea hidratada (Lusical) e areia de granulometria fina do rio (DuVitor) (1:1) a simular o *intonaco*. Sobre este, aplicou-se a pincel uma camada de cor com um pigmento terra (laranja) de acordo com a técnica de *buon fresco* originalmente empregue por Palomino [225]. O reboco e o revestimento pintado foram aplicados finamente, a fim de que a carbonatação se processasse mais rapidamente. Suspeitando-se que as colonizações em estudo ocorrem inicialmente no granito, contaminando os rebocos sobrepostos, efectuaram-se maquetes em granito sem reboco, ou com uma pequena parte deixada a descoberto, sem revestimento.

Utilizando as simulações de pintura mural, avaliou-se o suporte de aplicação óptimo para os fungos, bem como o método e as condições de aplicação óptimas. Num único protótipo-teste de pintura mural verteu-se 100 µl de meio líquido PDB e inoculou-se o *plug* (Ø 5 mm) do fungo filamentosos de hifas negras (TZ<sub>4.2.2</sub> – *Alternaria alternata*). Colocou-se dentro de uma placa de *Petri* selada, à temperatura ambiente. O uso de meio PDB agilizou o crescimento do fungo ao providenciar nutrientes e água disponível. Testou-se um provete com e sem

papel de filtro humedecido sob ele. O ensaio demonstrou que a utilização do papel de filtro é a mais apropriada, pois transmite humidade ao provete impedindo a desidratação. A placa de *Petri* permite isolar os provetes, a fim de evitar contaminações entre as diferentes estirpes e testes e armazenar maior quantidade de provetes por sobreposição mas sem contacto.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Isolamento e identificação de microorganismos

Durante o presente estudo vinte e seis isolados de fungos filamentosos e quarenta e três bactérias/leveduras foram isolados nos meios PDA e NA respectivamente, a partir de cinquenta e seis amostras em três locais de amostragem (Tabela 8).

O primeiro grupo (fungos filamentosos) foi armazenado a curto e médio prazo enquanto o segundo (bactérias e/ou leveduras) foi armazenado a longo prazo. Devido à dificuldade de distinção macroscópica dos isolados, optou-se por utilizar a mesma metodologia tanto para bactérias como para leveduras. A relação desigual de número de isolados por grupo taxonómico era expectável, uma vez que as bactérias são o maior grupo de microorganismos activos na deterioração dos monumentos e conseguem sobreviver numa vasta gama de substratos nutricionais [136] (entre orgânicos e inorgânicos). Os fungos são o segundo maior [317], e as suas características estruturais e fisiológicas, ubiquidade e resistência dos esporos colocam-nos entre os principais agentes de biodeterioração de frescos [268].

Na Igreja de Santa Eulália obtiveram-se três isolados fúngicos da camada cromática e um do granito interior; na Igreja de Santa Cristina isolaram-se dois fungos da camada cromática, cinco do granito interior e dois do reboco original; e da Igreja de São Tiago, três fungos da camada cromática, sete do granito interior e três do granito exterior (Tabela 12).

Destes fungos filamentosos conseguiram identificar-se para já, três dos oito fungos da Igreja de Sta. Cristina e quatro dos treze fungos da Igreja de S. Tiago – *Aspergillus versicolor*, *Alternaria alternata*, *Alternaria tenuissima*, *Penicillium chrysogenum* e *Penicillium spinulosum* (Tabela 13). Foram identificados por biologia molecular sete dos doze fungos

filamentosos isolados. Os restantes isolados estão em vias de ser identificados por metodologia clássica e de biologia molecular.

O género *Alternaria* cresce geralmente sobre a vegetação e é comum em ambientes e materiais húmidos, sendo predominantemente um fungo de ambiente exterior cujo aparecimento no interior das habitações e monumentos deriva das fontes primárias ao ar livre [20]. Estão adaptados para a sobrevivência a longo prazo. O género *Penicillium* ocorre numa grande variedade de habitats – na vegetação, solo, ar, vários produtos alimentares e ambientes interiores. Cresce particularmente bem em ambientes fechados, especialmente em edifícios húmidos ou danificados pela água e é decompositor de matéria orgânica. A espécie *Aspergillus versicolor* é de crescimento lento e geralmente encontrada em ambientes interiores húmidos e em produtos alimentares<sup>64</sup>.

Apesar de todos os três géneros estarem associados ao solo e vegetação [132; 133], o seu isolamento das Igrejas de Santa Cristina e de S. Tiago era provável pois ambas as igrejas estão rodeadas por ela, possuindo graves problemas de humidade e de biodeterioração rasteira de exterior (líquenes, musgos e plantas superiores). As três igrejas demonstraram uma elevada bioreceptividade, servindo de abrigo à colonização de microflora. As pinturas murais da Igreja de S. Tiago estavam cobertas a escassos centímetros por altares de madeira infestados por insectos xilófagos, pelo que é possível que alguns dos isolados estivessem a crescer nas deposições de matéria orgânica da madeira e na poeira à superfície das pinturas e não propriamente no substrato pictórico.

Os géneros *Aspergillus* e *Penicillium* e algumas espécies de *Alternaria* são frequentemente encontrados a colonizar/contaminar/degradar muitos habitats e materiais diferentes, incluindo os considerados representativos do património histórico e cultural [55; 132; 295]. Diferentes espécies dos géneros *Aspergillus* e *Penicillium* já foram referenciados como habitantes de pinturas murais de interior [72; 163; 166; 176; 216; 249; 265; 268; 271]. Entre eles, o *A. versicolor* e o *P. chrysogenum* são as espécies mais comuns de fungos de interior, sendo o *Penicillium chrysogenum* o mais usual. O *A. versicolor* é capaz de crescer em materiais muito pobres em nutrientes, tais como betão e argamassa [215] e tem sido reportado por

---

<sup>64</sup> Descrição mais aprofundada sobre cada um dos fungos em Apêndice A, Vol. II, pp. 135–139.

utilizar materiais empregues no restauro como fonte nutricional [72; 268], sendo que o seu aparecimento na Igreja de Santa Cristina coincide com uma igreja que já foi restaurada.

O género *Aspergillus*, isolado do granito interior tem sido relatado na literatura como taxa comum em rocha/pedra [106; 293; 308]. Igualmente, fungos do género *Penicillium* podem ser encontrados em amostras recolhidas de frescos [59; 132; 212] e monumentos em pedra [59; 132] como foi o caso das amostras de reboco original da Igreja de Santa Cristina onde este está patente.

Na igreja de S. Tiago foi possível relacionar um género de fungo filamentosos a crescer, tanto no exterior como no interior, associado ao granito. O género *Alternaria* e, mais concretamente, a estirpe *tenuissima*, foi amostrada, cultivada, isolada e identificada por biologia molecular, numa amostra de granito exterior e noutra de granito interior procedentes da mesma igreja. Evidencia-se assim, a importância do ambiente envolvente e das condições que propagam o transporte dos esporos. A *Alternaria* é, predominantemente, um fungo de ambiente exterior, e a sua presença em ambientes interiores é indicativo de condições húmidas e de uma bem sucedida dispersão dos esporos [28] através de correntes de ar [46].

Relacionou-se um fungo predominantemente de ambiente exterior (*Alternaria tenuissima*) tanto numa amostra de granito exterior como numa amostra de granito interior da Igreja de S. Tiago, demonstrando que as circulações de ar são responsáveis pela transmissão aérea dos esporos para diferentes locais.

As espécies fúngicas já identificadas nas três igrejas em estudo, reportadas em pinturas murais por diversos autores, estão compiladas na Tabela 14.

Nas inoculações das amostras sólidas de camada cromática e granito recolhidas das três igrejas e colocadas a crescer em meio OHM (para algas e cianobactérias), ao fim de um ano, observou-se não existir qualquer tipo de crescimento em nenhuma das amostras, pelo que se descartaram. Todavia, outros fragmentos de amostras das mesmas recolhidas foram inoculados em meio líquido CDB, detectando-se ao fim de 22 meses, a existência de um biofilme gelatinoso em seis das oito amostras. Foram desta vez inoculadas em meios sólidos de PDA

e CDA. Não foi possível conseguir isolados a partir dos biofilmes gelatinosos obtidos no inóculo do meio CDB.

### **3.1.1 Caracterização macroscópica e microscópica**

Os isolados fúngicos (CZ<sub>1.2.3</sub>, TZ<sub>8.2.2</sub> e TZ<sub>10.2.2</sub>) para os quais não foi possível obter identificação por biologia molecular foram observados com recurso a montagem de fragmentos de hifas em água, em lâmina de vidro e lamela e visionados por microscópio óptico (Zeiss Axiostar Plus) com ampliação de 10x, 40x e 100x e fotografados com câmara digital Sony Cyber-Shot DSC-W120 de 7,2 megapixéis com *zoom* óptico de 4x (Fig. 63). Para permitir a descrição das características microscópicas morfológicas de cada estirpe isoladamente examinou-se o tipo de hifas; os esporos e seu formato, dimensão e coloração; as estruturas de resistência; a disposição, forma e tamanho dos conídios entre outros elementos.

No entanto, a observação microscópica não foi suficiente para obtenção de uma identificação destes isolados com elevado grau de confiança. Propõe-se, contudo, que os isolados TZ<sub>10.2.2</sub> e CZ<sub>1.2.3</sub> possam ser do género *Pestaloptia* devido ao formato e cor dos seus esporos, ou de um género próximo, e o TZ<sub>8.2.2</sub>, *Penicillium*, pelas características da colónia, hifas e esporos.

### **3.1.2 Microscopia electrónica de varrimento (SEM)**

O SEM é um método que possibilita maiores ampliações do que a microscopia óptica [294]. Foi utilizado para a visualização directa da microflora das amostras e foi obtida evidência para a presença dos microorganismos, em particular fungos, pela existência de extensas hifas em redes tridimensionais, biofilmes, desagregação das camadas (pulverulência) e microfissuras pela penetração das hifas em profundidade em seis amostras observadas: camada cromática de pintura mural da igreja de Santa Eulália (fig. 64); camada cromática de pintura mural (fig. 65); granito interior (fig. 66); granito exterior (fig. 67); e reboco de restauro (fig. 68) da igreja de Santa Cristina; e granito interior da igreja de S. Tiago (Fig. 69).

Os ensaios “isolamento e cultivo de microorganismos em meio líquido (CDB)” (secção 2.2.3) e “extracção de pigmento a partir de amostras sólidas” (secção 2.5.1.3) efectuados com a amostra de granito interior de S. Tiago (TR<sub>4</sub>), não originaram resultados. Tal facto pode ser consequência da pouca quantidade de hifas existente no substrato (Fig. 69).

Existe uma quantidade de hifas observáveis nas amostras de pintura (ER<sub>3</sub> e CR<sub>3</sub>) muito superior, por comparação com as amostras de granito (CR<sub>6</sub>, CR<sub>9</sub> e TR<sub>4</sub>) (Figs. 66, 67 e 69). Presume-se que essa constatação possa dever-se à diferente porosidade dos materiais e à maior facilidade de degradação dos rebocos, particularmente na presença de sais. Sendo o granito um material mais duro e inorgânico, as hifas têm maior dificuldade em penetrar o substrato, mas conseguindo-o quando a rocha apresenta já alguma deterioração.

A pouca visibilidade de hifas na amostra de reboco de restauro (CR<sub>14</sub>), pode justificar-se por se tratar de um material com menos tempo de vida (Fig. 68).

A observação por este método direccionou os estudos subsequentes, focando a atenção no isolamento de fungos filamentosos.

### 3.1.3 Sequenciação dos produtos de amplificação

Foram considerados como confiáveis apenas os fragmentos com similaridade acima dos 98% (Tabelas 15 e 16). Os microorganismos com semelhanças abaixo de 97% têm sempre taxas de reassociação ADN-ADN inferior a 60% e, portanto, pertencem a espécies diferentes [292].

Nos fungos CZ<sub>1.2.4</sub> e TZ<sub>4.2.1</sub> os valores de E são mais elevados do que nos restantes isolados devido à ampliação ser menor [inferior a 300 pares de base (pb)] (Tabela 15). Os fungos CZ<sub>7.1.3</sub> e CZ<sub>7.1.4</sub> derivam da mesma placa original (CZ<sub>7.1</sub>) e pertencem à mesma espécie, algo que não era perceptível quando foi efectuado o isolamento. No que concerne aos fungos TZ<sub>4.2.1</sub> e TZ<sub>4.2.2</sub>, estes saíram igualmente da mesma placa original (TZ<sub>4.2</sub>) mas apesar das semelhanças – são do mesmo género *Alternaria* – pertencem a estirpes distintas – *tenuissima* e *alternata* respectivamente (Tabela 16).

### 3.2 Ensaio de biocidas

A selecção do biocida como sugerido por Mouga e Proença [211] teve em consideração a eficácia, definida pela dosagem de produto; o espectro de acção e a persistência; a baixa toxicidade (Homem, animais e plantas); baixo risco de contaminação ambiental; compatibilidade entre produtos; facilidade de utilização, entre outros.

Os objectivos desta pesquisa foram avaliar a eficácia *in vitro* dos diferentes biocidas para a protecção dos monumentos. Agentes biocidas seguros e não destrutivos devem ser aplicados como tratamento nas pinturas murais, bem como a outros objectos ou património cultural.

Apesar de se reconhecer o efeito deteriorativo das bactérias, este estudo direccionou-se para os organismos que se consideraram ser os responsáveis primordiais pelas manchas negras nos substratos pétreos e pictóricos – os fungos (Figs. 64 a 69), bem patentes nas microfotografias por SEM, onde é possível verificar uma relação entre as manchas negras e a evidência de hifas fúngicas nessas regiões.

Muitos biocidas só são efectivos num curto período de tempo, o que obriga a frequentes aplicações. Por tal, o tratamento não pode ser tóxico para o conservador/operador e não pode causar danos às superfícies tratadas, pois quantas mais aplicações, maior a probabilidade de ocorrerem deteriorações com a acumulação de produtos. Também é importante referir a probabilidade de numa intervenção de restauro, outros produtos químicos poderem ser aplicados (como hidrofugantes e consolidantes de pedra e de pintura mural, entre outros) e a importância de testar a sua compatibilidade. O desenvolvimento de fungicidas naturais ajudaria a diminuir o impacto negativo de agentes sintéticos, tais como resíduos, resistência e poluição ambiental, pois estes podem ser eficazes, selectivos, biodegradáveis e menos tóxicos para o meio e para o operador.

O alecrim [78; 83; 126; 199], o manjeriço [178; 223; 325] e a sálvia [83; 234; 261] pertencem à família de plantas *Labiatae* ou *Lamiaceae*, o limão [91; 207; 316] pertence à família de *Rutaceae* e o funcho [199; 254; 276; 280] à família *Apiaceae*. A maioria dos óleos essenciais tem algum grau de actividade anti-microbiana atribuível à presença de compostos fenólicos e terpenóides [156; 182]. Outros autores demonstraram que o conteúdo dos óleos essenciais

pode variar, com base em alterações na composição química que podem ser derivadas da origem, localização, condições ambientais, data de colheita e armazenamento [122]. Por conseguinte, é fundamental que a avaliação da actividade antimicrobiana de um óleo essencial seja acompanhada pela determinação da sua composição química [125; 170; 185; 206; 213]. No entanto, embora não seja possível ter a constituição dos óleos usados nos ensaios realizados, estes pertencem ao mesmo lote de extracção, o que garante a sua homogeneidade em termos de composição química e presença de compostos com actividade anti-microbiana e anti-fúngica.

Os compostos de amónias quaternárias (CAQ) (nos quais se incluem o Cloreto de Benzalcónio e o Preventol R80) são tensoactivos catiónicos (detergentes) e antimicrobianos (bactericidas e principalmente fungicidas). A actividade antimicrobiana de CAQ é uma função do comprimento da cadeia de N-alquil. As formulações comuns do Cloreto de Benzalcónio (CB) incluem uma mistura de cloretos de alquil-benzil-dimetil-amónio [88].

Os resultados dos ensaios antifúngicos revelaram que de entre os cinco óleos essenciais testados o único que se revelou eficaz para as várias estirpes foi o de manjeriço (*Ocimum basilicum*), enquanto de entre os biocidas comerciais, os que tiveram melhor prestação foram o CB e o Preventol R80 (Tabela 17).

O óleo essencial de manjeriço foi inibitório contra todos os fungos testados, e o crescimento micelial desses fungos foi completamente inibido a 25 µl por 20 ml de meio (Fig. 70). O CB foi eficaz para os vários fungos, mas as concentrações variaram dentro do mesmo género, de espécie para espécie (*Alternaria alternata* e *Alternaria tenuíssima*) bem como entre diferentes isolados (Fig. 71). O mesmo se passou com o Preventol R80, sendo que no isolado TZ<sub>10.2.2</sub> foi necessária uma concentração mais elevada que a do CB no mesmo parâmetro (Fig. 72)<sup>65</sup>. De entre estes três biocidas o que aparenta melhores resultados *in vitro* para todos os fungos, é o óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*) (Tabela 18).

Nas nossas condições experimentais, os resultados preliminares foram muito promissores. Estes resultados sugerem que os óleos essenciais podem ser usados como reguladores

---

<sup>65</sup> As concentrações usadas para os biocidas comerciais foram em conformidade com as estipuladas pelos fornecedores do produto, calculadas através de consulta das fichas técnicas (Apêndice de materiais, Vol. II).

eficazes no processo de colonização biológica, sendo que o mais eficaz foi o óleo essencial *Ocimum basilicum*. Embora os tratamentos com os diferentes biocidas tenham provado ser um sucesso nas condições tratadas, os ensaios em provetes e ensaios *in situ* serão necessários para determinar o método de tratamento mais eficaz. Os resultados até à data indicam que se trata de um tratamento promissor e eficaz para o controlo de fungos filamentosos potencialmente prejudiciais que colonizam os substratos da pedra e pintura mural. A aplicação de biocida nas áreas contaminadas poderá ser realizada por conservadores-restauradores, por método de pulverização, injeção, ou combinação de ambos.

### 3.3 Extracção e caracterização dos pigmentos produzidos pelos isolados

Em condições de laboratório, vários fungos filamentosos não identificados, produziram exsudação colorida em placas de cultura. É possível pois, que estes fungos sejam susceptíveis de causar igualmente colorações na pintura sob condições ambientais adequadas.

A maioria dos protocolos de extracção de pigmento não resultou. Constatou-se que quando não se efectuava filtração, ainda eram visíveis hifas e esporos ao microscópico e, em pouco tempo, as soluções apresentavam crescimento, inviabilizando o visionamento por espectrofotómetro ou FTIR. Como exemplo referem-se o caso da extracção de pigmento a partir de hifas (secção 2.5.1.4) e a extracção de pigmento a partir de exsudado (secção 2.5.1.5). A extracção por DMSO<sup>66</sup> (secção 2.5.1.6, protocolo de extracção com dimetilsulfóxido), apesar de ter sido filtrada, ainda se observaram esporos por microscopia óptica. Determinou-se que no caso do do fungo isolado CZ<sub>1.2.3</sub> os seus esporos característicos seriam responsáveis pela pigmentação do exsudado como foi observado microscopicamente (Fig. 73).

A extracção de pigmento a partir de meio extracelular foi bem sucedida (secção 2.5.1.6 protocolo de acordo com Tavzes *et al.*). Após todos os passos do protocolo de purificação

---

<sup>66</sup> Ver ficha técnica em Apêndice de materiais, Vol. II, p. 122.

foi possível observar a coloração enegrecida do sobrenadante e verificar a ausência de hifas ou de esporos característicos do isolado CZ<sub>1.2.3</sub> (Fig. 74).

Pela observação dos espectros não se conseguiu aferir se se tratavam de melaninas porquanto, ao contrário das linhas rectas espectáveis, os espectros indicaram variadas a presença de outros compostos ainda presentes nas soluções de extracção do pigmento. A sua complexa estrutura polimérica, é possivelmente a responsável pelos espectros incaracterísticos [116; 297].

Através dos diferentes ensaios realizados, tornou-se também clara a existência de tanto pigmentos solúveis como insolúveis em água para alguns dos isolados fúngicos.

O ensaio efectuado mediante o protocolo modificado de Cappitelli *et al.* [104] no qual uma amostra de granito foi tratada com 1 ml de acetona, não resultou em extracção de pigmento constatando-se que a acetona não alterou a sua coloração. Verificou-se que tampouco alterou a sua cor, a amostra sólida tratada com 1ml de NaOH, no protocolo adaptado de Selvakumar *et al.* (secção 2.5.1.3).

Verificou-se ainda que a actividade das estirpes utilizadas em cultivo foram influenciadas pela composição e tipo de meio de crescimento. Nos vários isolamentos do isolado TZ<sub>4.2.2</sub> em meio de cultura sólida o micélio variou entre o castanho, o cinzento e o negro e não foi perceptível que colorisse o agar. Em meio líquido produziu exsudados e o meio ficou francamente mais escuro (Fig. 75). Este isolado foi entretanto identificado como *Alternaria alternata*.

### **3.4 Descoloração enzimática dos pigmentos obtidos**

O pigmento obtido do isolado fúngico CZ<sub>1.2.3</sub> resultante da metodologia descrita na secção 2.5.1.6, protocolo de acordo com Tavzes *et al.*, que foi seleccionado por colorir profusamente os meios sólido e líquido, foi testado para a descoloração enzimática neste protocolo e no seguinte (secção 2.5.3).

O método de aplicação por deposição (secção 2.5.3) para as soluções em papel revelou-se pouco eficiente: assim que a solução era aplicada no papel, este concentrava o líquido ao centro deformando-se e tornando a absorção mais demorada; o espalhamento deu-se seguindo as fibras do papel, de forma não radial e não uniforme e homogéneo de amostra para amostra; tornou-se também notória uma maior concentração de pigmento nas bordas das manchas no papel, o que resultaria em leituras erróneas (Fig. 76). Este método foi substituído pelo descrito na secção 2.5.3, protocolo com adição por imersão (Fig. 77).

A Figura 78 representa as diferenças de cor (tal como visualizado a olho nu) resultantes dos ensaios em solução e a Figura 79 representa as diferenças de cor dos ensaios em papel, da descoloração enzimática à temperatura ambiente ( $\approx 20^{\circ}\text{C}$ ) e a  $30^{\circ}\text{C}$ . A diferença de cor ( $\Delta E$ ) dos ensaios em papel (a partir dos mesmos ensaios ilustrados na Fig. 78) que resultou do cálculo baseado na fórmula do CIELAB 1976 está tabulada na Tabela 19. Apesar de nenhuma diferença de cor ser visível a olho nu entre os mesmos tipos de ensaios a diferentes temperaturas (Fig. 79), o uso do colorímetro revelou diferenças, ainda que não grandes. Embora a intensidade da cor no papel original a  $30^{\circ}\text{C}$  se tenha revelado mais elevada ( $\Delta 0$ ), a descoloração obtida com a utilização de peróxido de hidrogénio apenas, ou o ensaio enzimático completo foram igualmente mais elevados para essa temperatura. Além disso, embora seja possível visualizar a maior descoloração obtida somente com peróxido de hidrogénio por comparação com o ensaio enzimático completo (Fig. 79), os dados do colorímetro permitem uma quantificação objectiva (Tabela 19). É possível observar um efeito de precipitação associado à alteração de pH no controlo de pH e ensaio completo (Fig. 78).

As absorvâncias a 420, 460 e 734 nm medidas para os sobrenadantes dos ensaios de actividade enzimática demonstradas na Figura 80 estão em conformidade com os valores obtidos para o suporte sólido. É de referir que a 460 nm, gama em que está situada a cor castanha/avermelhada, o ensaio completo parece ter efeito superior ao do  $\text{H}_2\text{O}_2$  por si só.

### **3.5. Pré-maquetes e protótipos de frescos**

#### **3.5.1 Pré-maquetes**

Ao fim de 7 dias os *plugs* tinham retraído por desidratação mas simultaneamente, hifas fúngicas tinham-se estendido pela superfície das maquetes onde estes se encontravam. Na maquete de pintura (DP) foi notório o escurecimento da superfície cromática (Fig.81), equiparando-o ao observado nas igrejas (Fig. 46b).

O fungo utilizado para a suspensão de esporos das pré-maquetes TZ<sub>4.2.2</sub> (*Alternaria alternata*) revelou uma baixa contagem. Foi inoculado com uma suspensão de  $1,2 \times 10^4$  esporos/ml, que revelou ser baixa para obtenção de crescimento visível quando comparado com a inoculação por *plug*. Contudo, podem ser avançadas outras razões como a necessidade de meio nutritivo para auxiliar o crescimento inicial (por exemplo o agar dos *plugs*), a necessidade de mais tempo de incubação, mais humidade ambiental, ou outro método de activação.

#### **3.5.2 Protótipos finais**

O meio PDB forneceu uma fonte nutricional adequada para o isolado TZ<sub>4.2.2</sub> (*Alternaria alternata*), libertando água apenas na superfície e de um modo uniforme e controlado e promoveu um crescimento acelerado. Ao fim de 7 dias foi visível crescimento de hifas incolores sobre a camada cromática do protótipo (Fig. 82) e ao fim de 15 dias, as hifas já tinham coloração negra, assemelhando-se às observadas nos casos de estudo.

## **4. Conclusões**

Os resultados obtidos do estudo da componente microbiana dos biofilmes desenvolvidos nos três monumentos, por métodos tradicionais e moleculares (PCR), evidenciaram a presença de uma forte e variada população de fungos filamentosos (*Aspergillus*, *Penicillium* e *Alternaria*) e a sua relação com as manchas observadas como verificado por SEM.

Na procura de um método de erradicação dos géneros conhecidos foram efectuados ensaios de biocidas *in vitro*. O biocida ideal consiste naquele com o mais alto nível de selectividade, mas o mais baixo nível de toxicidade – a relação entre a dose na qual existe já toxicidade para os seres humanos, por comparação com a dose mínima eficaz. Os resultados apontaram para o óleo essencial de manjeriço como sendo o mais eficaz para os isolados testados, para além de não apresentar qualquer toxicidade para os humanos ou natureza.

Alguns fungos, normalmente saprófitas, acumulam grandes quantidades de pigmento castanho-escuro em meio de cultura. Uma percentagem da biomassa sintetizada por determinados fungos é melanina heterogénea extracelular [71].

A caracterização detalhada dos pigmentos extraídos dos diversos fungos testados não pôde ser efectuada até ao momento. Outras análises serão fundamentais para obter resultados conclusivos quanto à sua estrutura já que os fungos testados aparentam possuir pigmentos solúveis e insolúveis em água. O pigmento pôde ser extraído com um procedimento padronizado utilizado para a extracção de melanina [300; 301]. O pigmento respondeu positivamente a alguns testes físicos e químicos diagnosticados para a melanina fúngica [150]: foi insolúvel em água, precipitado com HCl e descolorado com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Provavelmente, parte da melanina estará incrustada no micélio [71], razão pela qual as sucessivas filtrações nos diferentes protocolos não foram eficazes.

Os resultados da descoloração enzimática ilustram a aplicação promissora do peróxido de hidrogénio e da peroxidase versátil fúngica na descoloração de pigmento em pintura mural. No entanto, estudos adicionais serão necessários para melhor entender as razões pelas quais o ensaio enzimático não é tão eficiente quanto o uso de peróxido de hidrogénio por si só, bem como avaliar as suas aplicações em provetes de pintura mural, diferentes das amostras de papel testadas.

Os ensaios em pré-maquetes e protótipos de pintura mural apresentaram bons resultados. Assemelharam-se ao observado nas igrejas casos de estudo quanto à coloração das manchas e espalhamento das hifas, o que infere serem as bases ideais para os futuros testes de biocidas e de descoloração enzimática.

## CAPÍTULO V

### CONSERVAÇÃO PREVENTIVA

#### 1. Introdução

Segundo Muñoz-Viñas [214], existem três grandes categorias na história da conservação dos bens culturais – preservação, conservação e restauro. Entende este autor que a preservação é essencialmente ambiental e manipula o entorno e não o objecto (sem limite temporal); a conservação é definida pela acção não-intencional de mudanças perceptíveis nos objectos; enquanto o restauro é uma acção deliberada de mudanças perceptíveis. As duas últimas implicam a intervenção sobre o objecto com limitação de tempo.

*"The underlying belief has been that preservation treatment should not, and would not, change the meaning of the heritage object, yet the traditional practice of conserving (...) does in fact actively interpret and valorise the object. (...) in the conservation process, values, as represented in the object or place, are not simply "preserved" but are, rather, modified. The meaning of the object or place is redefined, and new values are sometimes created".*

Avrami, Mason e De la Torre (2000) [69, pp. 8-9]

Ao desconstruir este dogma da neutralidade, Muñoz Viñas encara a possibilidade da aplicação de critérios deliberadamente subjectivos aos tratamentos conservativos e de restauro, pois o intuito do conservador-restaurador não é somente a conservação da matéria (pensamento Brandiano), mas igualmente a preservação dos valores imateriais e simbólicos inerentes à obra. Os valores de autenticidade ou verdade seguem associados ao estado “autêntico”, no sentido de devolver os objectos, dependendo da ideologia e opinião individual, ao estado prístino ou estado original, o estado pretendido pelo artista ou o estado recente. Para Muñoz Viñas, esse estado é apenas o estado tautológico actual, pois contém as vivências e marcas históricas da passagem do tempo. O objecto é portador de uma mensagem transmitida pelo tempo até aos nossos dias e que segundo o autor, o dota de valores: *valor narrativo*, os do artista e época na qual se realizou; *valor estimativo/sentimental*, pelo carácter evocativo de um acontecimento, uma determinada pessoa ou familiar; *valor social*,

pelo reconhecimento e significado emblemático de eventos ou personalidades históricas; e *valor historiográfico*, por conter dados históricos, antropológicos, etnológicos ou científicos. Uma das consequências éticas deste pensamento, como reflexo da expansão do conceito artístico, é o aumento substancial da variedade de objectos propensos para restauro – o que transforma um objecto numa obra de arte e como a sua valorização é fugaz, inconstante ou mutável entre pessoas, gerações, estratos, sociedades ou afins. O sujeito ganha relevância sobre o objecto, na medida em que este não existe senão quando contemplado e catalogado pelo indivíduo.

Ora, a obra de arte tem função de signo: *autónomo*, no valor intrínseco à obra com carácter simbólico e *comunicativo*, na sua expressão de uma ideia ou sentimento, o que fundamenta o próprio entendimento da imagética da arte, da fenomenologia da consubstanciação do ícone na sua forma mais imediata e simples, até ao nível mais profundo do simbolismo intrínseco. E tem também função estética que é, primordialmente, o seu intuito de o ser ou não, variando mediante o contexto social e a distância – quer a geográfica/espacial, quer a temporal/época. Pode ser também sensível ao género, ao estrato etário/geracional, ao ponto de vista do indivíduo que se altera com o crescimento ou mesmo a variações de humor. Um objecto concebido como produto material e funcional do quotidiano pode, na escala temporal, adquirir significação estética, sem ter sido essa a intenção original. Esta mesma escala temporal pode ser responsável pelo desaparecimento de muitas obras de arte, consequência da erosão do tempo, ou da perda memorial da sua localização e existência.

Em suma, ressalta-se a importância de desvelar o objectivo primordial e o contexto histórico, ressaltando que, por vezes, são apenas fragmentos num contexto mais alargado de peças. Aprender totalmente uma obra de arte é somente possível quando se conhecem e se apercebem todos os seus atributos tangíveis e intangíveis. O restauro de qualquer obra de arte deve ser o resultado de uma análise crítica e fundamentada onde convergem vários dados científicos e várias áreas, num exercício interdisciplinar baseado na pesquisa cujo resultado será uma fonte de informação onde se inclui o conhecimento das técnicas e materiais constituintes da obra, visando as melhores práticas de conservação e restauro, exortando a existência de um forte elo de ligação entre a arte, o tempo e o espaço. O que remete para duas

outras questões fundamentais enraizadas no leccionamento da conservação e restauro como sendo a *reversibilidade* e a *intervenção mínima*. Para Salvador Muñoz-Viñas a reversibilidade é uma meta impossível, utópica (contrário aos ensinamentos de Cesare Brandi), enquanto a intervenção mínima, por oposição, é o princípio da sustentabilidade. Insta-se, pois, à dialéctica de negociação entre os vários intervenientes necessários a uma tomada de decisão conscienciosa, elucidada e apoiada na ciência. O método científico tornou-se a ferramenta fundamental para o conhecimento do comportamento dos materiais, a compreensão dos processos de deterioração, a aprendizagem sobre os materiais e técnicas utilizadas no restauro e a utilização de novas tecnologias para o estudo da matéria.

A Escola Italiana, herdeira da metodologia de Cesare Brandi, é partidária da realização de intervenções mínimas e reconhecíveis, condenando a eliminação dos anexos históricos e separa a *Conservação* do *Restauro*, com clareza, por contraposição à linha anglo-saxónica que engloba o *Restauro* na *Conservação*. Numa visão mais purista da obra original, entendendo que esta tem um prazo de expiração e apenas pode minimizar-se a sua degradação, estimula-se intervir o menos possível e adicionar a menor quantidade de material externo que possa criar um foco de conflito entre matérias ou alterar a visão estética e a percepção visual. Numa outra visão, mais perfeccionista e intrusiva, encara-se a perspectiva de reconstituição, de obra completa e acabada, que necessitaria de restauro até lhe devolver o seu aspecto original, antes de o tempo, o Homem, ou o ambiente a terem perpassado. Principalmente, também o tipo de património (móvel ou imóvel) parece ser responsável pela dualidade e adopção de diversos critérios. Não existe um dogma para cada premissa semelhante, apenas hipóteses, probabilidades. Assim, cada caso implica a procura de uma solução específica e adequada ao problema que levanta. E aqui não pode seguir-se as palavras de Salvador Muñoz-Viñas quando se refere à intervenção a adoptar em caso de dúvida: “la restauración que hiere menos a un menor número de sensibilidades, o la que satisface más gente” [214, p. 177]. De todo se pode entrar por este caminho, pois como a história prova, nem sempre as multidões se encontram do lado correcto dos valores supremos ou ideários éticos.

É Cesare Brandi que fomenta o aparecimento da Carta de Veneza que viria estabelecer novas regras para o restauro dos monumentos e com elas, as questões jurídicas na defesa do património e subsequente regulamentação da profissão de restaurador. Mas é somente com a publicação da Carta de Burra em 1979, uma versão revista da Carta de Veneza, que surge um novo conceito – o da *conservação*, com o principal objectivo da *preservação* dos bens culturais, baseado em medidas de segurança e manutenção e considerando igualmente o entorno.

*“Preservation means maintaining the fabric of a place in its existing state and retarding deterioration.”*

*“Place means site, area, building or other work, group of buildings or other works of cultural significance together with **pertinent contents** and **surroundings**. This includes structures ruins and archaeological sites and areas.”*

Carta de Burra (1979) [3]

Estas mudanças de paradigmas fazem emergir o à data, recém-criado conceito da Conservação Preventiva, todavia sempre direccionado para a museologia. Neste âmbito, ressalta-se a importância da publicação de Garry Thompson em 1978 [303], onde se valoriza o controlo climático e da luz nos acervos. Em 1995, é a vez de Gäel de Guichen lhe dar ênfase, ao publicar um texto onde afirma a necessidade de “conservar para não restaurar” [167, p. 4-6], definindo-o:

*“La conservation préventive est “l’ensemble des actions destinées à assurer la sauvegarde (ou à augmenter l’espérance de vie) d’une collection ou d’un objet”. Certaines de ces actions seront directes, d’autres indirectes. Certaines seront très générales (adoption d’une loi), d’autres très spécifiques (contrôle de la lumière).”*

E vai mais longe quando considera que todas as pessoas envolvidas, independentemente do cargo ou posição que ocupam na estrutura do museu, têm responsabilidades na salvaguarda das obras numa perspectiva de conservação preventiva.

“*Certaines actions enfin seront le fait de l’administrateur (allocation des fonds nécessaires, définition du poste de conservation préventive), de l’architecte (choix du type de matériaux pour le bâtiment), du conservateur (établissement d’un plan de conservation préventive globale, d’un inventaire, refus ou acceptation du prêt d’objets sensibles), du restaurateur (enquête de conservation) et mêmes des éducateurs (sensibilisation du public aux problèmes de la sauvegarde des oeuvres.*”

Gäel de Guichen (1995)

A *preservação* de Muñoz Viñas ou a *conservação preventiva* como actualmente se define, é uma noção do final do séc. XX que se propaga devido à percepção de que o restauro por si só não trava os processos de degradação das obras e existe a necessidade de se dar um passo além, ou na realidade, um passo prévio. Para abordar a *Conservação Preventiva* é fundamental ter em consideração as duas linhas de pensamento face ao conceito:

❖ **Conceito Americano** – “*Preventive Care (also referred to as preventive conservation): The mitigation of deterioration and damage to cultural property through the formulation and implementation of policies and procedures for the following: appropriate environmental conditions; handling and maintenance procedures for storage, exhibition, packing, transport, and use; integrated pest management; emergency preparedness and response; and reformatting/duplication.*”

AIC (1996) [2]

❖ **Conceito Europeu** – “*Preventive Conservation consists of indirect action to retard deterioration and prevent damage by creating conditions optimal for the preservation of cultural heritage as far as is compatible with its social use. Preventive conservation also encompasses correct handling, transport, use, storage and display. It may also involve issues of the production of facsimiles for the purpose of preserving the original.*”

ECCO (2002) [12]

Confirma-se pois, que ambos os conceitos referem a necessidade de retardar a deterioração do património e prevenir danos de forma indirecta. Isto consegue-se minimizando os riscos a que as obras estão sujeitas. As anomalias que afectam as suas superfícies são variadas requerendo intervenções diversificadas como procurou demonstrar-se, através da sumarização dos efeitos de degradação do granito e da pintura mural (Capítulo IV). Neste sentido, a caracterização do ambiente envolvente, como factor causal de maior deterioração apresentou-se como catalisador na pesquisa da melhor solução para retardar, minimizar ou

impedir a degradação das obras. Contudo, como se explanará infra, apesar de ser o factor predominante, não é o único.

Segundo o PRECOM<sup>3</sup>OS (Preventive Conservation, Maintenance, and Monitoring of Monuments and Sites) [21] é possível dividir em três níveis as estratégias de conservação preventiva: (i) prevenção primária – meios para evitar as causas de efeitos (danos) indesejados; (ii) prevenção secundária – meios para monitorizar por forma a detectar precocemente os sintomas de efeitos (danos) indesejados; e (iii) prevenção terciária – meios que permitam evitar uma maior propagação de efeitos (danos) indesejados e/ou a criação de novos efeitos (colaterais) indesejáveis.

Ainda segundo o ICOMOS [16] as leis e regulamentos que regem a protecção do património cultural devem proibir a destruição, a degradação ou alteração de pinturas murais e do seu meio. A legislação não só deve proteger as pinturas murais, como fornecer recursos a especialistas para a investigação, tratamento e acompanhamento profissional e promover a valorização dos seus valores tangíveis e intangíveis aos olhos do público. Com a cooperação das diversas autoridades, deverão ser envidados esforços especiais, para integrar e respeitar a função de culto de pinturas religiosas, sem comprometer a sua autenticidade.

A metodologia proposta para os casos de estudo inclui várias etapas principais: diagnóstico, intervenção e elaboração de plano de conservação preventiva. Deve optar-se pela intervenção sempre que exista o risco de os danos estéticos se transformarem em danos físicos ou funcionais.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1 Equipamento**

Os dados meteorológicos do espaço envolvente das três igrejas referentes à Humidade Relativa (mínima, média e máxima), Temperatura (mínima e máxima), Intensidade do vento (média e máxima), Precipitação total e Radiação solar global, foram facultados pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) [18]. Para o efeito, aquele organismo recorreu às

estações meteorológicas mais próximas de cada igreja, assim distribuídas: Igreja de Sta. Eulália em V.N. Famalicão – estação meteorológica do Porto/Pedras Rubras<sup>67</sup>; Igreja de Sta. Cristina em Guimarães – estação meteorológica de Braga<sup>68</sup>; Igreja de S. Tiago em Baião – estação meteorológica de Luzim<sup>69</sup>. A medição da Temperatura e Humidade Relativa no interior das igrejas foi efectuada com o Termohigrómetro Digital MS-1-E (Novasina).

No processo de inspecção e registo dos edifícios, inerente à correcta avaliação e diagnóstico do estado da arte, recorreu-se à fotogrametria digital e a sistemas de informação geográfica (SIG)<sup>70</sup>.

## 2.2 Monitorização climática

Os estudos de monitorização do exterior decorreram entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, com valores mensais. O período de acompanhamento de três anos e meio foi seleccionado para efeitos comparativos, de forma a coligir dados quanto aos ciclos sazonais de Verão e Inverno. Considerando, sobretudo, que o verão é o período mais hostil, porque é o que apresenta as condições microclimáticas mais desfavoráveis, a par das elevadas temperaturas e consequentes flutuações diárias, o objectivo das recolhas foi avaliar o impacto dessas condições adversas nos monumentos.

Apenas se conseguiu monitorizar o espaço interior em duas das três igrejas (Sta. Eulália e S. Tiago), e por breves horas. As principais dificuldades resultaram de limitações temporais, de acesso ao interior dos edifícios em estudo e também financeiras. Na Igreja de Sta. Eulália, a 15.04.2015, em diferentes pontos do edifício, efectuaram-se três leituras com o termohigrómetro digital: 1. Parede do arco triunfal, lado do Evangelho (base do Pentecostes); 2. Parede do arco triunfal, lado da Epístola (base da Coroação da Virgem); 3. Parede O. à esquerda do pórtico principal (pia de água benta). No dia 16.04.2015 efectuaram-

---

<sup>67</sup> Não dispuseram de dados no mês de Janeiro de 2014.

<sup>68</sup> Não dispuseram de dados integrais nos meses de Novembro/Dezembro de 2013 e Janeiro/Fevereiro de 2014, e dados parciais entre Junho de 2013 e Abril de 2014 e entre Dezembro de 2014 e Junho de 2015.

<sup>69</sup> Não dispuseram de dados nos meses de Novembro/Dezembro de 2013 e Janeiro de 2014.

<sup>70</sup> As fotografias utilizadas em ambos os processos foram executadas com o auxílio de uma máquina fotográfica Nikon D70 e lente AF-S Nikkor 18-55mm com ISO 200. Para o “balanço de brancos” recorreu-se a um alvo cinza.

se mais quatro leituras: 4. Parede do arco triunfal, lado do Evangelho (base do Pentecostes); 5. Parede N. à direita do pórtico lateral (parapeito); 6. Parede S. à esquerda do pórtico lateral (parapeito); 7. Parede O. à direita do pórtico principal (pia baptismal). Na Igreja de S. Tiago, a 21.05.2015, mediram-se dois locais diferentes: 1. Parede N. (pórtico lateral); 2. Ao centro da capela-mor (altar-mor).

### **2.3 Virtualização do património por meio de fotogrametria digital**

A fotogrametria, a que se recorreu, consiste em medições executadas através de fotografias que posteriormente se agrupam em sistemas computacionais de processamento de imagens digitais (Fig. 83) sob a forma de mapas, lista de coordenadas, modelos tridimensionais ou qualquer outro modo de representação geométrica [87].

### **2.4 Documentação gráfica com recurso a programa informático de sistemas de informação geográfica (SIG)**

O SIG é um sistema especializado na modificação e análise de informação geográfica (geo-espacial), que implica a utilização de dados de natureza gráfica e alfanumérica. A informação geográfica é representada através de estruturas matriciais (*raster*<sup>71</sup>) e vectoriais [281].

*“Conjunto de funções automatizadas, que fornecem aos profissionais, capacidades avançadas de armazenamento, acesso, manipulação e visualização de informação georreferenciada.”*

Ozernoy, Smith e Sicherman (1981) [224]

---

<sup>71</sup> Um *raster* é uma imagem digital. Poderá ser uma imagem fotográfica tradicional (uma matriz de pixéis) ou um registo aéreo ou de satélite, onde a informação associada aos valores dos pixéis está organizada segundo uma matriz. Por comunicação pessoal do conservador-restaurador Dr. Frederico Henriques (PhD), Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes (CITAR), Escola das Artes, Universidade Católica Portuguesa, Porto.

### **3. Análise de risco**

Os riscos para o património dependem da acção da natureza, das características específicas, da vulnerabilidade inerente, do entorno geográfico do edifício e da intervenção do Homem. As ameaças naturais provocadas pelos agentes meteóricos são contínuas, com efeitos lentos, cumulativos e irreversíveis [101, p. 7], como a erosão e a deterioração do material enquanto as antropogénicas resultam de variadas acções humanas de entre as quais, uma gestão inadequada, a falta de manutenção, a negligência e o restauro inadequado. Existe, hoje, uma preocupação crescente com a salvaguarda do património cultural, a identificação dos factores de riscos, e a sua gestão a curto, médio e longo prazo. A primeira fase da avaliação de risco consiste na inspecção, identificação e registo das anomalias, sendo que as equipas técnicas envolvidas no património edificado deverão ser multidisciplinares, constituídas por profissionais com diferentes valências, designadamente da Engenharia Civil, da Arquitectura e da Conservação [146].

Adoptando-se como referência os procedimentos estabelecidos por Stefan Michalski para a conservação e preservação de acervos [200], desenvolveu-se uma análise de factores e magnitude de risco com vista à elaboração de um plano de conservação preventiva cujos moldes tiveram de ser adaptados dos museus para as igrejas nas quais se integram as pinturas murais. Na medida em que as pinturas murais são inseparáveis da arquitectura que decoram, houve a necessidade de tratar o edifício interior/exterior como um todo e não como um objecto encerrado num espaço museológico.

#### **3.1 Enquadramento do espaço interior/exterior**

Impõe-se conhecer as características dos edifícios em estudo, compreender o seu comportamento e conhecer a sua localização e envolvência. Dependendo do local onde os edifícios se encontram implantados, existem diferentes factores como o clima, a situação geográfica e as características do terreno, que deverão ser igualmente considerados [99, p. 17].

### **3.1.1 Igreja de Santa Eulália**

A Igreja de Sta. Eulália situa-se numa zona rural, isolada, sem edifícios adjacentes e com pouco tráfego. Nas proximidades da igreja, a Sul, corre um rio. Encontra-se rodeada por vegetação não muito densa, essencialmente constituída por vegetação rasteira e árvores de pequeno porte, junto às fachadas N e S. (Fig. 84). Orienta-se no sentido Poente/Nascente (pórtico principal/cabeceira) e as pinturas murais estão situadas no arco triunfal, na terminação da nave e entrada para a capela-mor.

### **3.1.2 Igreja de Santa Cristina**

A Igreja de Sta. Cristina localiza-se em zona rural, isolada, implantada no centro de um terreiro pontuado por algumas árvores e encontra-se rodeada por um adro murado. O terreiro é delimitado a S. por casas de habitação, e a N. pela EN. Tem adjacente o cemitério da freguesia situado a O. (Fig. 85). O pórtico principal é na fachada ocidental e a cabeceira (capela-mor na fachada oriental (O → E)). Apresenta pintural mural em quase todas as fachadas, à excepção da principal.

### **3.1.3 Igreja de São Tiago**

A Igreja de S. Tiago está implantada num vale, isolada num enquadramento rural. Está delimitada por um pequeno muro a N. e a E. que divide uma propriedade e a protege de uma via pública, em terra batida, com pouco tráfego. Encontra-se circundada por terrenos de cultivo, organizados em socalcos (Fig. 86). A sua orientação é igual à das anteriores igrejas, O./E. As suas pinturas murais estão situadas na capela-mor – a da parede lateral esquerda dá para a parede da sacristia; a da parede fundeira está na fachada E., em contacto com a parede exterior; e a da parede lateral esquerda está assente na parede que dá para o exterior e fachada N.

### **3.2 Resenha de obras realizadas**

As igrejas sofreram inúmeras e variadas intervenções e modificações ao longo da sua história, em função da estética e ideais em vigor à época. Torna-se essencial conhecer as características, os materiais e o estado de conservação dos imóveis. São compostos por diferentes materiais (originais ou posteriores) com diferentes tensões, que podem ou não ser compatíveis entre si, e com diferentes graus de decaimento/meteorização.

#### **3.2.1 Igreja de Santa Eulália**

As obras realizadas na Igreja de Sta. Eulália após a sua edificação e ao longo dos vários anos e séculos são apresentadas sob a forma de tabela (Tabela 20). A reter: foi desprovida de altares entre 1941 e 1945, altura em que as pinturas murais viram a luz do dia, e sofreu vários trabalhos de conservação levados a cabo pela DGEMN entre 1941 e 1944 e entre 1973 e 1979. Em 1994, através de um pedido ao IPPAR, a Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão (CMVNF) solicitou a realização das obras já previstas no ano de 1983 e que incluíam: dreno envolvido em cascalho, caixas, impermeabilização e tratamento do paramento soterrado das fundações, ligações ao ribeiro a 4500 metros e colocação de ventiladores nas portas e tecto. Alertou, ainda, para o mau estado de conservação do granito e dos frescos quinhentistas. As obras não foram executadas [47].

#### **3.2.2 Igreja de Santa Cristina**

Antes do início das obras de restauro pela DGEMN em 1941, a igreja apresentava o seguinte estado: no exterior, toda a fachada lateral Sul estava semi-enterrada, com o portal do exonártex entaipado e o da nave rebaixado, com acesso por escadaria e coberto por alpendre. Apenas o portal do exonártex possuía tímpano. A mesma fachada possuía uma porta de verga recta, com escadaria de acesso ao coro. A sacristia possuía telhado de uma água, com janelão rasgado lateralmente. O campanário possuía três sineiras. O seu interior encontrava-se caiado, a nave era coberta por abóbada de berço em madeira, pintada com motivos florais. O pavimento era em soalho. O coro-alto era assente em arco pleno e apresentava guarda

vazada em madeira. Possuía retábulos colaterais, retábulo-mor e sanefa do arco triunfal neoclássicos, em talha polícroma a branco e dourado. A fresta acima do arco triunfal e da capela-mor estavam entaipadas, esta última oculta pelo retábulo-mor. A capela-mor era revestida a azulejo [23; 48].

As obras realizadas na Igreja de Sta. Cristina após a sua edificação são apresentadas sob a forma de tabela (Tabela 21). De entre as inúmeras alterações sofridas, as mais significativas são: o refechamento de juntas com argamassa hidráulica em 1942/43, 1945, 1947/48 e novamente em 1978; a construção de dreno na fachada S. em 1944 e novamente em 1957; a construção de dreno interior na sacristia em 1945; o apeamento dos altares em 1946; abertura de orifícios para escoamento de águas na sacristia e caixas e drenos para águas pluviais em 1955; a remoção dos frescos da fresta da capela-mor em 1959; a construção de caleira e tubos de queda de águas pluviais em 1974; e os trabalhos de conservação dos frescos em 1978. Em 1990, o pároco de Serzedelo (José António Fernandes Antunes) dá conta ao presidente do Instituto Português do Património Cultural (IPPC)<sup>72</sup> de que a rampa construída no adro permitia a entrada das águas pluviais. Em 1993 a igreja deixa de ter culto, pois em carta de 1981 havia já um pedido do pároco para a edificação de uma nova igreja paroquial, nas proximidades da antiga, o que foi concedido [48].

### 3.2.3 Igreja de São Tiago

As reduzidas obras realizadas na Igreja de S. Tiago após a sua edificação são apresentadas sob a forma de tabela (Tabela 22). A execução de retábulos no séc. XVIII, que ainda aí se encontram na actualidade, sendo a obra mais impactante, viria a ocultar as pinturas murais. A igreja sofreu ainda obras de reabilitação onde se procedeu à substituição das argamassas

---

<sup>72</sup> O IPPC foi criado em 1980 e extinto em 1992. Tinha como missão promover a salvaguarda e a valorização de bens que, pelo seu valor histórico, artístico, arqueológico, bibliográfico, documental, etnográfico ou paisagístico, integrassem o património cultural português. Em substituição criaram-se o Instituto Português de Museus e o Instituto Português do Património Arquitectónico e Arqueológico. O IPPAR e a DGEMN fundiram-se para dar lugar ao Instituto Português de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico (IGESPAR). Actualmente o organismo que rege o património é a Direcção-Geral do Património Cultural (DGPC).

de cal originais por argamassas de cimento tipo *Portland* e à instalação eléctrica com cabos a serem fixados às pinturas murais<sup>73</sup>.

### **3.3 Estado de conservação. Mapeamento dos agentes de deterioração**

O mapeamento de alterações é uma metodologia que permite relacionar a distribuição dos produtos de alteração com as causas de alteração, nomeadamente os vários aspectos climatéricos, arquitectónicos e litológicos envolvidos e monitorizar a sua evolução [35]. Os três edifícios mostram tipos e graus de alteração diferentes.

Não existem políticas de segurança votadas à prevenção de ocorrências de furtos/roubos ou risco de incêndio em nenhuma das igrejas, pese embora duas delas se encontrarem em áreas isoladas.

#### **3.3.1 Igreja de Santa Eulália**

##### **Exterior**

A fachada principal (Oeste) apresenta coloração negra, em consequência das escorrências das águas pluviais, enquanto no pórtico principal, mais recuado, a coloração se encontra ausente. A olho nu, é visível colonização biológica por toda a parede da fachada, com preponderância ao longo da empena e da faixa em alto-relevo de ornatos decorativos, situada a um terço do chão, por serem zonas de maior concentração e retenção de água (Fig. 87a).

As fachadas laterais (Norte e Sul) estão mais protegidas da acção das águas pluviais devido à existência de um beiral de telhado mais saliente que nos topos, não aparentando escurecimento da pedra por colonização biológica. Excepção para os elementos arquitectónicos salientes – contrafortes e cota de 50 cm ao longo da fachada, onde prolifera forte biocolonização (Figs. 87b e 87c).

---

<sup>73</sup> Não se encontraram registos sobre a instalação eléctrica, mas os testemunhos dela ainda hoje são visíveis no monumento, como a própria autora observou.

A vertente Este, apesar de não evidenciar grande escurecimento da fachada, tem biocolonização generalizada, com particular incidência nas mesmas zonas onde as outras fachadas apresentam problemas, ou seja, a empena e contrafortes. Não existe colonização no rodapé, como aliás sucede com a fachada oposta (Fig. 87d).

Expostas aos elementos, e directamente assentes no terreno relvado, estão colocadas duas sepulturas medievais escavadas em blocos de granito, uma com e outra sem tampa. Ambas possuem, a todo o redor, profusa colonização biológica por diferentes espécies de líquenes e musgos. A sepultura sem tampa, durante as épocas de chuva, fica inundada. Nas épocas mais secas, a biocolonização, que não desaparece, fica exposta (Fig. 87e). A sepultura com tampa está, ainda, encostada ao muro que delimita o terreiro da igreja, colonizado por plantas superiores (trepadeiras) que já se estendem até à tampa (Fig. 87f).

A igreja apresenta alguns elementos arquitectónicos e decorativos de construção e aplicação posterior à da edificação da igreja, possivelmente durante as intervenções de restauro sofridas (Fig. 88).

A macroflora, extensiva a todo o edifício, é caracterizada maioritariamente por musgos e líquenes, e em muito menor grau, por plantas superiores crescendo aleatoriamente nas juntas abertas da fachada Norte. A presença generalizada e extensa de líquenes indicia elevados teores de humidade e baixos índices de poluição atmosférica [109; 189, p. 56]. Até ao momento, não foi possível isolar microorganismos (bactérias, leveduras ou fungos filamentosos) das fachadas, não sendo, contudo, um indicador da sua inexistência.

## **Interior**

Durante as primeiras visitas à igreja pôde observar-se que, no limite da parede N. com a parede do arco triunfal, encostado à pintura do Pentecostes, estava colocada uma planta em vaso com  $\approx 1,50$  m de altura (Fig. 89). Igualmente se notou a existência de alguns ex-votos em cera, assentes no murete do lado da Epístola, junto ao remate da base da pintura mural da Coroação da Virgem (Fig. 90). Actualmente, a referida planta foi retirada e os ex-votos relegados para junto de uma parede sem pintura, assentes sobre papel e sem contacto directo

com o granito, na sequência de indicações transmitidas ao Senhor Padre pela discente e orientadores (Fig. 91).

O que se observa no local é a ausência de manutenção do espaço limpo. Um pouco por toda a área interior, há acumulação de sujidade e poeiras, teias de aranha e dejectos que se percebeu serem de morcego (Fig. 92)<sup>74</sup>.

Alguns blocos graníticos denotam alterações cromáticas: coloração avermelhada, provavelmente devido à oxidação dos elementos metálicos constituintes da rocha (Fig. 93a e 93b)<sup>75</sup>; coloração amarela com desgaste, destacamentos e pulverulência devido a uma provável hidrólise dos silicatos da rocha (Fig. 93c)<sup>76</sup> e coloração enegrecida decorrente de biocolonização (Fig. 94).

O rodapé em redor da nave e capela-mor apresenta eflorescências salinas, ultrapassando a altura integral do murete ( $\approx 1$  m altura) e subindo pela parede. O chão, a partir do rodapé em direcção ao centro ( $\approx 30$  cm), apresenta o mesmo tipo de alteração (Fig. 95).

Na parede Norte, à esquerda do pórtico, foram aplicadas argamassas para encobrir uma instalação eléctrica, que apresentam escorrências castanhas no respectivo contorno (Fig. 96a). Foi aplicada argamassa de cimento tipo *Portland* em algumas juntas, como as da pia baptismal e as do murete da fachada Norte, sendo de destacar uma selagem de juntas incorrecta, uma vez que a argamassa ultrapassa o nível da superfície das juntas e dos blocos de granito (Fig. 96b e 96c).

Não se percepção existência de ataque xilófago no sacrário rococó em madeira, que se encontra sobre a ara de granito. Apenas apresenta algum desgaste nos elementos inferiores mais salientes (plano mais próximo do observador) (Fig. 97). A pequena escultura em madeira do Cristo Crucificado, assente na base do sacrário, mostra lacunas e destacamento na camada

---

<sup>74</sup> Os dejectos observados sobre o pano da mesa de altar e no murete em redor da nave aparentavam ser de roedor. No processo de registofotográfico exaustivo da igreja, tentou-se captar fotografias por UV, e constatou-se que era impossível selar todas as entradas de luz, quando a fonte directa para as pinturas era exactamente a janela mais elevada e fora do alcance (mesmo com escada). Neste sentido, programou-se uma visita nocturna à Igreja, tendo-se nessa data observado um morcego a sair e entrar de uma abertura no canto superior direito, entre as vigas de madeira que constituem o tecto e a parede de granito do arco triunfal.

<sup>75</sup> Oxidação dos minerais ferromagnesianos do granito.

<sup>76</sup> Degradação química da rocha por acção da água.

polícroma (Fig.98). O púlpito em madeira tem inúmeras fracturas, algumas lacunas de material como as do ornamento central, e desgaste da policromia, que passa despercebida à primeira vista. Os ornamentos salientes denotam desgaste. Apresentam, ainda, acumulação generalizada de pó, o mesmo acontecendo na escadaria em madeira, de acesso ao púlpito (Fig. 99).

A instalação eléctrica é insegura. O quadro eléctrico está inserido numa caixa sem porta dentro de um nicho da parede, com ligações precárias e fios que percorrem toda a igreja. O aspecto estético é sofrível (Fig. 100). A corrente eléctrica chega ao quadro por meio de um cabo que vem do exterior e entra pela fresta da fachada ocidental, o que deve impossibilitar a janela de fechar. Em consequência, nas épocas de chuva, é admissível que a água esorra pelo fio potenciando o risco de incêndio por curto-circuito (Fig. 101).

A luz entra por quatro frestas, situadas uma em cada fachada, e por duas cruces em x, vazadas, que encimam os pórticos ocidental e S. As frestas de maior amplitude são as das fachadas O/E, e as mais estreitas nas restantes duas, todas diametralmente opostas (Fig. 102).

### **Pinturas Murais**

Após a remoção dos altares colaterais em meados do séc. XX, descobriram-se as pinturas murais. O seu estado de conservação tem vindo a deteriorar-se por perda de área pictórica, reboco e suporte e pela presença de sais e colonização microbiológica. As perdas de policromia são mais evidentes no painel do lado da Epístola, onde já só existe pintura na metade superior. No entanto, mesmo aí, persiste uma grande lacuna no canto inferior direito por perda dos vários estratos de policromia e reboco. Detectou-se o aparecimento de fissuras em juntas do suporte (Fig. 103). Na metade inferior do painel, apenas se encontram pequenos fragmentos desvanecidos, sem leitura possível, enquanto o espaço restante está, actualmente, com o granito à vista (Fig. 104).

A maior perda de policromia no painel do lado do Evangelho ocorreu no terço inferior da pintura do Pentecostes, onde desapareceram os vestígios de ambas as campanhas, ficando à vista o granito. No canto superior esquerdo do painel, possivelmente onde estaria fixado o

altar, entretanto removido, existe uma lacuna do suporte. Na pintura da Anunciação, aos pés do Anjo, há uma lacuna que apenas afectou a segunda campanha, e colocou à vista a primeira campanha (de época anterior) (Fig. 105). Nas áreas onde a camada pictórica se desvaneceu, é possível verificar a pulverulência do reboco e a sua falta de coesão (Fig. 106). A percentagem de pintura existente nas diversas áreas foi registada em mapeamento de distribuição pictórica (Fig. 107).

A presença de microbiocolonização está quase só restricta ao painel do lado do Evangelho (Fig. 108). Contudo, tal facto ocorre, seguramente, por efeito da grande ausência de policromia no outro painel. A maior concentração, traduzida por manchas escuras, situa-se na pintura da Anunciação (o Anjo) e na metade esquerda da pintura do Pentecostes. No painel do lado da Epístola são visíveis algumas manchas de tonalidade menos carregada, na pintura da Anunciação (A Virgem). No painel do lado do Evangelho, apurou-se a existência de fungos filamentosos e bactérias/leveduras, isolados da camada cromática e do granito.

As eflorescências salinas não estão apenas circunscritas ao suporte granítico, pois são igualmente observáveis na camada pictórica. Apesar de se concentrarem na área inferior de ambos os painéis, é possível identificá-las em todos os biofilmes negros do painel esquerdo (lado do Evangelho) (Fig. 109).

### **3.3.2 Igreja de Santa Cristina**

#### **Exterior**

A fachada principal (Oeste) apresenta alterações pontuais. A empena e as impostas e arquivoltas quebradas são os locais com maior concentração de biocolonização, o mesmo acontecendo com a parede lateral do campanário, voltada a ocidente. Adossada à fachada Sul, a sacristia, com o frontispício orientado a Oeste evidencia escurecimento do granito entre a empena e o pingadouro horizontal, onde abunda biocolonização (Fig. 110).

Os sinos do campanário da fachada Sul denotam patine esverdeada, indício de corrosão do metal. A parede que suporta o campanário apresenta duas escorrências com biocolonização negra e quatro escorrências de tonalidade laranja, possivelmente devidas à oxidação dos

elementos metálicos (os dois sinos e a escada de acesso com patamar em ferro, entretanto removida) (Fig. 111). Na restante parte da fachada S., apenas se assinala biocolonização até 1 m de altura do rodapé e nos elementos arquitectónicos salientes, como sejam as arquivoltas e impostas dos pórticos laterais, e os cachorros a meia altura do edifício. A biocolonização é caracterizada por musgos, líquenes, e plantas nas juntas dos blocos inferiores e solo (Fig. 112). No tímpano do pórtico lateral esquerdo observam-se vestígios de coloração vermelha possível remanescência de uma época em que foi policromado (Fig. 113). No mesmo pórtico, a irregularidade do piso da soleira impede a porta de madeira de assentar, favorecendo a entrada de rastejantes.

A fachada posterior (Este) tem biocolonização pontual nas juntas horizontais dos blocos de granito aparelhados e apresenta maior incidência no parapeito da janela da sacristia, na zona de escoamento de águas na junção dos telhados da sacristia com a capela-mor e no cachorro imediatamente abaixo da fresta da capela-mor (Fig. 114). A biocolonização na fachada N., analogamente à fachada oposta, está circunscrita ao rodapé. Este e a parede do campanário, com a mesma orientação, apresentam intensa colonização biológica (Fig. 115).

À semelhança do que se verificou na Igreja de Santa Eulália, também na Igreja de Santa Cristina se encontram quatro sepulturas medievais escavadas em blocos de granito, umas com e outras sem tampa, expostas aos elementos naturais. Encontram-se assentes em duas traves, o que impede o contacto directo com o terreno relvado. As sepulturas sem tampa têm colonização biológica mais acentuada do que as restantes (Fig. 116). Em consequência da falta de protecção que a tampa confere nas épocas de chuva, quando as sepulturas ficam alagadas.

Até ao momento, não foram isolados microorganismos das fachadas.

## **Interior**

No interior da igreja coexistem diferentes tipos de materiais. Os tectos da nave e da sacristia são em madeira, enquanto o da capela-mor é em caixotões de madeira policromada. Dispostas pela nave e sacristia exibem-se diferentes esculturas em madeira policromada. Diversas peanhas, um púlpito, um sacrário e um arcaz, perfazem as restantes peças em

madeira. Existem alguns elementos em metal, ora decorativos e/ou estruturais como as traves do tecto dos caixotões. Destacam-se, ainda, vitrais, pintura mural em contraplacado, pintura mural *in situ* e suporte em pedra de granito (Fig. 117).

Numa primeira observação ao granito, foi possível detectar vários tipos de alteração. Salientam-se: indícios de humidade patentes numa extensa mancha no canto superior da parede O./N., por infiltração de água através do tecto de madeira da nave, resultante de mau isolamento da cobertura (Fig. 118); escorrências de água a partir do interior de um bloco de granito na fachada S. (Fig. 119a), deixando um rasto de cor laranja, possivelmente por oxidação dos metais constituintes da rocha (Fig. 119b); eflorações salinas observáveis num rodapé da fachada Norte, concomitantemente com biocolonização (Fig. 120a); manchas negras à superfície da pedra, no rodapé de diferentes paredes, por biocolonização (Fig. 120b) e plaquetas no granito na fachada Sul (Fig. 120c). As argamassas de cal em algumas juntas foram substituídas por argamassas cimentícias tipo *Portland* (Fig. 120a).

A luz existente no local, projectada por várias aberturas (Fig. 121), não influi directamente nas obras de arte.

### **Pinturas Murais**

A existência de poeiras, sujidade acumulada e teias de aranha é notória (Fig. 122). O reboco de restauro apresenta manchas escuras causadas por biocolonização fúngica, possivelmente proveniente do granito (Fig. 123). A pintura mural denuncia algumas alterações como a pulverulência pontual das camadas, escurecimento da camada cromática por colonização biológica e lacunas de origem antropogénica, controlo ambiental ou actividade biológica (Fig. 124). As lacunas provocadas por acção humana são, provavelmente, decorrentes da colocação dos altares.

Já se isolaram, até ao momento, nove fungos filamentosos e quinze bactérias/leveduras entre camada cromática, reboco original e granito.

### 3.3.3 Igreja de São Tiago

#### Exterior

Um curso de água atravessa o subsolo da igreja vindo de Sul (Fig. 125)<sup>77</sup>.

Em intervenção anterior, as juntas de cal dos blocos de granito aparelhados foram integralmente substituídas por argamassas de cimento tipo *Portland*. Tal facto provocou e facilitou a retenção das águas por capilaridade no interior dos blocos, originando o aparecimento de biocolonização a meio do edifício, onde anteriormente esta não existiria. Para além das áreas de risco, comuns em fachadas exteriores como as empenas e os rodapés, também a zona central apresenta, actualmente, manchas negras nas fachadas Norte (sacristia), Este (capela-mor) e Sul (onde, adjacente à fachada, se cultiva um canteiro) (Fig. 126).

As características ambientais originam diferentes variantes de biocolonização, dependendo da exposição das fachadas (Fig. 127). As fachadas Oeste e Sul não apresentam colonização nem ao nível do rodapé, nem no corpo da capela-mor, na parte da fachada Este. Nas épocas de chuva, em consequência da existência de um cabo eléctrico fixado verticalmente na parede da fachada Norte, surgem escorrências que aproveitam o caminho das juntas de cimento rebaixadas e favorecem a colonização biológica (Fig. 128a). Na fachada Oeste, os elementos metálicos do campanário criam escorrências de tom alaranjado devido à oxidação (Fig. 128b).

Até ao momento, isolaram-se sete microorganismos entre fungos filamentosos e bactérias/leveduras das fachadas exteriores.

#### Interior

O interior da igreja é revestido por diferentes materiais, de entre os quais madeira envernizada, madeira policromada e talha dourada, mosaicos, têxteis, pintura mural, pedra,

---

<sup>77</sup> Rego ou levada de água para irrigação dos campos, desviado do Ribeiro de Valadares, que por não estar identificado, assume o nome da freguesia que atravessa. Informação cedida pelo Pe. Coutinho e pelo António Coelho da Rota do Românico.

granito e cimento. A estrutura da igreja, bem como a pia de água benta e a pia baptismal, são em granito. As juntas dos blocos aparelhados são em argamassa de cimento tipo *Portland* e alguns locais do chão também denotam aplicação desta mesma argamassa. Os bancos, o genuflexório e grande parte do chão são de madeira. O tecto da nave é em madeira policromada; o tecto da capela-mor é em caixotões de madeira policromada; o altar-mor apresenta um misto de policromia e talha dourada, e contém três pinturas sobre madeira (Fig. 129a). A faixa central do chão da nave é de mosaico. Duas portas estão encimadas por sanefas em madeira policromada, a fingir têxteis, com um elevado grau de descoloração. Atrás do altar-mor, encontram-se os três painéis de pintura mural (Fig. 129b). Assentes em peanhas adossadas ao altar, depositam-se várias esculturas em madeira.

À entrada do pórtico principal, na zona da pia de água benta e da pia baptismal, o chão está revestido com cimento (Fig. 130a). É também visível uma mancha de humidade entre o chão e a parede lateral direita do pórtico principal, sob a pia de água benta (Fig. 130b).

A entrada de luz é efectuada por cinco grandes janelas, duas na fachada Norte da nave e três na fachada Sul, sendo que, nesta, duas situam-se na nave em simetria com a fachada oposta e outra na capela-mor; existem ainda uma fresta na fachada Este (capela-mor) e um pequeno janelo com a mesma orientação na sacristia (Fig. 131).

### **Pinturas Murais**

As pinturas murais apresentam múltiplas alterações. Estão cobertas por uma espessa camada de pó, sujidade e teias de aranha, quase impossibilitando a visualização das cores originais (Fig. 132a e 132b). São visíveis vastas lacunas de camada cromática e reboco, com o suporte à vista (Fig. 132c). Algumas lacunas ocorreram por acção humana (Fig. 132d) enquanto alguns destacamentos se devem ao mau isolamento da cobertura (Fig. 132e). Os painéis laterais encontram-se parcialmente revestidos por cal, uma vez que as pinturas murais foram integralmente cobertas aquando da colocação dos altares, no séc. XVIII (Fig. 132f). No painel principal (parede fundeira/fachada Este) são patentes escorrências advindas de uma junta aberta (Fig. 132g), bem como eflorescências na zona inferior (Fig. 132h). Apesar da sujidade da

camada cromática são perceptíveis manchas acastanhadas por biocolonização em todos os painéis (Fig. 132i). O suporte de granito denota coloração enegrecida que evidencia a presença de biocolonização (Fig. 133a) e apresenta lacunas em local de fixação do altar (Fig. 133b). Alguns elementos metálicos de fixação do altar contaminaram a pedra com oxidação, manchando-a de laranja (Fig. 133c).

Foram isolados dez fungos filamentosos e dezasseis bactérias/leveduras entre camada cromática e granito.

### **3.4 Conservação sustentável. Factores de risco**

A existência de directrizes, normas e princípios orientadores tem por finalidade a avaliação de riscos e, conseqüentemente, a gestão desses mesmos riscos. A gestão de risco assente na identificação, análise e resposta aos factores de degradação, tem por objectivo a diminuição ou eliminação do impacto de um evento externo adverso. Como processo, deve ser parte integrante das práticas de conservação e planos de conservação e gestão. Quando (ou se) as ameaças e causas de deterioração são identificadas, avaliadas e priorizadas, os seus efeitos podem ser minimizados ou mitigados com base num plano de gestão.

A localização das igrejas é o principal factor exógeno de risco, potenciador das alterações endógenas dos materiais. A par desta, as condições ambientais, de entre as quais sobressaem a humidade relativa e temperatura, e a falta de limpeza do espaço, a qual provoca a deposição e concentração de poeiras, sujidade e dejectos à superfície, são a causa de todos os restantes danos.

É facto incontornável que a água em todas as suas formas é um dos agentes mais agressivos e que mais danos provoca às estruturas. A degradação pode ser causada por um mecanismo físico ou a combinação de um processo físico e químico [102]. É responsável pela erosão pluvial das argamassas (no exterior); pelas eflorescências à superfície<sup>78</sup> ou criptoflorescências nos estratos interiores; pela promoção de biocolonização; pela oxidação

---

<sup>78</sup> As eflorescências salinas são causadas por movimentos de água difundidos através do telhado ou por condensação devido a uma temperatura mais baixa do telhado em relação ao ar circundante.

dos elementos metálicos; e pelas alterações físicas e químicas dos materiais nos ciclos de húmido-seco, particularmente nocivas para os materiais mais higroscópicos (orgânicos), mas nem por isso inócuas nos materiais inorgânicos.

A humidade pode advir por via aérea, capilaridade, condensação ou infiltração. As águas pluviais, transmitidas por via área, são responsáveis, pelo aparecimento de colonização biológica em concavidades ou saliências, oxidação de metais, degradação de juntas calcárias e no caso dos materiais de construção porosos (com sais na sua constituição), promove, nos ciclos de seco-húmido a dissolução e recristalização dos sais solúveis, com consequente aumento de eflorescências para além de fenómenos de criptoeflorescências. Estas águas infiltram-se quando existem defeitos no edifício como juntas abertas ou fracturas na alvenaria e mau isolamento ao nível do telhado e cobertura, originando o mesmo tipo de danos já anteriormente reportados como sais, degradação das juntas calcárias e crescimento biológico. A humidade ascendente por capilaridade é resultante da ascensão capilar das águas subterrâneas pela zona inferior das construções. Mais uma vez, água e sais, acrescidos de variação das condições ambientais, induzem a deterioração.

Conclui-se portanto, que as três igrejas registam água no seu interior quer por infiltração através da cobertura como sucede com a Igreja de Santa Cristina, quer por infiltração das paredes, condensação ou capilaridade, extensivo aos três monumentos. Esta situação nota-se na acumulação superficial de pó branco nas paredes, indicador da presença de sais.

Os factores climáticos são responsáveis pela degradação ambiental geradora da deterioração dos bens culturais por causas físicas, químicas e/ou biológicas. A variação diária da temperatura e humidade [diferença do máximo ( $T_{max}$ ) e mínimo ( $T_{min}$ ) valores registados] deve ser mantida tão baixa quanto possível, sendo importante eliminar/evitar flutuações rápidas e extremas, para uma melhor conservação do património artístico. Estas flutuações ocorrem nos ciclos dia-noite, verão e Inverno, na proximidade de ventiladores, lareiras, radiadores, correntes de ar, etc. A temperatura acelera as reacções químicas e faz variar a HR. Se uma obra se encontra estável mesmo a um nível de HR que não o recomendado, pode ser mais prejudicial a mudança, do que manter as condições a que está habituada, quando

não existe risco imediato para a mesma. Se a mudança de HR é inevitável ou desejável, deve ser feita gradualmente [32].

Apesar de os materiais de construção das igrejas e os materiais constituintes das pinturas murais serem maioritariamente inorgânicos, os espaços religiosos são igualmente depositários de elementos em madeira, folha de ouro ou metal. Uma vez que não é possível, em função da diversidade dos materiais, atingir o estado óptimo que satisfaça todos os requisitos, a melhor consensualidade passa por encontrar um ponto intermédio de equilíbrio, que exigirá uma avaliação em permanência. A Norma Italiana UNI 10829 (1999) [30] estabelece recomendações para a temperatura e HR na conservação preventiva de frescos e outros materiais, demonstradas na Tabela 23.

Como referido anteriormente, não houve possibilidade de efectuar monitorização climática sistemática nos espaços interiores dos casos de estudo. Foram, contudo, realizadas algumas medições apresentadas na Tabela 24 para a Igreja de Santa Eulália e na Tabela 25 para a Igreja de S. Tiago e respectivos locais de medição (Figs. 134 e 135).

Relacionando as medições efectuadas no interior com as do exterior (ressalvando que estas, do IPMA, poderão não ser exactamente no local de implantação da igreja, mas numa área aproximada), parecem indicar que as temperaturas e HR no interior são idênticas ou superiores às monitorizações médias no exterior. No caso da Igreja de Santa Eulália onde a HR no exterior para o mês de Abril (Primavera) rondou em média os 72% e no interior ultrapassou os 70%, revela-se motivo de preocupação pois, a ser um padrão, então os meses de Inverno, já de si problemáticos, indiciarão medições alarmantes (Fig. 136). A Humidade máxima na região de Braga (Igreja de Santa Cristina) é a mais problemática pois em 28 meses medidos, 19 meses apresentam valores entre 98 e 100%, sendo que varia entre 94 e 100% ao longo dos 3 anos e meio registados (Fig. 137). Em Luzim (Igreja de S. Tiago) as variações são as mais abruptas. No espaço de um mês, entre Março e Abril de 2012 a Humidade mínima subiu 24% e a máxima 14%, bem como entre Setembro e Outubro do mesmo ano, a mínima subiu 20% e a máxima 12% (Fig. 138). Se se considerar que estes valores têm uma correlação com os valores sentidos no interior das igrejas, então as

oscilações acentuadas são um dos factores de risco para a estabilidade dos monumentos e do respectivo património integrado.

No que concerne à temperatura, todas as igrejas estão localizadas em regiões com grandes variações entre mínimas e máximas e entre os meses de Verão e Inverno. Por exemplo, na região do Porto (Igreja de Sta. Eulália) a  $T_{\min}$  mais baixa foi de 4,1°C em Fevereiro de 2012 e a  $T_{\max}$  mais alta de 26,2°C em Julho de 2013 (Fig. 139), enquanto em Braga a  $T_{\min}$  mais baixa foi de 0,7°C e a  $T_{\max}$  mais alta de 29,1°C exactamente no mesmo período (Fig.140), e na região de Luzim a  $T_{\min}$  mais baixa foi de 1,1°C em Janeiro de 2015 e a  $T_{\max}$  mais alta de 29,1°C em Agosto de 2013 (Fig. 141).

Constatou-se ainda que na monitorização interior da Igreja de Sta. Eulália se registou uma variação no ponto 1 a diferentes horas – um aumento de 1,1°C entre as 10h30 e as 16h00 e inversamente a diminuição da HR de 2,7%. À medida que a temperatura no exterior aumenta até às horas de maior calor, essa influência é igualmente sentida no interior com um aumento da temperatura e uma diminuição da HR. Não obstante, as oscilações entre os diferentes pontos no interior das duas igrejas monitorizadas não são relevantes independentemente de as medições terem sido efectuadas próximas de zonas de entrada ou ao centro da igreja. Em conclusão, os dados apresentados confirmam a influência que o ambiente exterior e as alterações de temperatura e HR têm no interior das igrejas em estudo.

Aparte a temperatura e a HR, outro parâmetro das condições ambientais, de menor importância mas danoso e com acção cumulativa, permanente e irreversível é a luz [32]: natural (directa – por incidência solar); artificial (indirecta – por iluminação eléctrica). A quantificação dos danos irá depender da intensidade, duração e da cor da luz.

No caso da Igreja de Santa Eulália, a janela poente permite a entrada de luz solar, iluminando directamente os painéis de pintura mural. Igualmente, na Igreja de S. Tiago, a luz directa foi responsável pela perda de policromia das sanefas em madeira policromada. Apesar de não se terem efectuado estudos de quantificação da intensidade lumínica (lux), acredita-se que esta será uma das causas da degradação acentuada que os painéis e as sanefas padeceram. Os malefícios da exposição directa à luz solar, mesmo quando fraca, tomam a forma de descoloração das camadas pictóricas, e causam perda de saturação das cores, geralmente

resultado de reacções químicas [54, p. 21]. A luminosidade apresenta acção fototérmica (IV) por ligações químicas e acção fotoquímica (UV) por degradação das cores (a mais prejudicial) [99, p. 97]. A incidência solar não aparenta ser um parâmetro relevante na igreja Sta. Cristina, uma vez que não incide directamente nas obras. Tal, todavia, não significa que a temperatura da luz ao longo do ano não seja um factor importante, pois no Inverno interessa promover os ganhos de radiação enquanto no Verão é conveniente restringi-los. Para o efeito, podem-se conferir as normas CIE 157:2004 e a CEN/TC 346<sup>79</sup>, que especificam os limiares de intensidade da luz e duração da exposição lumínica e os critérios ambientais em locais fechados.

Apesar de as igrejas não se encontrarem em áreas industriais ou com grande poluição atmosférica, como é perceptível pela presença de líquenes nas fachadas das três igrejas<sup>80</sup>, os ventos e as chuvas ácidas transportam consigo contaminantes. Os ventos transportam pó e partículas sólidas responsáveis pela abrasão e erosão dos blocos de pedra que promovem um meio propício à proliferação de fungos e bactérias. Estes, por sua vez, produzem enzimas, substâncias ácidas e pigmentos que degradam os materiais. As chuvas ácidas (constituídas maioritariamente por dióxido de enxofre e óxidos de azoto) degradam os materiais ao ar livre [54, p. 22].

A sujidade e outras partículas, salvaguardado o impacto estético negativo que representam na obra, causam retenção de humidade e alteração das temperaturas, e consistem numa fonte significativa de nutrientes, geradora de sucessiva colonização biológica [43].

Para o efeito, tentou-se averiguar qual a frequência de limpeza, arejamento e serviços religiosos conduzidos nas igrejas em estudo. De acordo com a informação prestada pelo Pe. António Loureiro (Igreja de Sta. Eulália) e apesar de não saber dados concretos, alvita que a limpeza seja efectuada com regularidade mensal, altura em que serão abertas portas e janelas

---

<sup>79</sup> *Commission Internationale de L'Eclairage (CIE) – CIE 157:2004: Control of damage to Museum Objects by Optical Radiation; Comité Européen de Normalisation (CEN) – CEN/TC 346: Conservation of Cultural Property e CEN/TS 16163:2014: Conservation of Cultural Heritage - Guidelines and procedures for choosing appropriate lighting for indoor exhibitions.*

<sup>80</sup> Como referido anteriormente na secção 3.3.1 deste capítulo, a existência de líquenes em grande quantidade nas fachadas das igrejas é indicadora da ausência de poluição atmosférica, à qual são extremamente sensíveis. Vd. a este respeito, [109]; Vd. ainda [189, p. 56].

para entrada de ar. Não existe prática litúrgica quotidiana, com excepção do dia 15 de Janeiro, dia de Sto. Amaro, quando é dita missa. Aparte esta data anual, os restantes serviços religiosos são esporádicos e relacionam-se com casamentos, baptizados e exéquias fúnebres. A limpeza espaçada, e a pouca circulação e renovação de ar serão alguns dos factores que promovem a acumulação de sujidades à superfície das pinturas, influenciando a HR/T e estabelecendo um ambiente favorável à biodeterioração.

Na Igreja de S. Tiago e segundo a informação prestada pelo Pe. Coutinho, a limpeza é semanal, a ventilação do espaço com abertura de portas e janelas é efectuada entre uma e duas vezes por semana e o serviço religioso varia de horário mediante a época do ano, mas restringe-se a um dia por semana (ao fim de semana). As ilações que se retiraram é que a sujidade, poeiras e teias de aranha que se observaram nos frescos deveram-se à existência dos altares, que dificultavam o acesso e impediam a limpeza, ao mesmo tempo que eram um foco de propagação de partículas e concentração de um micro-clima específico, sem correntes de ar, propiciador à condensação e biocolonização.

A informação veiculada pelo Pe. José Marques (Igreja de Sta. Cristina) é de que não existe culto no recinto. A igreja é utilizada esporadicamente para casamentos sempre que qualquer paroquiano que lá tenha sido baptizado, o solicite. A limpeza é efectuada mensalmente mas sem carácter regular, uma vez que a igreja não está a uso. O arejamento e ventilação da igreja com a abertura de portas e janelas, a cargo da paróquia, pela proximidade do Centro Social, só se efectua quando está bom tempo, pelos mesmos motivos. A limpeza pouco frequente, a falta de ventilação e arejamento adequado são promotores da concentração de poeiras, da retenção de humidade, do aumento da temperatura e da criação de um micro-clima ideal ao aparecimento e desenvolvimento microbiano nas superfícies pictóricas.

A colonização biológica é consequência de todos os factores supra explanados com enfoque particular na humidade. Desde que haja uma HR elevada, os microorganismos são capazes, dependendo da espécie, de degradar alimentos inorgânicos ou orgânicos, e que passam pela pedra, madeira, pigmentos, pó, sais, entre outros, dando origem a uma sucessão ecológica diversificada.

### **3.5 Riscos. Níveis e medidas Estratégias de mitigação.**

Para uma melhor leitura, compilaram-se os dados referentes aos três casos de estudo e condensaram-se em tabelas, separadas por igrejas: Igreja de Sta. Eulália (Tabela 26 a 29); Igreja de Santa Cristina (Tabelas 30 a 33) e Igreja de S. Tiago (Tabelas 34 a 37). Estas estruturaram-se em função de dez agentes de biodeterioração ou factores de risco. Nove agentes foram definidos por Stefan Michalski para o CCI [4] e publicados pelo ICOM em 2004 [200, p. 58] – forças físicas directas; roubo e vandalismo; fogo; água; pragas; contaminantes; iluminação/radiação; temperatura; e humidade relativa. Um décimo agente – procedimento negligente – foi posteriormente adicionado à tabela de Michalski, proposto por Robert Waller. Os níveis de risco foram analisados para as igrejas como um todo com o seu património móvel e imóvel, adoptando-se a fórmula de escalas e pontuação de Michalski [200, p. 70].

### **3.6 Parâmetros de um plano de conservação preventiva**

Em seguida, apresentam-se as notas preliminares para a constituição do Plano de Conservação Preventiva:

Os impactos externos são de difícil controlo, pelo que é necessário que sejam estabelecidas rotinas periódicas de inspeção – diagnóstico de problemas, materiais e sistemas construtivos e higienização. A existência de métodos de diagnóstico, de monitorização e de manutenção permite uma redução da deterioração, evita o uso desnecessário de tratamentos curativos para prolongar a vida do bem cultural, e conduz a uma redução dos custos de intervenção se, e quando, esta se verificar necessária. O plano de manutenção é uma ferramenta necessária para manter o bom estado dos edifícios (igrejas), e também para garantir a durabilidade das intervenções de restauro efectuadas. Com esse objectivo, o melhor método de manutenção consiste na inspecção periódica do local, vigiando o estado de conservação e a durabilidade dos tratamentos efectuados.

No caso da humidade procedente de infiltrações pelo telhado, como sugere ser o caso da Igreja de Santa Cristina, devem-se efectuar as reparações necessárias às coberturas para um

bom isolamento de águas. Para a humidade originária do solo, por águas superficiais, é possível recorrer a diferentes procedimentos consoante o maior ou menor grau da infiltração de água: isolamento externo dos rebocos de parede; execução de drenagens; e execução de cortes hídricos.

Começando pelo método mais acessível, simples e menos oneroso – a reparação dos rebocos exteriores – convém frisar que as juntas das pedras são locais de migração de água para o interior do edifício. Na eventualidade das argamassas de revestimento das juntas terem sofrido erosão, fissuras ou destacamento, deve efectuar-se o seu refechamento com novas argamassas de cal, preferencialmente à face dos blocos de pedra, evitando a retenção das águas pluviais. As massas cimentícias não são uma opção viável, pois impedem a evaporação da água nos blocos graníticos e promovem a subida da capilaridade, para além de apresentarem tensões superiores, o que vai provocar fracturas no material menos resistente – o granito. Onde aquelas massas existem, é imprescindível a sua substituição.

A execução de drenagens só é viável se os níveis freáticos do local de implantação do edifício não forem demasiado elevados e não atinjam a cota das fundações das paredes parcialmente enterradas. Se este for o caso das igrejas em estudo, então a solução poderia passar por uma de três hipóteses de extracção: drenagem periférica com enchimento tradicional; com elementos pré-fabricados; ou com telas filtrantes e drenantes [39]. Construção de canais de drenagem na parte exterior das fachadas, abaixo do nível do solo, a fim de diminuir o nível da altura da água atingido por capilaridade [54]. As paredes com humidade ascensional por capilaridade das águas freáticas (do solo) podem, eventualmente, ser protegidas mediante um corte hídrico [39].

No plano interior do monumento, é possível a obtenção dos valores adequados de HR quer através de sistemas passivos – inércia higroscópica, ou de sistemas activos – desumidificadores, ventiladores, ares condicionados, entre outros. A inércia higroscópica do edifício conjugada com uma ventilação adequada pode controlar as flutuações da HR, uma vez que os edifícios históricos armazenam calor e humidade nas suas espessas paredes [39]. A correcta utilização dos equipamentos requer monitorização constante (auxiliada por higrómetros ou termohigrógrafos). Medidas adicionais devem ser tomadas, tais como manter

portas e janelas fechadas e bem vedadas, evitando exposição das obras (esculturas, sacrários, etc.) perto de saídas de ar. Visto a relação entre temperatura e humidade relativa ser inversamente proporcional é igualmente possível aumentar a temperatura para diminuir a HR ou vice-versa.

Para evitar o aparecimento de colonização biológica, o indicado é a limpeza frequente e meticulosa, assim como manter portas e janelas fechadas e isoladas e evitar manter alimentos ou lixo próximos do local. Quando se procede ao arejamento do espaço, devem ser colocados caixilhos com tecido nas janelas para impedir a entrada de contaminantes e esporos trazidos pelo vento. Uma temperatura e HR baixas diminuem a probabilidade de aparecimento de infecções e infestações. Quando elas já estão activas então a solução passará pela sua erradicação. Em todas as igrejas é necessária a desinfeção por biocidas, a desinfestação dos insectos xilófagos nos altares da Igreja de S. Tiago, e a captura dos morcegos da Igreja de Santa Eulália. Apesar dos morcegos serem predadores de insectos, são polinizadores e actuam como dispersores de sementes, estabelecendo fontes adicionais de nutrientes no interior dos espaços litúrgicos. São igualmente responsáveis por oxidação e manchas nos materiais através dos seus excrementos e pela acumulação de sujidade, lixo e cadáveres de outros animais que servirão de fonte ao desenvolvimento de fungos e bactérias [54].

A selecção do biocida é regulamentada pela Directiva 98/8/CE do Parlamento Europeu e do Conselho [11] e depende da natureza das espécies colonizadoras. A presença de uma comunidade infestante heterogénea sugere o uso de produtos com um amplo espectro de acção (como os sais quaternários de amónia), enquanto os organismos microbianos restritos podem ser melhor tratados com substâncias especificamente destinadas. Uma comunidade variada é geralmente mais difícil de erradicar que as espécies solitárias tendo em conta que o biocida deve penetrar e chegar a todas as células das diferentes espécies [267, p. 42]. Tendo em consideração os testes levados a cabo para as espécies fúngicas, colonizadoras da pintura mural, reboco e granito, sugere-se a utilização do óleo essencial de manjerição.

No capítulo da limpeza do pó nos frescos, esta pode ser efectuada mecanicamente com uma trincha de cerdas suaves. As eflorescências de sais solúveis removem-se com uma limpeza

química (água esterilizada). Os sais não solúveis e as camadas de cal sobrepostas devem ser removidas paciente e cuidadosamente por meio de operação mecânica.

É possível minorar os efeitos da luz através de filtros UV, cortinas ou persianas nas janelas, que diminuirão a intensidade e minimizarão a quantidade de raios UV. Na luz indirecta (artificial) não devem ser utilizadas lâmpadas fluorescentes, pois produzem calor. A intensidade da luz ambiente pode ser reduzida mediante a utilização de lâmpadas de menor potência, adaptando o ângulo da luz, e/ou aumentando a distância entre a luz e as obras.

Adicionalmente, deve ser tido em consideração que o adorno das igrejas com flores ou plantas é um foco potencial de agentes biológicos como os fungos, as bactérias e os insectos [54], pelo que estas devem estar interditas ou serem substituídas por flores artificiais.

No capítulo da conservação curativa e da conservação e restauro das pinturas murais, se a camada cromática apresenta destacamentos, a solução passará pela sua fixação. Esta deve ter em atenção que os produtos utilizados para o efeito não sejam demasiado rígidos, comportando-se de forma diferente da dos materiais originais, que não manchem ou adulterem as cores, nem sofram alterações com o tempo. Quando é a falta de coesão e pulverulência das camadas, ou a adesão entre a película cromática e o reboco, ou entre o reboco e o suporte, que se revela fraca, a consolidação passará pelo método de injeção efectuado verticalmente em áreas de desprendimento ou fissuras e que, através da utilização de um tensoactivo, facilitará a penetração em maior profundidade. As lacunas de cor devem ser preenchidas de forma reconhecível e com material compatível e reversível.

Como último recurso, e só quando a pintura ou o próprio edifício estão em risco, efectua-se a transladação dos frescos de uma de três formas ditada pelas condições do suporte: *strappo* – arranque capa pictórica; *stacco* – arranque da capa pictórica, *intonaco*; *stacco a massello* – arranque da capa pictórica, *intonaco*, *arriccio* e parte do suporte [210, p.173].

#### 4. Conclusões

Efectuou-se um levantamento fotográfico exaustivo e sistemático das construções e respectivas pinturas murais dos três casos de estudo, ou seja, das três igrejas, a partir do qual se elaborou uma documentação gráfica, nos moldes da “virtualização” 3D. O processo envolveu quatro fases: captura de imagens fotográficas digitais; processamento das imagens em programas informáticos de fotogrametria digital (Arch3D, 123D Catch; Memento Autodesk Beta; Agisoft Photoscan); determinados pós-processamentos em Meshlab e, por último, elaboração e recriação de espaços virtuais com o *software* livre Blender.

As fotografias e os programas informáticos de fotogrametria digital foram ainda úteis na produção de ortofotografias (imagens de perspectiva rectificada). Posteriormente, no sistema de informação geográfica (SIG), aplicaram-se técnicas de composição cartográfica que conduziram a mapas temáticos. Estes mapas como objecto de análise permitiram evidenciar os padrões de distribuição espaciais das variáveis consideradas (áreas de lacunas pictóricas), identificar as áreas-problema e quantificá-las para a Igreja de Santa Eulália. Não foi possível adaptar estes mapas para a Igreja de Santa Cristina, pois apresenta pintura mural em oito paredes, nem para a Igreja de S. Tiago, onde o altar-mor ainda *in loco* oculta integralmente as pinturas e impede a captura de imagens integrais e de todos os seu pormenores.

A análise histórica é uma importante ferramenta de trabalho, pois possibilita o entendimento do processo de construção dos edifícios, o conhecimento das características técnico-construtivas do edifício, as modificações realizadas ao longo dos anos, bem como a existência ou não de intervenções de restauro.

Hoje em dia, com poucos meios e orçamentos limitados, os conservadores enfrentam o desafio de corresponder aos critérios estéticos exigidos, transferindo para segundo plano o tratamento dos suportes. Todavia, a conservação e restauro das estruturas do património arquitectónico não é um fim em si, mas um meio para um objetivo maior: a sustentabilidade do edifício como um todo [8].

*“Cada comunidade, tendo em conta a sua memória colectiva e consciente do seu passado, é responsável, quer pela identificação, quer pela gestão do seu património. Os monumentos, considerados como elementos*

*individuais desse património, possuem valores que se alteram com o tempo. Esta alteração de valores, que podemos identificar em cada monumento é, afinal, uma das características do património, ao longo da História.”*

Carta de Cracóvia [6]

O ambiente interior dos edifícios depende principalmente do clima exterior, da estrutura e dimensão dos edifícios, materiais de construção utilizados e hidrogeologia do solo [312, p. 97]. As superfícies dos materiais são afectadas pelas bruscas mudanças de temperatura e humidade ambientais, uma vez que estes dois parâmetros regem as formas de deterioração mais comuns, como os ciclos de seco-húmido [101, p.501]; os choques térmicos [272]; a dissolução-cristalização de sais de superfície ou de substrato [190; 191; 241]; e o *stress* ou fadiga do material, que induz fracturas, empolamentos, descamação, desagregação e destacamento das superfícies pétreas [101, p. 509].

A complexidade e variedade dos objectos que compõem o património cultural tornam particularmente difíceis de detectar e definir os intervalos e limites absolutos de parâmetros ambientais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Empreendeu-se uma investigação de pendor pluridisciplinar, com significativa componente laboratorial, visando aproximar duas realidades: o contexto tecnológico do estudo material e seus fenómenos de degradação, característico da análise em conservação e restauro.

Partindo do pressuposto, “conhecer para intervir”, efectuaram-se análises por  $\mu$ S-FTIR e exames estratigráficos no sentido de caracterizar as pinturas murais dos casos de estudo seleccionados. As análises revelaram tratar-se de frescos com película cromática extremamente fina e quase invariavelmente com apenas uma camada de reboco, também ela fina. Os pigmentos de cor são na sua essência terras (aluminossilicatos), os brancos são à base de carbonato de cálcio e os negros, possivelmente carvões vegetais (à falta de fosfatos).

As pinturas murais das três igrejas românicas apresentam diferentes níveis de contaminação microbiana heterotrófica. O método de identificação por cultura permitiu a detecção de bactérias, leveduras e fungos em todas as igrejas inspeccionadas. Esta presença microbiana é um indicador do potencial decaimento dos frescos, visto que os microorganismos são capazes de produzir estruturas de resistência que garantem a sua sobrevivência durante longos períodos de tempo, e restaurar rapidamente o seu crescimento, quando as condições ambientais são favoráveis. As hifas fúngicas penetraram as camadas cromáticas, degradando alguns dos seus componentes, o que resulta numa redução da sua coesão, dando origem a destacamentos, fissuras e lacunas.

Tendo em consideração, que é geralmente difícil demonstrar o envolvimento das bactérias na biodeterioração, a sua contribuição ainda está para ser estabelecida. Estudos adicionais serão necessários para obter um diagnóstico preciso dos agentes deteriorogénicos que colonizam cada obra de arte em particular, de modo a compreender o seu potencial biodeteriorativo específico. A identificação dos microorganismos é um pré-requisito para traçar um plano de restauro, a fim de evitar mais danos no património. O método mais comum e menos intrusivo para a prevenção do crescimento de fungos é o controlo ambiental.

Uma pesquisa científica detalhada foi realizada com uma abordagem multidisciplinar, a fim de estudar a deterioração que afecta os frescos nos três casos de estudo. Este fenómeno deveu-se à acção combinada de um ataque químico e microbiológico, danificando os pigmentos e o substrato. A adopção de técnicas analíticas multifacetadas permitiu observar e isolar os organismos responsáveis pela biocolonização – fungos – dos quais, até ao momento, alguns foram identificados por biologia molecular como sendo *Aspergillus versicolor*, *Penicillium spinulosum* e *chrysogenum*, e *Alternaria alternata* e *tenuissima*.

Procedeu-se a ensaios de biocidas em placa, seleccionando-se para o efeito cinco óleos essenciais (Alecrim, Funcho, Limão, Manjeriço e Sálvia) e quatro biocidas comerciais (CaSoPaL, Cloreto de Benzalcónio, Durolith e Preventol R80). Os ensaios revelaram que o biocida eficaz para todas as estirpes testadas com uma menor quantidade de produto exigida, foi o óleo essencial de manjeriço com uma concentração mínima inibitória (CMI) abaixo de  $1,25 \mu\text{l.ml}^{-1}$ .

Efectuaram-se vários protocolos para extracção de pigmento, até se atingir o objectivo. A extracção do pigmento a partir de um isolado recolhido da Igreja de Santa Cristina (CZ<sub>1.2.3</sub>), permitiu realizar testes de degradação enzimática com bons resultados preliminares para o uso de uma peroxidase (*Bjerkandera adusta*) e do peróxido de hidrogénio. Segue informação infra (trabalho futuro).

A progressiva deterioração das pinturas murais em estudo, mais evidente e devastadora nos últimos anos, deveu-se às condições de humidade e temperatura que favoreceram o processo de degradação por intervenção microbiana. A estes factores de risco, associou-se a luz solar directa, no caso da Igreja de Santa Eulália, que provocou alterações cromáticas por desvanecimento da policromia. Idêntico problema também verificado na Igreja de S. Tiago em duas sanefas de madeira policromada. Avaliaram-se os factores e a magnitude de risco tendo por base medições pontuais da T e HR no interior e exterior dos monumentos.

*À data da conclusão desta dissertação, teve-se conhecimento que duas das três igrejas que se estudaram estavam em vias de reabilitação – Igreja de Santa Cristina e Igreja de S. Tiago.*

## **Trabalho futuro**

Ficaram a faltar algumas etapas que se gostaria de ver realizadas:

### **1. Microbiologia**

**1.1** Identificação à espécie dos isolados fúngicos ainda por identificar assim como os isolados bacterianos.

**1.2** Caracterização da melanina/pigmentos obtidos durante este projecto e isolamento dos pigmentos de hifas e esporos não alcançado entretanto.

**1.3** Testes *in vitro* da actividade dos biocidas em protótipos de frescos entretanto produzidos

**1.4** Ensaios de descoloração enzimática das manchas pigmentadas em protótipos de frescos.

**1.5** Utilização de metodologias de isolamento para os mesmos casos de estudo e amostras que permitam a identificação de organismos não cultiváveis como por exemplo DGGE (*Denaturing Gradient Gel Electrophoresis*).

### **2. Conservação preventiva**

**2.1** Monitorização sistemática e por um ano da Temperatura e Humidade relativa no interior de cada uma das igrejas, a fim de se traçar um plano de regulação destes factores.

**2.2** Medições rigorosas da intensidade lumínica.

## **Lista de comunicações e publicações relacionadas com a investigação**

MARCO, A. [*et al.*] – Enzymatic degradation of fungal pigmentation from wall painting's isolates. *Inc. Col Res Appl*, 2016.

MARCO, A. [*et al.*] – Effect of different biocides on the growth of fungi responsible for black stains in mural paintings (Poster). *In Congress of Microbiology and Biotechnology 2015*, 10-12 December 2015, University of Évora.

MARCO, A. [*et al.*] – Attempts in enzymatic degradation of the pigmentation produced by fungi isolated from Portuguese wall paintings (Poster). *In Colours 2015, Bridging Science with Art*, 24-26 September 2015, Évora University.

## Glossário

**ADN** – Sigla para o ácido desoxirribonucleico. É a molécula que contém a informação genética usada no desenvolvimento e funcionamento de todos os organismos vivos conhecidos e de muitos vírus, e que transmite as suas características hereditárias.

**Arco Triunfal** – Vão em arco que estabelece a ligação entre a nave e a capela-mor de um templo.

**Arriccio** – Palavra italiana, adoptada internacionalmente na terminologia técnica da pintura mural. O mesmo que emboço.

**Brutescos** – Linguagem ornamental pictórica e escultórica de repertórios formais onde predominam a representação artística de cartelas, festões, folhagens, frutos, enrolamentos de acantos, aves e outras figuras de animais, meninos-anjos, grutas, penhascos ou paisagens agrestes. A maior expressão do estilo aparece na pintura mural decorativa derivada dos *grotesche* renascentistas difundidos pelas gravuras italianas que, em Portugal, assumiram traços originais e se praticaram intensamente na decoração de interiores. Foi muito popular no século XVII, na época do Barroco Nacional.

**Cabeceira** – Área situada na extremidade de um templo, do lado oposto ao da entrada principal, no topo da nave e onde se encontra a capela-mor.

**Cachorro** – pedra esculpida ou lisa na qual assenta a cornija.

**Caixotão** – Painel colocado a servir de tecto limitado por moldura, normalmente de forma quadrada, rectangular ou mais raramente poligonal, podendo ser em madeira policromada ou entalhada.

**Capialço** – Sobrearco ou corte oblíquo na parte superior das portas e janelas para permitir maior entrada de luz.

**Camada Superficial** – Esta é a camada de uma pintura, que está mais próxima do observador.

**Condensação** – Processo físico de conversão de um material a partir de uma fase gasosa para uma fase líquida ou sólida. Tal acontece normalmente quando a temperatura diminui e/ou a pressão de vapor do material sobe. A formação de condensação ocorre quando a pressão parcial de um dado componente de uma mistura gasosa a uma determinada temperatura excede a pressão de vapor da forma líquida ou sólida desse componente à dada temperatura.

**Conservação** – Pode ser preventiva ou curativa, e é o conjunto de procedimentos e medidas destinadas a assegurar a protecção física de uma peça contra agentes de deterioração, mantendo um nível elevado de estabilidade físico-química. Permite prolongar a existência material de uma obra.

**Cornija** – Moldura saliente que remata superiormente um muro.

**Craquelados** – É um fenómeno de deterioração por contracção ou dilatação do suporte e consiste no aparecimento de fissuras que, em casos mais graves, leva ao destacamento das camadas.

**Degradação** – Uma modificação ou alteração prejudicial sofrida por um material.

**Degradé** – Palavra oriunda do francês. É uma sequência de tons contínuos, do mais escuro para o mais claro. Diminuição progressiva da cor ou da luz.

**Deterioração** – Envelhecimento gradual de materiais devido a acções diversas, ocasionando a destruição dos mesmos.

**Eflorescência** – Formação cristalina de sais solúveis na superfície do objecto ou paramento. É produzida pelo fenómeno da migração de sais e a evaporação da água. A cristalização salina pode ocorrer no interior do material, provocando destacamento das camadas mais superficiais – este fenómeno é denominado de criptoflorescência.

**Emboço** – Camada preparatória da pintura a fresco. Tem como função preparar a pedra para receber a camada seguinte, onde será aplicada a cor. É nesta camada que é efectuada a *sinopia*.

**Empena** – Superfície triangular da parede que limita uma cobertura de uma ou duas águas.

**Fiálide** – Célula conidiogénica dos fungos ascomicetes, também denominada de esterigma, em forma de frasco e produz conídios hialinos ou pigmentados, globulosos e por vezes rugosos.

**Fissura** – De dimensão milimétrica, é uma abertura estreita e alongada, de profundidade variável e insuficiente para separar os fragmentos, na superfície de um objecto.

**Fresco** – Técnica pictórica na qual os pigmentos são suspensos em água e aplicados numa parede de reboco húmido em que o pigmento se fixa por reacção química da carbonatação da cal. A parede torna-se o aglutinante, assim como o suporte. É exclusivo da pintura mural.

**Giornata** – Termo italiano que designa, na pintura a fresco, cada parte do reboco que é aplicada e pintada de uma só vez e correspondia ao trabalho diário.

**IHS** – É um monograma do nome de Jesus Cristo em forma de acrónimo/sigla. Do alfabeto grego: IHΣΟΥΣ. A abreviatura em forma de "IHS" aparece pela primeira vez nas moedas de Justiniano II entre os séculos VII–VIII. A ordem dos jesuítas adoptou no século XVII “IHS” como o seu símbolo. No latim, existem interpretações da sigla como *Jesus Humilis Societas* – Humilde Sociedade de Jesus; *Jesus Hominum Salvator* - Jesus, Salvador do Homem, entre outros.

**Intonaco** – Termo italiano, adoptado internacionalmente na terminologia técnica da pintura mural. O mesmo que reboco.

**Lacuna** – Falta de matéria localizada do suporte ou da camada cromática – preparação, camada pictórica, camada dourada ou verniz, e devida a perda natural ou acidental.

**Lado da Epístola** – Expressão utilizada para designar o lado direito de um templo, quando observado da entrada principal.

**Lado do Evangelho** – Expressão utilizada para indicar o lado esquerdo de um templo, quando observado da entrada principal.

**Limpeza** – Acção efectuada no sentido de suprimir a sujidade. O tratamento de limpeza é uma operação delicada, perigosa e irreversível, uma vez que tudo o que é retirado nunca poderá ser restituído. Para proceder a esta operação, será necessário conhecer bem os materiais originais.

**Lixiviação** – Extração de matérias solúveis de um produto por meio de solventes adequados.

**Microrganismo** – Qualquer organismo vivo de reduzidas dimensões, apenas observável por meio de um microscópio.

**Nave** – Espaço ou área longitudinal de uma igreja ou capela, situado entre o pórtico principal e a cabeceira.

**Orago** – Evocação do santo ao qual é dedicada uma igreja ou capela.

**Organoléptico** – Propriedade dos materiais cujas características podem ser percebidas pelos sentidos.

**Oxidação** – Alteração química (pela qual um elemento ou um composto cede electrões) de uma superfície por reacção com um oxidante, nomeadamente o oxigénio do ar. O termo designa também o resultado da reacção.

**Patine** – Os efeitos naturais da idade ou da exposição sobre uma superfície.

**Pigmento** – Partículas com cor inerente, pulverulenta e insolúvel, incorporada num aglutinante/veículo, utilizada para dar cor e tecto. De natureza diversa, podem ser compostos químicos orgânicos ou inorgânicos, de origem natural ou artificial. Na pintura a fresco a maioria dos pigmentos são de origem inorgânica e utilizados em suspensão na água e não aglutinados.

**Pintura mural** – Pintura que tem como suporte uma estrutura arquitectónica. A pintura a fresco é a técnica por excelência e exclusiva da pintura mural.

**Policromia** – Camada superior de cor de uma obra.

**Pontata** – Termo italiano que designa cada uma das áreas de reboco aplicadas por nível de andaime para serem pintadas a fresco. As únicas marcações visíveis são as delimitações horizontais entre as diferentes *pontate*.

**Precipitado** – Depósito de uma substância insolúvel numa solução após a adição de um agente químico ou precipitante ou por meio de evaporação, arrefecimento ou electrólise.

**Preparação** – Camada disposta sobre o suporte de uma pintura ou escultura com o intuito de uniformização da superfície. Previamente poderia ser utilizada cola animal.

**Preservação** – Conjunto de acções indirectas que evitam ou reduzem as causas de degradação.

**Quelação** – Transformação de uma substância normalmente orgânica (o quelante) e um metal num quelato. Quimicamente, o quelato é um sal ou ião complexo, no qual os ligantes se combinam com o ião ou átomo do metal através de duas ou mais ligações covalentes, na forma de anel. É um processo químico no qual o metal é “agarrado” quimicamente, numa ligação covalente com o agente quelante.

A degradação da pedra é atribuída a agentes quelantes orgânicos que extraem iões metálicos das rochas e minerais.

**Raios Ultravioleta** – Porção de espectro invisível que se encontra abaixo do violeta, ou na porção de comprimento de onda mais curto do espectro visível.

**Reboco** – Camada final onde é aplicada a cor. É menos espesso que o emboço.

**Rocaille** – Estrangeirismo para designar um elemento artístico e decorativo, oriundo da França da primeira metade do séc. XVIII, e que se caracteriza pela imitação estilizada de rochas, conchas, etc., exibindo volutas e formas de traçado assimétrico, típicas do rococó.

***Sinopia*** – Giz vermelho acastanhado usado para traçar o desenho nas pinturas murais e, também, o próprio desenho preliminar.

**Solução** – Mistura homogénea de duas ou mais substâncias. As soluções podem envolver sólidos, líquidos ou gases como dispersantes (chamados de solventes – existentes em maior quantidade na solução) e como dispersos (solutos). A solução pode apresentar-se em qualquer dos estados.

**Suporte** – Termo utilizado para designar uma estrutura física que segura ou carrega a base ou película de tinta de uma pintura. Painéis, telas, tectos, muros, paredes ou qualquer espaço vasto e plano sobre o qual possam ser feitas pinturas.

## Referências bibliográficas

- [1] Adam – *PRO EXEMPLARIA. Preventive conservation and maintenance of architectural heritage in Romania and Portugal: transmission of know-how* [Em linha]. 2010. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.adam-europe.eu/prj/8786/project\_8786\_en.pdf>.
- [2] *American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. AIC Definitions of Conservation Terminology* [Em linha]. WAAC Newsletter, Volume 18, Number 2, May 1996. [Consult. 12.08.2014]. Disponível em: WWW:<URL:http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn18/wn18-2/wn18-202.html>.
- [3] *Australia ICOMOS (1979). The Australia ICOMOS Charter for the Conservation of Places of Cultural Significance (“Burra Charter”)* [Em linha]. [Consult. 12.08.2014]. Disponível em: WWW:<URL:http://australia.icomos.org/wp-content/uploads/Burra-Charter\_1979.pdf>.
- [4] *Canadian Conservation Institute. Framework for Preservation of Museum Collections* [Em linha]. Publication Date: 9/1/1994, by Charlie Costain. [Consult.: 13.02.2016]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.cci-icc.gc.ca/discovercci-decouvriricc/preventive/15-eng.aspx>. A página foi arquivada mas o seu conteúdo ainda é acessível.
- [5] *Canadian Conservation Institute – Preventive Conservation and Agents of Deterioration* [Em linha]. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/agentsofdeterioration-agentsdedeterioration/index-eng.aspx>.
- [6] *Carta de Cracóvia (2000). Princípios para a Conservação e o Restauro do Património Construído* [Em linha]. Cracóvia (Polónia), 26 de Outubro de 2000. [Consult. 25.05.2013]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.igespar.pt/media/uploads/cc/cartadecracovia2000.pdf>.
- [7] *Carta de Veneza (1964). Sobre a conservação e restauro dos monumentos e sítios* [Em linha]. II Congresso Internacional de Arquitectos e Técnicos de Monumentos Históricos, Veneza, 25 a 31 de Maio de 1964. [Consult. 25.05.2013]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.igespar.pt/media/uploads/cc/CartadeVeneza.pdf>.

[8] *Charte Icomos(2003). Principes pour l'analyse, la conservation et la restauration des structures du patrimoine architectural* [Em linha]. Adoptés par la 14ème Assemblée Générale de l'ICOMOS à Victoria Falls, Zimbabwe, Octobre 2003. [Consult. 23.04.2012]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.icomos.org/charters/structures\\_f.pdf](http://www.icomos.org/charters/structures_f.pdf)>.

[9] *Direcção Geral do Património Cultural* [Em linha]. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.patrimoniocultural.pt/pt/museus-e-monumentos/rede-portuguesa/>>.

[10] *E.C.C.O. Directrizes Profissionais, I, II e III.* (2004) [Em linha]. [Consult. 23.04.2012]. Disponível em: WWW:<URL:<http://arp.org.pt/images/site/profissao/2004-ECCO-directrizes.pdf>>.

[11] *EUR-Lex – Directiva 98/8/CE do Parlamento Europeu e do Conselho* [Em linha]. Directiva 98/8/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Fevereiro de 1998 relativa à colocação de produtos biocidas no mercado. Document 31998L0008. Jornal Oficial nº L 123 de 24/04/1998 pp. 1-63. [Consult. 18.11.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0008&from=PT>>.

[12] *European Confederation of Conservator-Restorers' Organization. E.C.C.O. Professional Guidelines* [Em linha]. [Consult. 12.08.2014]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.ecco-eu.org/about-e.c.c.o./professional-guidelines.html>>.

[13] *ICCOM-CC. Preventive Conservation* [Em linha]. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:URL:<http://www.icom-cc.org/36/working-groups/preventive-conservation/>>.

[14] *ICCROM* (2015) [Em linha]. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.iccrom.org/>>.

[15] *ICOMOS* [Em linha]. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.icomos.org/en/>>.

[16] *ICOMOS (2003). Principes pour la preservation et la conservation/restauration des peintures murales* [Em linha]. Adoptés par la 14<sup>ème</sup> Assemblée Générale de l'ICOMOS à Victoria Falls, Zimbabwe, Octobre 2003. [Consult. 23.04.2012]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.icomos.org/charters/wallpaintings\\_f.pdf](http://www.icomos.org/charters/wallpaintings_f.pdf)>.

[17] *ICOMOS Charter (2003). Principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage* [Em linha]. Ratified by the ICOMOS 14th General Assembly, in Vicoria

Falls, Zimbabwe, October 2003 [Consult. 23.04.2012]. Disponível em: WWW:<URL:[http://iscarsah.icomos.org/content/principles/ISCARSAH\\_Principles\\_English.pdf](http://iscarsah.icomos.org/content/principles/ISCARSAH_Principles_English.pdf)>.

[18] *Instituto Português do Mar e da Atmosfera* [Em linha]. [Consult. 09.07.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<https://www.ipma.pt/pt/index.html>>.

[19] *IPCE (2011) – Plan Nacional de Conservación Preventiva* [Em linha]. [Consult.: 20.06.2005]. Disponível em: WWW:URL:<http://ipce.mcu.es/conservacion/planesnacionales/preventiva.html>>.

[20] *MBL, Mold & Bacteria Consulting Laboratories - Alternaria: A well recognized allergy causing fungus* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.moldbacteria.com/mold/alternaria.html>>.

[21] *PRECOM<sup>3</sup>OS. What is Preventive Conservation?* [Em linha]. [Consult. 24.06.2014]. Disponível em: WWW:<URL:<http://precomos.org/>>.

[22] *Rota do Românico – Igreja de São Tiago de Valadares* [Em linha]. [Consult. 14.04.2013]. Disponível em: WWW:<URL:[\[23\] \*Sigillum Militum Christi \(2011\). Templo de Santa Cristina de Serzedelo\* \[Em linha\]. 28 de Março. \[Consult.: 21.06.2015\]. Disponível em: WWW:<URL:<http://sigillum-militum-christi2.blogspot.pt/2011/03/templo-de-santa-cristina-de-serzedelo.html>>.](http://www.rotadoromanico.com/vPT/Monumentos/Monumentos/Paginas/IgrejadeSaoTiagodeValadares.aspx?galeria=Fotografias&regiao=Bai%C3%A3o&monumento=Igreja%20de%20S%C3%A3o%20Tiago%20de%20Valadares%20%20&categoria=&TabNumber=0&valor=/vPT/Monumentos/Monumentos/Paginas/IgrejadeSaoTiagodeValadares.aspx&guid={46A523E5-0B12-422D-AD22-6F80209B894F}>.>.</p></div><div data-bbox=)

[24] *Smithsonian Museum Conservation Institute. Conservation Research* [Em linha]. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.si.edu/mci/english/research/conservation/index.html>>.

[25] *The Getty* [Em linha]. The J. Paul Getty Trust. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.getty.edu/>>.

[26] *The Getty Conservation Institute. Organic materials in wall paintings (2003–2010)* [Em linha]. [Consult.: 16.04.2013]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.getty.edu/conservation/our\\_projects/science/omwp/index.html](http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/omwp/index.html)>.

- [27] *The University of Adelaide. Mycology Online. Alternaria sp.* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal\_Descriptions/Hyphomycetes(dematia ceous)/Alternaria/>.
- [28] *Thermo Scientific* (2012). *Alternaria alternata* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.phadia.com/da/Products/Allergy-testing-products/ImmunoCAP-Allergen-Information/Molds-and-other-Microorganisms/Allergens/Alternaria-alternata-/>.
- [29] *UNESCO. Preventive and Planned Conservation Conference 2014* [Em linha]. Monza/Mantua, Italy. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://whc.unesco.org/en/events/1130>.
- [30] *UNI 10829:1999* [Em linha]. Beni di Interesse Storico Artistico. Condizioni Ambientali di Conservazione. Misurazione ed Analisi. In MANDRIOLI, Paolo; DE NUNTIIS, Paola; GUARALDI, Chiara – Norme e linee guida. ISAC, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Bologna, 2009. [Consult. 18.11.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://ibc.regione.emilia-romagna.it/appuntamenti/archivio-appuntamenti/2009/allegati-2009/allegati-seminario-conservazione-preventiva/2\_Chiaara\_Guaraldi\_\_Norme\_e\_linee\_guida.pdf>.
- [31] *Victoria and Albert Museum* [Em linha]. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.vam.ac.uk/>.
- [32] ALARCÃO, Catarina (2007) – *Prevenir para preservar o património museológico* [Em linha]. Revista do Museu Municipal de Faro, pp. 8–34. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.museumachadocastro.pt/Data/Documents/Prevenir%20para%20preservar%20o%20patrimonio%20museol%C3%B3gico.pdf>.
- [33] ALCÁNTARA, Rebeca (2002) – *Standards in preventive conservation: Meanings: and applications* [Em linha]. ICCROM. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.iccrom.org/ifrcdn/pdf/ICCROM\_04\_StandardsPreventiveConseS\_en.pdf>.
- [34] ALMEIDA, José António Ferreira de (1976) – *Santa Eulália de Arnoso* [Em linha]. Tesouros Artísticos de Portugal, Lisboa, p. 494. *Apud* MARTINS, A. – Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso. Direcção-Geral do Património Cultural. [Consult. 21.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.patrimoniocultural.pt/pt/patrimonio/patrimonio-imovel/pesquisa-do-patrimonio/classificado-ou-em-vias-de-classificacao/geral/view/69817/>.

[35] ALVES, Carlos A. Simões [et al.] (2002) – *Estudo da distribuição espacial de patologias em elementos graníticos do Mosteiro de São Martinho de Tibães, Braga* [Em linha]. Estudos/Património 3, Caderno Ciências e Técnicas Aplicadas ao Património, IPPAR, pp. 30–36. [Consult. 14.04.2013]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.igespar.pt/media/uploads/revistaestudospatrimonio/n3/Estudospatrimonio3.pdf#page=30>>.

[36] CORREIA, Vergílio (1924) – *Monumentos e esculturas (séculos III–XVI)*. Lisboa: Livraria Ferin. Apud FERNANDES, Paulo – *Igreja de São Tiago, paroquial de Valadares* [Em linha]. Direcção Geral do Património Cultural/DIDA/IGESPAR, I.P., 2007 [Consult. 23.04.2012]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.patrimoniocultural.pt/pt/patrimonio/patrimonio-imovel/pesquisa-do-patrimonio/classificado-ou-em-vias-de-classificacao/geral/view/71648>>.

[37] FERNANDES, Paulo (2007) – *Igreja de São Tiago, paroquial de Valadares* [Em linha]. Direcção Geral do Património Cultural/DIDA/IGESPAR, I.P. [Consult. 23.04.2012]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.patrimoniocultural.pt/pt/patrimonio/patrimonio-imovel/pesquisa-do-patrimonio/classificado-ou-em-vias-de-classificacao/geral/view/71648>>.

[38] FIGUEIREDO, Paula (2013) – *Igreja Paroquial de Valadares/Igreja de São Tiago*. [Em linha]. SIPA/DGPC. No âmbito da parceria IHRU/Diocese do Porto. [Consult.: 21.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.monumentos.pt/Site/APP\\_PagesUser/SIPA.aspx?id=4840](http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=4840)>.

[39] FREITAS, Vasco Peixoto de; GONÇALVES, Pedro Filipe – *Humidade na construção — Humidade ascensional*. [Em linha] Outubro de 2003, 56 pp. [Consult. 13.12.2015]. Disponível em: WWW:<URL:[http://paginas.fe.up.pt/~vpfreita/6\\_PC2005.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~vpfreita/6_PC2005.pdf)>.

[40] LACERDA, Manuel (2002) – *Na perspectiva do Tempo* [Em linha]. Estudos/Património N.º 3, Caderno Ciências e Técnicas Aplicadas ao Património, IPPAR, pp. 5–7. [Consult. 23.04.2012]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.igespar.pt/media/uploads/revistaestudospatrimonio/n3/Estudospatrimonio3.pdf>>.

[41] MACHADO, João (2014) – *05. Anexo II\_Fichas individuais descritivas dos elementos patrimoniais* [Em linha]. V.N. Famalicão: Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão. [Consult. 20.05.2015]. Disponível em: WWW:<URL:[http://81.90.51.74/revisaopdm/PLANO/2015/Pat/FichaPatEdif\\_I.pdf](http://81.90.51.74/revisaopdm/PLANO/2015/Pat/FichaPatEdif_I.pdf)>.

- [42] MENDES, Carlos Alberto Santos – *Forno de Tipologia Romana* [Em linha]. Terras Quentes. Associação de Defesa do Património Arqueológico do Concelho de Macedo de Cavaleiros [Consult.: 22.11.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.terrasquentes.com.pt/content.aspx?id=54>>.
- [43] MOREIRA, P.R.; PINTADO, M. (2014) – A importância da vida no pó: aerobiologia na conservação preventiva. *Actas das IX Jornadas de Arte e Ciência UCP/V Jornadas da ARP. Homenagem a Luís Elias Casanovas. A prática da conservação preventiva* [Em linha]. Universidade Católica Editora. CITAR – Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes. Porto, pp. 255–261. [Consult.: 06.02.2016]. Disponível em: WWW:<URL:[http://artes.ucp.pt/citar/sites/all/sites/default/files/private/files/Edicoes/ix\\_jornadas\\_arte\\_ciencia\\_v\\_jornadas\\_arp.pdf](http://artes.ucp.pt/citar/sites/all/sites/default/files/private/files/Edicoes/ix_jornadas_arte_ciencia_v_jornadas_arp.pdf)>.
- [44] PUTT, Neal; HÄYHÄ, Heikki (eds.) (2001) – *European Preventive Conservation Strategy Project* [Em linha]. Vaanta, Finland: EVTEK Institute of Art and Design. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.doernerinstitut.de/downloads/Vantaa\\_Document\\_2000.pdf](http://www.doernerinstitut.de/downloads/Vantaa_Document_2000.pdf)>.
- [45] PUTT, Neal; SLADE, Sarah (2004) – *Teamwork for preventive conservation* [Em linha]. ICCROM. [Consult.: 20.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.iccrom.org/ifrcdn/pdf/ICCROM\\_01\\_Teamwork\\_en.pdf](http://www.iccrom.org/ifrcdn/pdf/ICCROM_01_Teamwork_en.pdf)>.
- [46] SCHÜLKE, Steinhauer K.; MAYR GmbH (2004) – *Alternaria alternata* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.schuelke.com/download/pdf/cint\\_len\\_Alternaria\\_\\_alternata\\_engl\\_broch.pdf](http://www.schuelke.com/download/pdf/cint_len_Alternaria__alternata_engl_broch.pdf)>.
- [47] SERENO, Isabel (1994) – *Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso / Igreja de São Salvador* [Em linha]. Forte de Sacavém. SIPA/DGPC. [Consult.: 21.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.monumentos.pt/Site/APP\\_PagesUser/SIPA.aspx?id=309](http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=309)>.
- [48] SERENO, Isabel (1993); GONÇALVES, Joaquim (2005) – *Igreja Paroquial de Serzedelo/Igreja de Santa Cristina* [Em linha]. Forte de Sacavém. SIPA/DGPC. [Consult.: 21.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.monumentos.pt/Site/APP\\_PagesUser/SIPA.aspx?id=1921](http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=1921)>.
- [49] WILLIAMS, Robin (Prof.); WILLIAMS, Gigi – *Ultraviolet, Infrared & Fluorescence Photography* [Em linha]. [Consult.: 20.06.2005]. Disponível em:

WWW:<URL:[http://www.forensictv.net/Downloads/digital\\_imaging\\_and\\_photography/uv\\_ir\\_and\\_fluorescence\\_photography\\_by\\_profs\\_robin\\_and\\_gigi\\_williams.pdf](http://www.forensictv.net/Downloads/digital_imaging_and_photography/uv_ir_and_fluorescence_photography_by_profs_robin_and_gigi_williams.pdf)>.

[50] *CIE recommendations on uniform color spaces, color-difference equations, and metric color terms*. Supplement N° 2 to CIE Publication N° 15, Colorimetry (E-1.3.1) 1971. Bureau Central de la CIE, 1977, in press. *Apud* ROBERTSON, Alan R. – The CIE 1976 Color-Difference Formulae. *COLOR research and application*, vol. 2, N° 1, 1977, pp. 7–11.

[51] *D 2020 – 92 (Reapproved 2003). Standard test methods for mildew (fungus) resistance of paper and paperboard*. United States: ASTM International, 1992, pp. 1–4.

[52] *Farmacopeia portuguesa VIII*. Lisboa: INFARMED – Instituto Nacional da Farmácia e do Medicamento, 2005.

[53] *Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso*. Boletim N° 94. Porto: DGEMN, 1958.

[54] *Ministerio de Cultura – Bienes Culturales Muebles. Manual para el cuidado de objetos culturales*. Proyecto UNESCO – Plan nacional de conservación preventiva. Segunda etapa: Formación de promotores locales en conservación preventiva. Colombia: Net Educativa, 1998.

[55] ABRUSCI, C. [*et al.*] – Isolation and identification of bacteria and fungi from cinematographic films. *International Biodeterioration & Biodegradation* 56, 2005, pp. 58–68.

[56] AFONSO, Luís – *As pinturas murais da Igreja do Convento de S. Francisco de Leiria*. Lisboa: [s.n.], 1999. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, 2 vols.

[57] AFONSO, Luís Urbano – Em demanda da pintura medieval portuguesa (1100-1400), *In Primitivos Portugueses (1450–1550). O século de Nuno Gonçalves*. Lisboa: Museu Nacional de Arte Antiga, 2011.

[58] AGRAWAL, O.P. [*et al.*] – Study of biodeterioration of the Ajanta wall paintings. *International Biodeterioration* 24, 1988, pp. 121–129.

[59] AIRA, M.J. [*et al.*] – Aeromycological study in the Cathedral of Santiago de Compostela (Spain). *International Biodeterioration & Biodegradation* 60, 2007, pp. 231–237.

[60] AIRA, N. [*et al.*] – Gas chromatography applied to cultural heritage. Analysis of dark patinas on granite surfaces. *Journal of Chromatography A* 1147, 2007, pp. 79–84.

- [61] AIRES-BARROS, Luís – *As Rochas dos monumentos portugueses: Tipologias e patologias*. Lisboa: Instituto Português do Património Arquitectónico, 2001.
- [62] ALARCÃO, Catarina Gersão de – *Introdução ao estudo material e à conservação da escultura em pedra e madeira*. Coimbra: Instituto de Arqueologia/Faculdade de Letras, 2002.
- [63] ALMEIDA, Carlos Alberto Ferreira de – *História de Arte em Portugal: O Românico*. Lisboa: Editorial Presença, 2001.
- [64] ALMEIDA, Carlos A.F. de; BARROCA, Mário Jorge – *História de Arte em Portugal: O Gótico*. Lisboa: Editorial Presença, 2002.
- [65] ALTENBURGER, Petra [et al.] – Classification of bacteria isolated from a medieval wall painting. *Journal of Biotechnology* 47, 1996, pp. 39–52.
- [66] APPELBAUM, B. – Criteria for treatment: reversibility. *Journal of the American Institute for Conservation*, 26 (2), 1987, pp. 65–73.
- [67] ARIÑO, Xavier; SAIZ-JIMENEZ, Cesareo – Biological diversity and cultural heritage. *Aerobiologia* 12, 1996, pp. 279–282.
- [68] ARMENINI, Giovanni Battista – *Dei veri precetti della pittura*. Bologna: [s.n.], 1587.
- [69] AVRAMI, Erica; MASON, Randall; DE LA TORRE, Marta, eds. – *Values and Heritage Conservation*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2000.
- [70] BALDINUCCI, Filippo – *Vocabolario toscano dell'arte del disegno*. Firenze: Fra Caesar Pallauicinus Ord. Min. Cou. S. T. M. Vic. Gener. S.Off. Flor., 1681, p. 49.
- [71] BELL, Alois A.; WHEELER, Michael H. – Biosynthesis and functions of fungal melanins. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24, 1986, pp. 411–451.
- [72] BERNER, Michaela; WANNER, Gerhard; LUHITZ, Werner – A comparative study of the fungal flora present in medieval wall paintings in the Chapel of the Castle Herberstein and in the Parish Church of St Georgen in Styria, Austria. *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 40 (1), 1997, pp. 53–61.
- [73] BESSA, Paula Virgínia de Azevedo – *Pintura mural do fim da Idade Média e do início da Idade Moderna no Norte de Portugal*. [S.l.: s.n.], 2007. Dissertação de Doutoramento, Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho.

- [74] BESSA, Paula – *Pintura mural na rota do românico*. Lousada: Centro de Estudos do Românico e do Território, 2012.
- [75] BICKERS, D. [et al.] – A toxicologic and dermatologic assessment of linalool and related esters when used as fragrance ingredients. *Food and Chemical Toxicology* 41, 2003, pp. 919–942.
- [76] BISHOP, C.D.; THORNTON, I.B. – Evaluation of the antifungal activity of the essential oils of *Monarda citriodora* var. *citriodora* and *Melaleuca alternifolia* on post harvest pathogens. *Journal of Essential Oil Research* 9, 1996, pp. 77–82.
- [77] BLAZQUEZ, A.B. [et al.] – Evaluation of the effect of some biocides against organisms isolated from historic monuments. *Aerobiologia* 16, 2000, pp. 423–428.
- [78] BOMFIM, Natalia da Silva [et al.] – Antifungal activity and inhibition of fumonisin production by *Rosmarinus officinalis* L. essential oil in *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg. *Food Chemistry* 166, 2015, pp. 330–336.
- [79] BOMFORD, David [et al.] – *La pintura italiana hasta 1400: materiales, métodos y procedimientos del arte*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 1995.
- [80] BONAZZA, Alessandra; SABBIONI, Cristina; GHEDINI, Nadia – Quantitative data on carbon fractions in interpretation of black crusts and soiling on European built heritage. *Atmospheric Environment* 39, 2005, pp. 2607–2618.
- [81] BOTELHO, Maria Leonor; RESENDE, Nuno; ROSAS, Lúcia Maria Cardoso – *Rota do Românico. Monografia*. Vol. II. Lousada: Centro de Estudos do Românico e Território – Rota do Românico, 2014.
- [82] BOTTO, Maria Margarida F.C.D. – *Elementos para o estudo da pintura mural em Évora durante o período moderno: Evolução, técnicas e problemas de conservação*. Évora: [s.n.], 1998. Dissertação de Mestrado em Recuperação do Património Arquitectónico e Paisagístico da Universidade de Évora.
- [83] BOZIN, Biljana [et al.] – Antimicrobial and Antioxidant Properties of Rosemary and Sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., *Lamiaceae*) Essential Oils. *J. Agric. Food Chem.* 55, 2007, pp. 7879–7885.
- [84] BOZZO, Colette Dufour – *La pintura mural antigua*. In MALTESE, Corrado (coord.) – *Las técnicas artísticas*. 9ª edição. Madrid: Ediciones Cátedra, S.A, 1997.

- [85] BRANDI, Cesare – *Teoria do Restauro*. Amadora: Edições Orion, 2006.
- [86] BRIMBLECOMBE, Peter; GROSSI, Carlota M. – Aesthetic thresholds and blackening of stone buildings. *Science of the Total Environment* 349, 2005, pp. 175–189.
- [87] BRITO, Jorge Nunes; COELHO, Luiz – *Fotogrametria Digital*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2002.
- [88] BUFFET-BATAILLON, Sylvie [et al.] – Emergence of resistance to antibacterial agents: the role of quaternary ammonium compounds – a critical review. *International Journal of Antimicrobial Agents* 39, 2012, pp. 381–389.
- [89] BURFORD, E.P.; FOMINA, M.; GADD, G.M. – Fungal involvement in bioweathering and biotransformation of rocks and minerals. *Mineralogical Magazine*, vol. 67 (6), December 2003, pp. 1127–1155.
- [90] BURT, S. – Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *Int J Food Microbiol* 94, 2004, pp. 223–253.
- [91] CACCIONI, Duccio R.L. – Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. *International Journal of Food Microbiology* 43, 1998, pp. 73–79.
- [92] CAETANO, Joaquim – A pintura a fresco e as suas características técnicas. O caso dos exemplares dos séculos XV e XVI no Norte de Portugal e sua conservação. *Revista de Guimarães*, vol. 111, 2001, pp. 199–217.
- [93] CAETANO, Joaquim Inácio – *Motivos decorativos de estampilha na pintura a fresco dos séculos XV e XVI no norte de portugal. Relações entre pintura mural e de cavalete*. Lisboa: [s.n.], 2010. Tese de Doutoramento, Departamento de História, Instituto de História da Arte, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
- [94] CAETANO, Joaquim Inácio – *Motivos decorativos de estampilha na pintura a fresco dos séculos XV e XVI no norte de portugal. Relações entre pintura mural e de cavalete – Parte II: Corpus de padrões e comparação com outras formas*. Lisboa: [s.n.], 2010. Tese de Doutoramento, Departamento de História, Instituto de História da Arte, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.

- [95] CAETANO, Joaquim Inácio – *Motivos decorativos de estampilha na pintura a fresco dos séculos XV e XVI no norte de Portugal. Relações entre pintura mural e de cavalete – Anexo: A exaltação do aparelho construtivo. O tratamento das juntas, os rebocos de imitação e a sua representação na pintura mural e de cavalete coevas. Casos referenciados*. Lisboa: [s.n.], 2010. Tese de Doutoramento, Departamento de História, Instituto de História da Arte, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
- [96] CAETANO, Joaquim Inácio – *O Marão e as oficinas de pintura mural dos séculos XV e XVI*. Coleção Estudos de Património Cultural, 1. Lisboa: Aparição, 2001.
- [97] CALICCHIA, Paola; CANELLI, Giovanni Bosco – Detecting and mapping detachments in mural paintings by non-invasive acoustic techniques: measurements in antique sites in Rome and Florence. *Journal of Cultural Heritage* 6, 2005, pp. 115–124.
- [98] CALVO, Ana – *Conservación y restauración de pintura sobre lienzo*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2002.
- [99] CAMACHO, Clara (coord.) – *Temas de Museologia: Plano de conservação preventiva. Bases orientadoras, normas e procedimentos*. Lisboa: Instituto dos Museus e da Conservação, 2007.
- [100] CAMACHO, Clara Frayão – A rede portuguesa de museus e os museus com colecções de arqueologia – parâmetros de sustentabilidade. *Revista da Faculdade de Letras Ciências e Técnicas do Património*, I Série, Volume VII-VIII. Porto 2008-2009, pp. 107–114.
- [101] CAMUFFO, Dario – Microclimate for cultural heritage. Conservation, restoration, and maintenance of indoor and outdoor monuments, Second edition. *Elsevier Science*, Amsterdam, 2014.
- [102] CAMUFFO, Dario – Physical weathering of stones. *The Science of the Total Environment* 167, 1995, pp. 1-14.
- [103] CANEVA, G.; NUGARI, M.P.; SALVADORI, O. – *La biología en la restauración*. Andalucía: Editorial Nerea, S.A., 2000.
- [104] CAPPITELLI, Francesca [et al.] – Cyanobacteria cause black staining of the National Museum of the American Indian building, Washington, DC, USA. *Biofouling*, vol. 28 (3), 2012, pp. 257–266.
- [105] CAPPITELLI, F. [et al.] – Detection and elimination of cyanobacteria from frescoes – The case of the St. Brizio Chapel (Orvieto Cathedral, Italy). *Microbial Ecology* 57, 2009, pp. 633–639.

- [106] CAPPITELLI, Francesca [et al.] – Synthetic consolidants attacked by melanin-producing fungi: Case study of the biodeterioration of Milan (Italy) Cathedral marble treated with acrylics. *Applied and Environmental Microbiology*, 2007, pp. 271–277.
- [107] CAPODICASA, Serena [et al.] – The microbial community dwelling on a biodeteriorated 16th century painting. *International Biodeterioration & Biodegradation* 64, 2010, pp. 727–733.
- [108] CARBALLAL, R. [et al.] – Lichen colonization of coastal churches in Galicia: biodeterioration implications. *International Biodeterioration & Biodegradation* 47, 2001, pp. 157–163.
- [109] CARDOSO, Frederico Santos – *Estudo da deterioração da pedra na igreja de Paço de Sousa – Proposta de tratamento*. Porto: [s.n.], 2008. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Especialização em Materiais e Processos de Construção, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [110] CARDUCHO, Vicencio – *Dialogos de la pintura: su defensa, origen, esecia, definicion, modos y diferencias*. Madrid: Francisco Martinez, 1633.
- [111] CENNINI, Cennino – *Trattato della Pittura*. Roma: Paolo Salviucci e Figlio, 1821, Cap. LVIII p. 47 e Cap. LXVII p.60.
- [112] CHICÓ, Mário Tavares; GUSMÃO, Artur Nobre de; FRANÇA, José-Augusto (coord.) – *Dicionário da Pintura Universal*. Lisboa: Editorial Estúdios Cor, 1962-1973, 3 Vols.
- [113] CHUNG, Y.J. [et al.] – Antifungal and insecticidal activity of bioactive substance of Ohyang (five medicinal plants). *Journal of the Korean Conservation Science for Cultural Properties* 10, 2001, pp. 21–30.
- [114] CHURCH, Arthur Herbert – *The chemistry of paints and painting*. Londres: Seeley & Co. Lt., 1890.
- [115] CIFERRI, Orio – Microbial degradation of paintings. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 65 (3), Mar. 1999, pp. 879–885.
- [116] COCKELL, Charles S; KNOWLAND, John – Ultraviolet radiation screening compounds. *Biol. Rev.* 74, 1999.
- [117] COLINART, Sylvie; MENU, Michel – *La matiere picturale: Fresque et peinture murale*. Italia: Edipuglia Srl, 2001.

- [118] COSTA, Dória; RODRIGUES, Delgado – Conservação de materiais graníticos. Um contributo do LNEC para a preservação do património. *Actas do Simpósio Património em Construção: Contexto para a sua preservação*. Lisboa: LNEC, 2011.
- [119] CRAVO, António – A cal. *Cadernos Terras Quentes* 03, 2006, pp. 95–100.
- [120] CRISPIM, C.A.; GAYLARDE, C.C. – Cyanobacteria and biodeterioration of Cultural Heritage: A Review. *Microbial Ecology*, vol.49 (1), 2004, pp.1–9.
- [121] CRISPIM, César Augusto; GAYLARDE, Christine C.; GAYLARDE, Peter M. – Biofilms on church walls in Porto Alegre, RS, Brazil, with special attention to Cyanobacteria. *International Biodeterioration & Biodegradation* 54, 2004, pp. 121–124.
- [122] CUVELIER, Marie-Elisabeth; RICHARD, Hubert; BERSET, Claudette – Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of Sage and Rosemary. *JAACS*, vol. 73 (5), 1996, pp. 645–652.
- [123] DAKAL, Tikam Chand; CAMEOTRA, Swaranjit Singh – Microbially induced deterioration of architectural heritages: routes and mechanisms involved. *Environmental Sciences Europe* 24, 2012.
- [124] DANIELS, Vincent; BOYD, Brian – The yellowing of thymol in the display of prints. *Studies in conservation*, 31 (4), 1986, pp. 156–158.
- [125] DEANS, S. G.; SVOBODA, K. P. – Antibacterial activity of summer savory (*Satureja hortensis* L) essential oil and its constituents. *J. Hort. Sci.* 64, 1989, pp. 205–210.
- [126] DELIĆ, Dafina N. [et al.] – Antifungal activity of essential oils of *Origanum vulgare* and *Rosmarinus officinalis* against three *Candida albicans* strains. *Jour. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad*, nº 124, 2013, pp. 203–211.
- [127] DE LOS RÍOS, Asunción; GALVAN, Virginia; ASCASO, Carmen – In situ microscopical diagnosis of biodeterioration processes at the convent of Santa Cruz la Real, Segovia, Spain. *International Biodeterioration & Biodegradation* 54, 2004, pp. 113–120.
- [128] DERRICK, Michele R.; STULIK, Dusan; LANDRY, James M. – Infrared Spectroscopy in Conservation Science. Scientific tools for conservation. Los Angeles: J. Paul Getty Trust, 1999.

- [129] DHAWAN, S. – Essential oil for prevention of mould growth on palm leaf manuscripts. *Proceeding of the Third International Conference on Biodeterioration of Cultural Property*. Bangkok: The Conservation Science Division. The Fine Arts Department, 1995, pp. 272–282.
- [130] DI BONAVENTURA, Maria Pia [et al.] – Microbial Formation of Oxalate Films on Monument Surfaces: Bioprotection or Biodeterioration? *Geomicrobiology Journal*, 16, 1999, pp. 55–64.
- [131] DIAKUMAKU, E. [et al.] – Black fungi in marble and limestones - an aesthetical, chemical and physical problem for the conservation of monuments. *The Science of the Total Environment*, 167, 1995, pp. 295–304.
- [132] DICHEVA, V. [et al.] – Filamentous fungi from Rila Monastery: Isolation and growth characterization. *Biotechnol. & Biotechnol. Eq.* 23, Special Edition, 2009, pp.188–191.
- [133] DOMSCH, K.H.; GAMS, W.; ANDERSON, T.H. – *Compendium of soil fungi*. London: Academic Press, 1980, 865 p.
- [134] DONG, Caihong; YAO, Yijian – Isolation, characterization of melanin derived from *Ophiocordyceps sinensis*, an entomogenous fungus endemic to the Tibetan Plateau. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, vol. 113 (4), 2012, pp. 474–479.
- [135] DONLAN, Rodney M. – Biofilms: Microbial Life on Surfaces. *Emerging Infectious Diseases*, vol. 8 (9), September 2002.
- [136] DONLAN, Rodney M.; COSTERTON, J. William – Biofilms: Survival Mechanisms of Clinically Relevant Microorganisms. *Clin. Microbiol. Rev.*, vol. 15 (2), Apr. 2002, pp. 167–193.
- [137] DURÁN-BENITO, A. [et al.] – Color study of mudejar paintings of the pond found in the Palace of “Reales Alcazares” in Seville. *COLOR research and application*, vol. 32 (6), 2007, pp. 489–495.
- [138] EASTLAKE, Sir Charles Lock – *Methods and Materials of Painting of the Great Schools and Masters*. Nova Iorque: Dover Publications, Inc., 2001.
- [139] ECKHARDT, Friedrich E.W. – Solubilization, transport, and deposition of mineral cations by microorganisms - efficient rock weathering agents. In DREVER, J.I. (ed.) – *The Chemistry of Weathering*. D. Reidel Publishing Company, 1985, pp. 161–173.

- [140] ECKHARDT, F.E.W. – Microorganisms and weathering of a sandstone monument. *In* KRUMBEIN, W.E. (ed.) – *Environmental Biogeochemistry and Geomicrobiology*. Ann Arbor Science, Mich. USA, 1978, pp 675–686.
- [141] FÁBREGAS, J. [et al.] – Optimization of culture medium for the continuous cultivation of the microalgae *Haematococcus pluvialis*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 53, 2000, pp. 530-535.
- [142] FARDIS, Michael N. [et al.] (trad. livre) – *Designers' Guide to EN 1998-1 and 1998-5. Eurocode 8: Design Provisions for Earthquake Resistant Structures. Annex F: Particular considerations for historical buildings and monuments*. London: Thomas Telford Ltd, 2005.
- [143] FERNANDES, Ana – Análise de pigmentos por técnicas de espectroscopia e difracção de Raios X. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologias, Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 2011.
- [144] FERNANDES, Teresa Cabrita – *A pintura mural em Portugal nos finais da Idade Média e princípios do Renascimento*. Lisboa: [s.n.], 1984. Dissertação de Mestrado em História da Arte, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa. 2 vols.
- [145] FERNANDES, P. – Applied microbiology and biotechnology in the conservation of stone cultural heritage materials. *Applied Microbiology and Biotechnology* 73, 2006, pp. 291–296.
- [146] FERREIRA, Tiago Miguel; VICENTE, Romeu; SILVA, J.A. Raimundo Mendes da – Estratégias e processos de inspeção para avaliação e diagnóstico do património edificado. *Conservar Património* 18, 2013, pp. 21–33.
- [147] FLEMMING, Hans-Curt [et al.] – Physico-chemical properties of biofilms. *In* EVANS, L.V. (ed.) – *Biofilms: Recent advances in their study and control*. Amsterdam: Hardwood Academic Publishers, 2005.
- [148] FONJAUDRAN, Charlotte Martin de [et al.] – Stratigraphic analysis of organic materials in wall painting samples using micro-FTIR attenuated total reflectance and a novel sample preparation technique. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 392, 2008, pp. 77–86.
- [149] FORTI, Giorgio – *Antiche ricette di pittura murale – affresco, stereocromia, calce, tempera, olio, encausto*. Verona: [s.n.], 1987.
- [150] GADD, G.M. – Effects of media composition and light on colony differentiation and melanin synthesis in *Microdochium bolleyi*. *Trans. Br. mycol. Soc.* 78 (1), 1982, pp. 115–122.

- [151] GARG, K.L.; JAIN, Kamal K.; MISHRA, AK. – Role of fungi in the deterioration of wall paintings. *The Science of the Total Environment* 167, 1995, pp. 255–271.
- [152] GARIBYAN, Lilit; AVASHIA, Nidhi – Polymerase Chain Reaction. *Journal of Investigative Dermatology*, 2013.
- [153] GATENBY, Sue; TOWNLEY, Pat – Preliminary research into the use of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil) in museum conservation. *AICCM Bulletin*, 2003, pp. 67–70.
- [154] GAYLARDE, Christine C.; MORTON, L.H. Glyn – Deteriogenic Biofilms on Buildings and their Control: a review. *Biofouling*, vol. 14 (1), 1999, pp. 59–74.
- [155] GAYLARDE, Christine C.; ORTEGA-MORALES, B. Otto; BARTOLO-PÉREZ, Pascual – Biogenic Black Crusts on Buildings in Unpolluted Environments. *Current Microbiology*, vol. 54, 2007, pp. 162–166.
- [156] GILLES, Martin [et al.] – Chemical composition and antimicrobial properties of essential oils of three Australian Eucalyptus species. *Food Chemistry*, Vol. 119, Issue 2, 2010, pp. 731–737.
- [157] GÓMEZ-ALARCÓN, G. [et al.] – Microbial communities and alteration processes in monuments at Alcalá de Henares, Spain. *The Science of the Total Environment* 167, 1995, pp. 231–239.
- [158] GONÇALVES, Catarina Valença – *A pintura mural em Portugal: Os casos da Igreja de Santiago de Belmonte e da Capela do Espírito Santo de Maçainhas*. Lisboa: [s.n.], 2001. Tese de Mestrado em Arte, Património e Restauro, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. 2 vols.
- [159] GONÇALVES, Catarina Valença; CAETANO, Joaquim Inácio – Um Olhar sobre a Pintura Mural na Região de Guimarães no Século XVI. *X Encontro de História Local*. Museu de Alberto Sampaio, Guimarães, Março de 2002.
- [160] GONZÁLEZ, José María Pérez (dir.) – *Arte românica em Portugal*. Palencia (Aguilar de Campoo): Fundación Santa María la Real, 2010.
- [161] GORBUSHINA, Anna A. – Life on the rocks. *Environmental Microbiology* 9 (7), 2007, pp. 1613–1631.

- [162] GORBUSHINA, Anna A.; KRUMBEIN, Wolfgang E. – Subaerial Microbial Mats and Their Effects on Soil and Rock. In: RIDING, R.E; AWRAMIK, S.M. (eds.) – *Microbial Sediments*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000.
- [163] GORBUSHINA, A.A.; PETERSEN, K. – Distribution of microorganisms on ancient wall paintings as related to associated faunal elements. *International Biodeterioration & Biodegradation* 46, 2000, pp. 277–284.
- [164] GORBUSHINA, A.A. [et al.] – Role of black fungi in colour change and biodeterioration of antique marbles. *Geomicrobiol J* 11, 1993, pp. 205–221.
- [165] GRIFFIN, P.S.; INDICTOR, N.; KOESTLER, R.J. – The biodeterioration of stone: a review of deterioration mechanisms, conservation case histories and treatment. *Int. J. Biodet. Biodeg.* 28, 1991, pp. 187–207.
- [166] GUGLIELMINETTI, M. [et al.] – Mycological and ultrastructural studies to evaluate biodeterioration of mural paintings. Detection of fungi and mites in frescoes of the monastery of St. Damian in Assisi. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 1994, pp. 269–283.
- [167] GUICHEN, G  el de – La Conservation Pr  ventive: un changement profond de mentalit  . *Cahiers d’  tude, Comit   de Conservation (ICOM-CC)*, 1. Section d’Histoire de l’Art et d’Arch  ologie de L’Universit   Libre de Bruxelles (Belgique), 1995.
- [168] GUILLITTE, O. – Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies. *The Science of the Total Environment* 167, 1995, pp. 215–220.
- [169] GUILLITTE, O.; DREESEN, R. – Laboratory chamber studies and petrographical analysis as bioreceptivity assessment tools of building materials. *The Science of the Total Environment* 167, 1995, pp. 365–374.
- [170] G  LL  CE, M. [et al.] – In Vitro Antibacterial, Antifungal, and Antioxidant Activities of the Essential Oil and Methanol Extracts of Herbal Parts and Callus Cultures of *Satureja hortensis* L. *J. Agric. Food Chem.* 51, 2003, pp. 3958–3965.
- [171] GUYNOT, M.E. [et al.] – Antifungal activity of volatile compounds generated by essential oils against fungi commonly causing deterioration of bakery products. *Journal of Applied Microbiology* 94, 2003, pp. 893–899.

- [172] HAYASHI, K. [et al.] – Antiviral activity of an extract of *Cordia salicifolia* on herpes simplex virus type 1. *Planta Med.* 56, 1990, pp. 439–443.
- [173] HELAL, G.A. – Antimicrobial Activity of Some Essential Oils Against Microorganisms Deteriorating Fruit Juices. *Mycobiology* 34 (4), 2006, pp. 219–229.
- [174] HENRIQUES, Jorge Gabriel – *A Charola de Tomar. Estratégias de conservação da pintura mural*. Lisboa: [s.n.], 2000. Tese de Mestrado em História de Arte, Património e Restauro da Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa.
- [175] HERRERA, Liz Karen; VIDELA, Hector A. – The importance of atmospheric effects on biodeterioration of cultural heritage constructional materials. *International Biodeterioration & Biodegradation* 54, 2004, pp. 125–134.
- [176] IONITA, I. – Contributions to the study of the biodeterioration of the works of art and historical monuments. IV. Fungi involved in the deterioration of mural painting from the monasteries of Moldavia. *Rev. Roum. Biol. Ser. Bot.* 18, 1973, pp. 179–189.
- [177] ISBELL, L.H. – The effects of thymol on paper, pigments and media. *Abbey Newsletters* 21, 1997, pp. 39–43.
- [178] JAKOWIENKO, Paulina; WÓJCIK-STOPCZYŃSKA, Barbara; JADCZAK, Dorota – Antifungal activity of essential oils from two varieties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Vegetable Crops Research Bulletin* 74, 2011, pp. 97–106.
- [179] JOSEPH, Edith [et al.] – Performance evaluation of mapping and linear imaging FTIR microspectroscopy for the characterisation of paint cross sections. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 396, 2010, pp. 899–910.
- [180] KARACA, Zeki – Water absorption and dehydration of natural stones versus time. *Construction and Building Materials* 24, 2010, pp. 786–790.
- [181] KARBOWSKA-BERENT, J. – *Microbiodeterioration of mural paintings: a review*. Art, biology, and conservation: biodeterioration of works of art. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2003, pp. 266–301.
- [182] KARPOUHTSIS, I. [et al.] – Insecticidal and genotoxic activities of oregano essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46, 1998, pp. 1111–1115.

- [183] KORDALI, S.; KOTAN, R.; ÇAKIR, A. – Screening of in vitro antifungal activities of 21 oxygenated monoterpenes as plant disease control agents. *Allelopathy J.* 19, 2007, pp. 373-392.
- [184] KUROCZKIN, J. [et al.] – Some physiological characteristics of fungi isolated from sandstones. In *Proceedings VIth International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*. Nicholas Copernicus University, Torun, Poland, 1988, pp. 21–25.
- [185] KUSTRAK, D. [et al.] – Composition of the essential oil composition of two subspecies of *Satureja montana*. *J. Essent. Oil Res.* 8, 1996, pp. 7–13.
- [186] LAZZARINI, Lorenzo; PIEPER, Richard (eds.) – *The deterioration and conservation of stone. Notes from the International Venetian courses on stone restoration*. Paris: Unesco, 1988.
- [187] LEDESMA, Andrés Sanchez; GARCÍA, Maria Dolores Gayo – *Sistemas para la limpieza de pintura antigua. Disolventes, geles de disolventes, jabones de resina y pastas de cera*. Madrid: Centro de Estudios de Restauración de Obras de Arte, 1996.
- [188] LIU, Yu-Tien [et al.] – Protection from ultraviolet irradiation by Melanin of mosquitocidal activity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. *Journal of Invertebrate Pathology* 62, 1993, pp. 131–136.
- [189] LOBO, José Manuel Vilela – *Diagnóstico da deterioração do granito no farol de São Miguel-o-Anjo (Foz do Douro – Porto) e medidas de conservação*. Porto: [s.n.], 2008. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- [190] LÓPEZ-ARCE, P. [et al.] – Deterioration of dolostone by magnesium sulphate salt: An example of incompatible building materials at Bonaval Monastery, Spain. *Construction and Building Materials* 23, 2009, pp. 846–855.
- [191] LÓPEZ-ARCE, P. [et al.] – Preservation strategies for avoidance of salt crystallisation in El Paular Monastery cloister, Madrid, Spain. *Environ Earth Sci* 63, 2011, pp. 1487–1509.
- [192] MACHILL, S. [et al.] – Identification of organic compounds extracted from black weathered surfaces of Saxonean sandstones, correlation with atmospheric input and rock inhabiting microflora. *Org. Geochem.*, vol. 27 (1/2), 1997, pp. 79–97.
- [193] MADIGAN, Michael T. [et al.] – *Brock Biology of Microorganisms*, 14th Edition. San Francisco: Benjamin Cummings, 2014.

- [194] MADSEN, H. L. [et al.] – Antioxidative activity of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L) in minced, cooked pork meat. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 203, 1996, pp. 333–338.
- [195] MAJORS, R. E. – Nomenclature for sampling in analytical chemistry. *LC-CC: Magazine of Liquid and Gas Chromatography* 10 (7), 1992, pp. 500–506.
- [196] MARTIN, James S. – *Microscopic Examination and Analysis of the Structure and Composition of Paint and Varnish Layers. In Painted Wood: History and Conservation.* Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1998.
- [197] MASSCHELEIN-KLEINER, L. – *Les Solvants.* Bruxelas: Institut Royale du Patrimoine Artistique, 1981.
- [198] MATTEINI, Mauro, DANTI, Cristina, MOLES, Arcangelo – *L'Affresco e Altre Tecniche di pittura murale.* Itália: Opificio delle Pietre Dure, 1990.
- [199] MATUSINSKY, Pavel [et al.] – Antifungal effect of five essential oils against important pathogenic fungi of cereals. *Industrial Crops and Products* Vol. 67, May 2015, pp. 208–215.
- [200] MICHALSKI, Stefan – Conservação e preservação do acervo. In BOYLAN, Patrick J. (ed./coord.) – *Como gerir um museu: Manual prático.* Paris: ICOM, 2004.
- [201]. MILLER, Ana Zélia; MACEDO, Maria Filomena – Mapping and characterization of a green biofilm inside of Vilar de Frades Church (Portugal). In *Heritage, weathering & conservation. Book of abstracts.* Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Ministerio de Educación y Ciencia, 2006.
- [202] MILLER, Ana; DIONÍSIO, Amélia; MACEDO, Maria Filomena – Primary bioreceptivity: A comparative study of different Portuguese lithotypes. *International Biodeterioration & Biodegradation* 57, 2006, pp. 136–142.
- [203] MILLER, Ana Zélia [et. al.] – Growth of phototrophic biofilms from limestone monuments under laboratory conditions. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2009, pp. 1–8.
- [204] MILLER, Ana Zélia [et al.] – Reproducing stone monument photosynthetic-based colonization under laboratory conditions. *Science of the total environment* 405, 2008, pp. 278–285.

- [205] MILLER, Ana Zélia [et al.] – The influence of inherent properties of building limestones on their bioreceptivity to phototrophic microorganisms. *Annals of Microbiology*, 59 (4), 2009, pp. 705–713.
- [206] MILOS, M. [et al.] – Localities and seasonal variation in the chemical composition of essential oils of *Satureja montana* L. and *S. cuneifolia* Ten. *FlaVour Fragr. J.* 16, 2001, pp. 157–160.
- [207] MOHAREB, Ahmed S. O.; BADAWEY, Mohamed E. I.; ABDELGALEIL, Samir A. M. – Antifungal activity of essential oils isolated from Egyptian plants against wood decay fungi. *J Wood Sci* 59, 2013, pp. 499–505.
- [208] MONTEIRO, Patrícia Alexandra Rodrigues – *A pintura mural na região do mármore (1640-1750): Estremoz, Borba, Vila Viçosa e Alandroal*. Lisboa: [s.n.], 2007. Dissertação de Mestrado em Arte, Património e Restauro do Departamento de História da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
- [209] MORA, Paolo; MORA, Laura; PHILIPPOT, Paul (trad. Doutor Joaquim Caetano) – *La Conservation des Peintures Murales*. Bologne: Editrice Compositori, 1977.
- [210] MORALES, Ascensión Ferrer – *La pintura mural: su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*, 2ª edición. Sevilla: Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones, 1998.
- [211] MOUGA, T.; PROENÇA, N. – Metodologias de controlo da flora infestante de monumentos – o caso da porta Especiosa da Sé Velha de Coimbra. IPPAR – Instituto Português do Património Arquitectónico, *Estudos/Património* Nº 3, 2002.
- [212] MOZA, Maria Iasmina [et al.] – Isolation and characterization of moulds degrading mural paintings. *Annals of RSCB*, vol. XVII (1), 2012, pp. 136–142.
- [213] MULLER-RIEBAU, F.J. [et al.] – Seasonal variations in the chemical compositions of essential oils of selected aromatic plants growing wild in Turkey. *J. Agric. Food Chem.* 45, 1997, pp. 4821–4825.
- [214] MUÑOZ-VIÑAS, Salvador – *Contemporary theory of conservation*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.
- [215] NIELSEN, Kristian Fog – Mycotoxin production by indoor molds. *Fungal Genetics and Biology* 39, 2003, pp. 103–117.

- [216] NUGARI, Maria Pia; REALINI, Marco; ROCCARDI, Ada – Contamination of mural paintings by indoor airborne fungal spores. *Aerobiologia* 9, 1993, pp. 131–139.
- [217] NUNES, Filipe – *Arte da Pintura, Symmetria y Perspectiva*. Lisboa: João Baptista Alvares, 1767, pp.73–74.
- [218] OHNO, Yoshi – CIE fundamentals for color measurements. *In Proceedings of the IS&T NIP16 International Conference on Digital Printing Technologies*, Vancouver, CA, October 15-20, 2000, pp. 540–545.
- [219] OLIVEIRA, B. Pereira de [et al.] – An integrated approach to assess the origins of black films on a granite monument. *Environmental Earth Sciences* 63, 2011, pp. 1677–1690.
- [220] ORTEGA-CALVO, J.J.; HERNANDEZ-MARINE, M.; SAIZ-JIMENEZ, C. – Biodeterioration of building materials by cyanobacteria and algae. *International Biodeterioration*, Volume 28 (1–4), 1991, pp. 165–185.
- [221] ORTEGA-CALVO, J.J. [et al.] – Factors affecting the weathering and colonization of monuments by phototrophic microorganisms. *The Science of the Total Environment* 167, 1995, pp. 329–341.
- [222] ORTEGA-MORALES, Otto [et al.] – Phototrophic Biofilms on Ancient Mayan Buildings in Yucatan, Mexico. *Current Microbiology*, vol. 40, 2000, pp. 81–85.
- [223] OXENHAM, S.K.; SVOBODA, K.P.; WALTERS, D. R. – Antifungal activity of the essential oil of basil (*Ocimum basilicum*). *J. Phytopathology* 153, 2005, pp. 174–180.
- [224] OZERNOY, Vladimir M.; SMITH, Dennis R.; SICHERMAN, Alan (trad. livre) – Evaluating Computerized Geographic Information Systems Using Decision Analysis. *Interfaces*, vol. 11 (5), Oct. 1981, pp. 92–100.
- [225] PALOMINO (de Castro y Velasco), Antonio – *El museo pictórico, y escala óptica*. Tomo Segundo. Madrid: Imprenta de Sancha, 1797.
- [226] PASTEUR, Louis – Visite de L’Empereur au laboratoire de chimie de l’École Normale Supérieure et à la Sorbonne. *Moniteur Universel*, 28 Janvier 1868.
- [227] PAULI, A. – Antimicrobial properties of essential oil constituents. *Int J Aromatherapy* 11, 2001, pp. 126–133.

- [228] PEDROSO, Rui Nunes – Pintura mural luso-romana. *O Arqueólogo Português*, série IV, 23, 2005, pp. 321–366.
- [229] PELLECEUER, J. [et al.] – Therapeutic value of the cultivated mountain savory (*Satureia montana* L.: Labiatae). *Acta Hortic.* 96, 1980, pp. 35–39.
- [230] PÉREZ, José Luis Prada [et al.] – Estudio de materiales y técnicas artísticas de policromía sobre piedra, mediante microscopía óptica y electrónica. Ejemplos del románico catalán. In *Tratamientos y metodologías de conservación de pinturas murales. Actas del Seminario sobre restauración de pinturas murales*, Aguilar de Campo, Palencia, Julio 2005.
- [231] PERUMAL, P.; WHEELER, M. – Traditional practices for the control of insects in India. *V&A Conservation Journal* 23, 1997, pp. 8–9.
- [232] PETERSEN, Karin – Distribution and effects of fungi on and in sandstones. In HOUGHTON, D.R. [et al.] (eds.) – *Biodeterioration* 7. Elsevier Science Publishers Ltd, 1988, pp. 123–128.
- [233] PINHO LEAL – Portugal Antigo e Moderno, vb. Mosteiro de Arnoso, Vol. V, p. 562. *Apud Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso*. Porto: DGEMN, Boletim N° 94, 1958.
- [234] PINTO, Eugénia [et al.] – In vitro susceptibility of some species of yeasts and filamentous fungi to essential oils of *Salvia officinalis*. *Industrial Crops and Products*, Vol. 26, Issue 2, August 2007, pp. 135–141.
- [235] PIQUÉ, Francesca; VERRI, Giovanni (eds.) – *Organic materials in wall paintings*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2015.
- [236] PITCHER, D.G; SAUNDERS, NA; OWEN, R.J. – Rapid extraction of bacterial genomic DNA with guanidium thiocyanate. *Letters in Applied Microbiology*, Oxford, vol. 8 (4), April 1989, pp. 151–156.
- [237] PITT, J.I.; HOCKING, A.D. – *Fungi and Food Spoilage*. New York: Springer, 2009.
- [238] PLESTERS, Joyce – Cross-sections and chemical analysis of paint samples. *Studies in Conservation*, vol. 2 (3), 1956, pp. 110–157.
- [239] POLO, A. [et al.] – Feasibility of removing surface deposits on stone using biological and chemical remediation methods. *Microb Ecol* 60, 2010, pp. 1–14.

- [240] PRESENTI, Franco Renzo – El fresco. In MALTESE, Corrado (coord.) – *Las técnicas artísticas*. 9ª edição. Madrid: Ediciones Cátedra, S.A, 1997.
- [241] PRICE, Clifford A. – Predicting environmental conditions to minimise salt damage at the Tower of London: a comparison of two approaches. *Environ Geol* 52, 2007, pp. 369–374.
- [242] PRIETO, B.; SILVA, B. – Estimation of the potential bioreceptivity of granitic rocks from their intrinsic properties. *International Biodeterioration & Biodegradation* 56, 2005, pp. 206–215.
- [243] PRIETO, B. [et al.] – Toward a definition of a bioreceptivity index for granitic rocks: Perception of the change in appearance of the rock. *International Biodeterioration & Biodegradation* 58, 2006, pp. 150–154.
- [244] PROIETTI, N. [et al.] – Fresco paintings studied by unilateral NMR. *Journal of Magnetic Resonance* 177, 2005, pp. 111–117.
- [245] RAKOTONIRAINY, M.S.; LAVÉDRINE, B. – Screening for antifungal activity of essential oils and related compounds to control the biocontamination in libraries and archives storage areas. *Int Biodeterior Biodegrad* 55, 2005, pp. 141–147.
- [246] RAKOTONIRAINY, M.; RAISON, M.A. – Activité antifongique de quelques huiles essentielles et produits apparentés. In *Les documents graphiques et photographiques: analyse et conservation*. Paris: Travaux du Centre de Recherche sur la Conservation des Documents Graphiques 1994–1998. La documentation Française, 1999, pp. 173–192.
- [247] RAKOTONIRAINY, Malalanirina Sylvia [et al.] – The effect of linalool vapour on silver-gelatine photographs and bookbinding leathers. *Restaurator*, 2007, pp. 95–111.
- [248] RAMMLER, David H.; ZAFFARONI, A. – Biological implications of DMSO based on a review of its chemical properties. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 141 (1), 1967, pp. 13–23.
- [249] REBRIKOVA, N.L. – Micromycetes taking part in deterioration of old Russian wall paintings. In GARG, K.L.; GARG, N.; MUKERJI, K.G. – *Recent advances in biodeterioration and biodegradation*, vol. 1. Biodeterioration of cultural heritage, 1993, pp. 205-232.
- [250] REDENTOR, Armando – A produção tradicional de cal no extremo setentrional dos concelhos de Vinhais e Bragança: contributo para o seu estudo. *Revista de Cultura Brigantia* Vol. XXIII, Nº 3/4, Jul/Dez 2003.

- [251] REE J. – *Auto-Icons, In Conservation Principles, Dilemmas and Uncomfortable Truths*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2009.
- [252] RIE, René de la – Fluorescence of Paint and Varnish Layers (Part I). *Studies in Conservation* 27 (1), 1982.
- [253] RIPKA, Katrin – *Identification of microorganisms on stone and mural paintings using molecular methods*. Viena: Magistra rerum naturalium, Fakultät für Lebenswissenschaften der Universität Wien, 2005.
- [254] ROBY, Mohamed Hussein Hamdy [et al.] – Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Industrial Crops and Products*, Vol. 44, January 2013, pp. 437–445.
- [255] RODRIGUES, Dalila – A pintura mural portuguesa na região Norte - Exemplos dos séculos XV e XVI. In *Catálogo da exposição “A coleção de pintura do Museu Alberto Sampaio - séculos XVI-XVIII”*. Lisboa: Instituto Português dos Museus, 1996.
- [256] RODRIGUES, J. Delgado; VALERO, Jesus – A brief note on the elimination of dark stains of biological origin. *Studies in Conservation*, vol. 48 (1), 2003, pp. 17-22.
- [257] RÖLLEKE, S. [et al.] – Identification of bacteria in a biodegraded wall painting by denaturing gradient gel electrophoresis of PCR-amplified gene fragments coding for 16S rRNA. *Applied and Environmental Microbiology* vol. 62 (6), June 1996, pp. 2059–2065.
- [258] ROSADO, Tânia Isabel Soares – *New methodologies for the characterisation and biodegradation assessment of mural paintings*. Évora: [s.n.], 2014. Tese de Doutoramento da Universidade de Évora.
- [259] ROSAS, Lúcia Maria Cardoso – *Monumentos pátrios. A arquitectura religiosa medieval – património e restauro (1835-1928)*. Porto: [s.n.], 1995. Tese de doutoramento, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- [260] ROSI, F. [et al.] – Non-invasive identification of organic materials in wall paintings by fiber optic reflectance infrared spectroscopy: a statistical multivariate approach. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 395, 2009, pp. 2097–2106.
- [261] RUS, C.F. [et al.] – Antifungal activity and chemical composition of *Salvia officinalis* L. essential oil. *Research Journal of Agricultural Science*, 47 (2), 2015, pp. 186–193.

- [262] SAIZ-JIMENEZ, C. – Biodeterioration vs Biodegradation: the Role of Microorganisms in the Removal of Pollutants Deposited on Historic Buildings. *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 40 (24), 1997, pp. 225–232.
- [263] SAIZ-JIMENEZ, C. – Deposition of airborne organic pollutants on historic buildings. *Atmospheric Environment*, vol. 27B (1), 1993, pp. 77–85.
- [264] SAIZ-JIMENEZ, C. – Deposition of anthropogenic compounds on monuments and their effect on airborne microorganisms: review article. *Aerobiologia* 11, 1995, pp. 161–175.
- [265] SAIZ-JIMENEZ, C; SAMSON, R.A. – Biodegradación de obras de arte. Hongos implicados en la degradación de los frescos del Monasterio de la Rabida (Huelva). *Botanica Macaronésica* 8-9, 1981.
- [266] SAIZ-JIMENEZ, C.; SAMSON, R.A. – Microorganisms and environmental pollution as deteriorating agents of the frescos of the Monastery of “Santa Maria de la Rabida”, Huelva, Spain. *In ICOM, 6th Triennial Meeting of the International Council of Museums*, Ottawa, 1981.
- [267] SALVADORI, Ornella; CHAROLA, A. Elena – Methods to prevent biocolonization and recolonization: An overview of current research for architectural and archaeological heritage. *In CHAROLA, A. Elena; MCNAMARA, Christopher; KOESTLER, Robert J. – Biocolonization of stone: Control and preventive methods. Proceedings from the MCI Workshop Series*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Scholarly Press, Smithsonian contributions to museum conservation, N° 2, 2011.
- [268] SAMPŮ, Simonetta; MOSCA, Anna Maria Luppi – A study of the fungi occurring on 15th century frescoes in Florence, Italy. *International Biodeterioration* 25, 1989, pp. 343–353.
- [269] SANDU, Irina Crina Anca [*et al.*] – Authentication of the Ancient Easel-paintings through Materials Identification from the Polychrome Layers III. Cross-section Analysis and Staining Test. *Revista de Chimie (Bucuresti)* 59 (8), 2008, pp. 855–866.
- [270] SANTOS, Helena F.P.P.M.D. dos – *O pintor Francisco João (Act. 1563-1595) Materiais e técnicas na pintura de cavalete em Évora na segunda metade do século XVI*. Porto: [s.n.], 2012. Tese de Doutoramento, Conservação e Restauro de Pintura, Escola das Artes, Universidade Católica Portuguesa (Porto).

- [271] SAVULESCU, A.; IONITA, I. – Contributions to the study of the biodeterioration of the works of art and historical monuments. I. Species of fungi isolated from frescoes. *Rev. Roum. Biol. Ser. Bot.* 16, 1971, pp. 201–208.
- [272] SCHELLEN, H.L. – *Heating monumental churches: indoor climate and preservation of cultural heritage*. Eindhoven: [s.n.], 2002, Ter verkrijging van de graad van doctor aan de Technische Universiteit Eindhoven.
- [273] SCHULER, P. – Natural antioxidants exploited commercially. In HUDSON, B.J.F. (ed.) – *Food Antioxidants*. London: Elsevier Science Publishers Ltd, 1990; pp 99–170.
- [274] SELVAKUMAR, P [et al.] – Isolation and characterization of melanin pigment from *Pleurotus cystidiosus* (telomorph of *Antromyces macrocarpa*). *World J Microbiol Biotechnol*, 24, 2008, pp. 2125–2131.
- [275] SEQUEIRA, S.; CABRITA, E.J.; MACEDO, M.F. – Antifungals on paper conservation: An overview. *International Biodeterioration & Biodegradation* 74, 2012, pp. 67–86.
- [276] SILVA, Fernanda C. da [et al.] – Evaluation of antifungal activity of essential oils against potentially mycotoxigenic *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. *Rev. bras. farmacogn.* vol. 22 (5), Sept./Oct. 2012, pp. 1002–1010.
- [277] SILVERMAN, Melvin P.; MUNOZ, Elaine F. – Fungal attack on rock: solubilization and altered infrared spectra. *Science* 169, 1970, pp. 985–987.
- [278] SINHA, Rajeshwar P.; HÄDER, Donat-P. – UV-protectants in cyanobacteria. *Plant Science* 174, 2008, pp. 278–289.
- [279] SKÖLD, M. [et al.] – Contact allergens formed on air exposure of linalool. Identification and quantification of primary and secondary oxidation products and the effect on skin sensitisation. *Chemical Research on Toxicology* 17, 2004, pp. 1697–1705.
- [280] SKROBONJA, Jelica R. [et al.] – Antifungal properties of *Foeniculum vulgare*, *Carum carvi* and *Eucalyptus* sp. essential oils against *Candida albicans* strains. *Jour. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad* n° 124, 2013, pp. 195–202.
- [281] SMITH, Michael J.; GOODCHILD, Michael F.; LONGLEY, Paul A. – *Geospatial analysis. A comprehensive guide to principles, techniques and software tools*. Fifth Edition. Winchelsea: The Winchelsea Press, 2015.

- [282] SOKMEN, Atalay [*et al.*] – The in vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts of endemic *Thymus spathulifolius*. *Food Control* 15, 2004, pp. 627–634.
- [283] SOUSA, Catarina Vilaça de – A pintura mural na região de Guimarães no século XVI. *Revista de Guimarães*, vol. 111, 2001, pp. 219–273.
- [284] SOUSA, L.M.O. – *Estudo da fracturação e das características físico-mecânicas de granitos da região de Trás-os-Montes com vista à sua utilização como rocha ornamental*. [S.l.]: [s.n.], 2000. Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- [285] SOUSA, L.M.O. – Evaluation of joints in granitic outcrops for dimension stone exploitation. *Q J Eng Geol Environ* 42, 2010, pp. 85–94.
- [286] SOUSA, L.M.O. – Granite fracture index to check suitability of granite outcrops for quarrying. *Eng Geol* 92 (3–4), 2007, pp. 146–159.
- [287] SOUSA, Luís M.O. – Petrophysical properties and durability of granites employed as building stone: a comprehensive evaluation. *Bull Eng Geol Environ* 73, 2014, pp. 569–588.
- [288] SOUSA, L.M.O. – The influence of the characteristics of quartz and mineral deterioration on the strength of granitic dimensional stones. *Environ Earth Sci* 69 (4), 2013, pp. 1333–1346.
- [289] SOUSA, Luís M.O.; GONÇALVES, Bruno M.M. – Color assessment of granitic rocks and implications for their ornamental utilization. *COLOR research and application*, Vol. 37, Number 5, October 2012, pp. 375–383.
- [290] SOUSA, Luís M.O.; GONÇALVES, Bruno M.M. – Differences in the quality of polishing between sound and weathered granites. *Environ Earth Sci* 69, 2013, pp. 1347–1359.
- [291] SOUSA, Luís M.O. [*et al.*] – Influence of microfractures and porosity on the physico-mechanics properties and weathering of ornamental granites. *Eng Geol* 77, 2005, pp. 153–168.
- [292] STAKEBRANDT, E.; GOEBEL, B.M. – Taxonomic Note: A place for DNA-DNA reassociation and 16s rRNA sequence analysis in the present species definition in bacteriology. *International Journal of Systematic Bacteriology* Vol. 44, Nº 4, Oct. 1994, pp. 846–849.
- [293] STERFLINGER, K. – Fungi as geological agents. *Geomicrobiol. J.* 17, 2000, pp. 97–124.
- [294] STUART, Barbara – *Analytical techniques in materials conservation*. England: John Wiley & Sons Ltd, 2007.

- [295] STUPAR, Milos [et al.] – A Sub-aerial Biofilms Investigation and New Approach in Biocide Application in Cultural Heritage Conservation: Holy Virgin Church (Gradac Monastery, Serbia). *Indoor Built Environ* 2012; pp. 1–10.
- [296] STUPAR, M. [et al.] – Antifungal activity of selected essential oils and biocide benzalkonium chloride against the fungi isolated from cultural heritage objects. *South African Journal of Botany* 93, 2014, pp. 118–124.
- [297] SURYANARAYANAN, Trichur S. [et al.] – Characterization of the melanin pigment of a cosmopolitan fungal endophyte. *Mycol. Res.* 108 (8), 2004, pp. 974–978.
- [298] ŠVARCOVÁ, Silvie [et al.] – Evaluation of laboratory powder X-ray micro-diffraction for applications in the fields of cultural heritage and forensic science. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 398, 2010, pp. 1061–1076.
- [299] TAFT JR., W. Stanley; MAYER, James W. – *The science of paintings*. New York: Springer-Verlag, 2000.
- [300] TAVZES, Črtomir [et al.] – Biomimetic system for removal of fungal melanin staining on paper. *International Biodeterioration & Biodegradation* 84, 2013, pp. 307–313.
- [301] TAVZES, Črtomir [et al.] – Enzymatic degradation of mould stains on paper analysed by colorimetry and DRIFT-IR spectroscopy. *International Biodeterioration & Biodegradation* 63, 2009, pp. 873–879.
- [302] THOMPSON, D.P. – Fungitoxic activity of essential oil components on food storage fungi. *Mycologia* 81, 1989, pp. 151–153.
- [303] THOMPSON, Garry – *The Museum Environment (Conservation in the arts, archaeology and architecture)*. London: Butterworth-Heinemann, Ltd, 1978.
- [304] TIANO, P. – Biodegradation of cultural heritage: decay, mechanisms and control methods. In *Proceedings of the 9<sup>th</sup> ARLADNE workshop on historic material and their diagnostic*, ARCCCHIP, Prague, 2002.
- [305] TOMÁS, Frei Leão de S. – Benedictina Lusitana. Parte Quarta, Tratado II, Cap. XIX, Coimbra, 1644. *Apud Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso*. Porto:, DGEMN, Boletim N° 94, 1958.

- [306] TONOLO, Antonio; GIACOBINI, Clelia – Microbiological Changes on Frescoes. *Studies in Conservation*, vol. 6 (4). Abstracts of the Rome Conference Contributions 1961, pp. 119–120.
- [307] URZÌ, Clara, REALINI, Marco – Colour changes of Notos calcareous sandstone as related to its colonisation by microorganisms. *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 42 (1), 1 July 1998, pp. 45–54.
- [308] URZÌ, C. [et al.] – Recent advances in the molecular biology and ecophysiology of meristematic stone-inhabiting fungi. In CIFERRI, O.; TIANO, P.; MASTROMEI, G. (ed.) – *Proceedings of the International Congress of Microbes and Art*. Plenum Publishing Co. Ltd., New York, 2000, pp. 3–19.
- [309] VALENÇA, Catarina Gonçalves; CAETANO, Joaquim I. – *Um olhar sobre a pintura mural na região de Guimarães no século XVI*. Guimarães: Museu de Alberto Sampaio – X Encontro de História Local, Março de 2002, pp. 5–7.
- [310] VALNET, J. [et al.] – The aromagram: new results and an attempt at interpretation of 268 clinical cases. *Plant Med. Phytother.* 12 (1), 1978, pp. 43–52.
- [311] VANDEVIVERE, Ignace; CARVALHO, José Alberto Seabra – *O Mestre Delirante de Guimarães. A colecção de pintura do Museu Alberto Sampaio – sécs. XVI-XVIII*. Lisboa: Instituto Português dos Museus, 1996, pp. 17–32. *Apud* CAETANO, Joaquim Inácio – A pintura mural do séc. XVI em Guimarães. In VIEIRA, João (dir.) – Guimarães. Lisboa: IHRU/IP Fundação Cidade de Guimarães, *Monumentos* n° 33, Abril 2013.
- [312] VARAS-MURIEL, M.J. [et al.] – Fluctuations in the indoor environment in Spanish rural churches and their effects on heritage conservation: hygro-thermal and CO<sub>2</sub> conditions monitoring. *Building and Environment* Vol. 82, December 2014.
- [313] VASARI, Giorgio da – *Vite de' piu' eccellenti pittori, scultori e architetti*. Volume primo. Milano: Della Società Tipografica de' Classici Italiani, 1807.
- [314] VELMURUGAN, Palanivel [et al.] – Natural pigment extraction from five filamentous fungi for industrial applications and dyeing of leather. *Carbohydrate Polymers* 79, 2010.
- [315] VILLERS, Caroline – Post minimal intervention. *The Conservator*, 28 (1), 2004.

- [316] VIUDA-MARTOS, M. [et al.] – Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and Orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. *Food Control* 19 (2008) 1130–1138.
- [317] WAKEFIELD, Rachael D.; JONES, Melanie S. – An introduction to stone colonizing microorganisms and biodeterioration of building stone. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 31, 1998, pp. 301–313.
- [318] WALKER, Jay B.; SYTSMA, Kenneth J. – Staminal evolution in the genus *Salvia* (Lamiaceae): Molecular phylogenetic evidence for multiple origins of the staminal lever. *Annals of Botany* 100, 2007, pp. 375–391.
- [319] WARSCHEID, T. – Untersuchungen zur Biodeterioration von Sandsteinen unter besonderer Berücksichtigung der chemoorganotrophen Bakterien (Studies on the biodeterioration of sandstones with regards to chemoorganotrophic bacteria.). *Technical dissertation*. Stuttgart: IRB Verlag; 1990.
- [320] WARSCHEID, Th.; BRAAMS, J. – Biodeterioration of stone: a review. In: *International Biodeterioration & Biodegradation* 46, 2000, pp. 343–368.
- [321] WILLIAMS; Edward J.; HERSKOVITS, Theodore T.; LASKOWSKI, JR., Michael – Location of Chromophoric Residues in Proteins by Solvent Perturbation. III. Tryptophyls in lysozyme and in  $\alpha$ -chymotrypsinogen and its derivatives. *The Journal of Biological Chemistry*, vol. 240 (9), September 1965, pp. 3574–3579.
- [322] YOUNG, Maureen E.; URQUHART, D.C.M.; LAING, R.A. – Maintenance and repair issues for stone cleaned sandstone and granite building façades. *Building and Environment* 38, 2003, pp. 1125–1131.
- [323] YOUNG, M.E. [et al.] – Development of a biocidal treatment regime to inhibit biological growths on cultural heritage: BIODAM. *Environ Geol* 56, 2008, pp. 631–641.
- [324] ZANNI, Enrique – *Patologia de la construccion y restauro de obras de arquitectura*. Córdoba: Editorial Brujas, 2008.
- [325] ZHANG, Ji-Wen, LI, Sheng-Kun; WU, Wen-Jun – The Main Chemical Composition and *in vitro* Antifungal Activity of the Essential Oils of *Ocimum basilicum* Linn. var. *pilosum* (Willd.) Bent. *Molecules* 14, 2009, pp. 273–278.



**Escola das Artes da Universidade Católica Portuguesa**

Mestrado em Conservação e Restauro de Bens Culturais



**Caracterização da Colonização Microbiana da Pintura Mural de Três Igrejas (N Portugal):**

**Estudo Preliminar do Crescimento Microbiano, Avaliação da Actividade de Biocidas e Proposta de Intervenção Futura**

**Especialização Pintura**

*Alexandra de Almeida Marco Pereira*

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Doutora Eduarda Vieira

Co-orientadores: Doutora Patrícia Moreira e Doutor Joaquim Caetano

**VOLUME II**

PORTO

2016

Texto escrito de acordo com a antiga ortografia

**Escola das Artes da Universidade Católica Portuguesa**

Mestrado em Conservação e Restauro de Bens Culturais



**Caracterização da Colonização Microbiana da Pintura Mural de Três Igrejas (N Portugal):**

**Estudo Preliminar do Crescimento Microbiano, Avaliação da Actividade de Biocidas e Proposta de Intervenção Futura**

**Especialização Pintura**

*Alexandra de Almeida Marco Pereira*

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Doutora Eduarda Vieira

Co-orientadores: Doutora Patrícia Moreira e Doutor Joaquim Caetano

PORTO

2016



## ÍNDICE

### VOLUME II

Índice de tabelas.....	4
Índice de figuras.....	7
Índice de materiais .....	20
Apêndice de tabelas.....	21
Apêndice de figuras.....	45
Apêndice de materiais .....	105
Apêndice A.....	125
Apêndice B.....	133
Referências bibliográficas.....	137

## Índice de tabelas

<b>Tabela 1.</b> Identificação contida no ponto assinalado na Carta Geológica correspondente a Sta. Eulália de Arnoso (fonte: LNEG). .....	23
<b>Tabela 2.</b> Identificação contida no ponto assinalado na Carta Geológica correspondente a Sta. Cristina de Serzedelo (fonte: LNEG). .....	23
<b>Tabela 3.</b> Identificação contida no ponto assinalado na Carta Geológica correspondente a S. Tiago de Valadares (fonte: LNEG). .....	24
<b>Tabela 4.</b> Actividade microbiana envolvida na degradação de materiais de construção .....	24
<b>Tabela 5.</b> Microorganismos e factores ambientais na biodeterioração de monumentos e obras de arte. ....	25
<b>Tabela 6.</b> Exemplos de danos causados por microorganismos em pinturas murais. ....	26
<b>Tabela 7.</b> Locais e quantidade de amostragens por esfregaço e por recolha sólida em cada Igreja. ....	27
<b>Tabela 8.</b> Número de isolados nos diferentes meios por método de amostragem, por localização e por igreja. ....	28
<b>Tabela 9.</b> <i>Primers</i> (oligonucleotídeos) utilizados neste estudo. ....	29
<b>Tabela 10.</b> Ensaios de soluções de actividade enzimática (quatro controlos e um ensaio completo) utilizados para testar a capacidade de descoloração na suspensão de pigmento. ....	29
<b>Tabela 11.</b> Ensaios em pré-maquetes de granito e pintura mural. ....	29
<b>Tabela 12.</b> Número de isolados fúngicos identificados com biologia molecular por caso de estudo. ....	29
<b>Tabela 13.</b> Isolamento e identificação de fungos filamentosos por local, espaço e estrato. ....	30
<b>Tabela 14.</b> Fungos isolados dos casos de estudo e referidos em pinturas murais. ....	31
<b>Tabela 15.</b> Identificação por biologia molecular dos isolados fúngicos. ....	31
<b>Tabela 16.</b> Identificação por biologia molecular dos isolados fúngicos e local de recolha. ....	31
<b>Tabela 17.</b> Desempenho dos biocidas para cada estirpe de fungos filamentosos utilizada nos ensaios. ....	32
<b>Tabela 18.</b> Concentração mínima inibitória (CMI) de Preventol R80, Cloreto de Benzalcónio e óleo essencial de manjerição ( <i>O. Basilicum</i> ) nos isolados fúngicos seleccionados. ....	32
<b>Tabela 19.</b> Diferença de cor total ( $\Delta E$ ) nos papéis de filtro calculada através da fórmula do CIELAB 1976. ....	32
<b>Tabela 20.</b> Obras realizadas na Igreja de Santa Eulália. ....	33

<b>Tabela 21.</b> Obras realizadas na Igreja de Santa Cristina. ....	33
<b>Tabela 22.</b> Obras realizadas na Igreja de S. Tiago. ....	36
<b>Tabela 23.</b> Intervalos aceitáveis de Temperatura e Humidade relativa para algumas obras de arte segundo a Norma Italiana UNI 10829 .....	36
<b>Tabela 24.</b> Monitorização por higrómetro da Temperatura e Humidade Relativa para o interior da Igreja de Santa Eulália nos dias 15 e 16 de Abril de 2014.....	37
<b>Tabela 25.</b> Monitorização da Temperatura e Humidade Relativa para o interior da Igreja de S. Tiago a 21 de Maio de 2015.....	37
<b>Tabela 26.</b> Os factores de risco, danos e mitigação no interior da Igreja de Santa Eulália: pinturas murais (fachada Este).....	39
<b>Tabela 27.</b> Os factores de risco, danos e mitigação na Igreja de Santa Eulália: granito.....	39
<b>Tabela 28.</b> Os factores de risco, danos e mitigação no interior da Igreja de Santa Eulália: património integrado – escultura em madeira policromada, escultura em pedra policromada, sacrário em talha dourada e madeira policromada, púlpito em madeira policromada.....	39
<b>Tabela 29.</b> Níveis de risco para todos os agentes de deterioração do património móvel e imóvel da Igreja de Santa Eulália. ....	39
<b>Tabela 30.</b> Os factores de risco, danos e mitigação no interior da Igreja de Santa Cristina: pinturas murais <i>in situ</i> e pinturas murais em contraplacado. ....	41
<b>Tabela 31.</b> Os factores de risco, danos e mitigação na Igreja de Santa Cristina: granito.....	41
<b>Tabela 32.</b> Os factores de risco, danos e mitigação no interior da Igreja de Santa Cristina: património integrado – esculturas e peanhas em madeira policromada, sacrário em madeira e talha dourada, tecto policromado e com folha de ouro, elementos metálicos. ....	41
<b>Tabela 33.</b> Níveis de risco para todos os agentes de deterioração do património móvel e imóvel da Igreja de Santa Cristina. ....	41
<b>Tabela 34.</b> Os factores de risco, danos e mitigação no interior da Igreja de S. Tiago: pinturas murais.....	43
<b>Tabela 35.</b> Os factores de risco, danos e mitigação na Igreja de S. Tiago: granito.....	43
<b>Tabela 36.</b> Os factores de risco, danos e mitigação no interior da Igreja de S. Tiago: património integrado – altar-mor em talha dourada e madeira policromada, pinturas sobre tábua, esculturas em madeira policromada, sacrário em madeira e talha dourada, tecto da nave em madeira policromada; tecto da capela-mor em caixotões de madeira policromada, sanefas em madeira policromada a fingir têxtil, elementos metálicos. ....	43

**Tabela 37.** Níveis de risco para todos os agentes de deterioração do património móvel e imóvel da Igreja de S. Tiago .....43

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Esquema de uma pintura mural (fonte: EwaGlos).....	47
<b>Figura 2.</b> Local de recolha de pigmentos para caracterização da camada cromática e reboco da primeira e segunda campanha na Igreja de Sta. Eulália, painel do Evangelho. ©2016, A Autora...	47
<b>Figura 3.</b> Local de recolha de pigmentos para caracterização da camada cromática e reboco das várias campanhas na Igreja de Sta. Cristina (nave lado do evangelho e sacristia). ©2016, A Autora .....	48
<b>Figura 4.</b> Local de recolha de pigmentos para caracterização da camada cromática e reboco na Igreja de S. Tiago nas três paredes de pintura. ©2016, A Autora .....	48
<b>Figura 5.</b> (A) Mapa litológico Portugal Continental (fonte: Ferreira, 2000, p.49). (B) Mapa geológico de Portugal Continental (fonte: Pimentel, 1994).....	49
<b>Figura 6.</b> (A) Mapa geográfico de Portugal Continental com a localização de Sta. Eulália de Arnos, V.N. de Famalicão (fonte: <a href="http://www.viamiclelin.pt">www.viamiclelin.pt</a> ). (B) Carta Geológica de Portugal na escala 1:200 000 (vetor) com a localização de Sta. Eulália de Arnos, V.N. de Famalicão (fonte: ©LNEG).....	49
<b>Figura 7.</b> (A) Mapa geográfico de Portugal Continental com a localização de Serzedelo, Guimarães (fonte: <a href="http://www.viamiclelin.pt">www.viamiclelin.pt</a> ). (B) Carta Geológica de Portugal na escala 1:200 000 (vetor) com a localização de Serzedelo, Guimarães (fonte: ©LNEG).....	50
<b>Figura 8.</b> (A) Mapa geográfico de Portugal Continental com a localização de Valadares, Baião (fonte: <a href="http://www.viamiclelin.pt">www.viamiclelin.pt</a> ). (B) Carta Geológica de Portugal na escala 1:200 000 (vetor) com a localização de Valadares, Baião (fonte: ©LNEG).....	50
<b>Figura 9.</b> “Santa Bárbara”. Fresco séc. XV. Igreja de S. Tiago (Baião). Local de recolha da amostra T <sub>1</sub> com espectro do FTIR e estratigrafia por MO a 200x. ©2015, A Autora.....	51
<b>Figura 10.</b> Motivo estampilhado. Fresco séc. XVI. Igreja de Sta. Cristina (Guimarães). Local de recolha da amostra C <sub>2</sub> com espectro do FTIR e estratigrafia por MO a 100x. ©2015, A Autora ....	51
<b>Figura 11.</b> Pormenor do painel Pentecostes, Igreja de Santa Eulália. Fresco séc. XVI. Desenho preparatório vermelho a pincel. ©2015, Frederico Henriques.....	52
<b>Figura 12.</b> Microfotografias de cortes estratigráficos de pintura mural, por secção transversal por MO sob luz reflectida, com ampliação a 10x da Igreja de Sta. Eulália: (A) Amostra 1. Pigmento preto. (B) Amostra 2. Pigmento vermelho. (C) Amostra 3. Pigmento amarelo. (D) Amostra 4.	

Pigmento laranja. (E) Amostra 5. Pigmento preto. (F) Amostra 6. Pigmento branco. (G) Amostra 7. Supostamente recolhida de área branca. © 2014, A Autora ..... 53

**Figura 13.** Microfotografias de cortes estratigráficos de pintura mural, por secção transversal por MO sob luz reflectida, com ampliação a 100x da Igreja de Sta. Cristina: (A) Amostra 2. Pigmento vermelho. (B) Amostra 3. Pigmento preto. (C) Amostra 4. Pigmento rosa. (D) Amostra 6. Pigmento amarelo. (E) Amostra 7. Pigmento vermelho. (F) Amostra 8. Pigmento vermelho. (G) Amostra 9. Pigmento branco. (H) Amostra 10. Pigmento rosa. © 2014, A Autora ..... 53

**Figura 14.** Microfotografias de cortes estratigráficos de pintura mural, por secção transversal por MO sob luz reflectida, da Igreja de S. Tiago: (A) Amostra 1. Supostamente recolhido de área preta com ampliação a 200x. (B) Amostra 2. Pigmento laranja (100x). (C) Amostra 3. Pigmento castanho (100x). (D) Amostra 4. Pigmento laranja (100x). (E) Amostra 5. Pigmento laranja (200x). (F) Amostra 6. Pigmento laranja (100x). (G) Amostra 7. Pigmento branco (100x). (H) Amostra 8. Pigmento azul claro (100x). (I) Amostra 9. Pigmento amarelo (100x) (J) Amostra 10. Pigmento rosa (?) (100x). © 2014, A Autora ..... 54

**Figura 15.** Localização dos plutões graníticos. .... 54

**Figura 16.** Planta topográfica da Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso (V.N. Famalicão). ©1958, SIPA/DGPC ..... 55

**Figura 17.** Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso (Vila Nova de Famalicão). (A) Representação gráfica 3D da implantação geográfica da Igreja com o rio Guisande a Sul. Cartografia de base extraída do Boletim da DGEMN N° 94, p. 25. Imagem produzida no âmbito do projecto colaborativo “Heritage Documentation” – HD, ©2015 Frederico Henriques. (B) Fotografia da Igreja com o rio a Sul. ©2015, Frederico Henriques ..... 55

**Figura 18.** Inscrição no tímpano do portal lateral Sul. ©2015, Frederico Henriques..... 56

**Figura 19.** Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso (V.N. Famalicão). (A) Planta. ©1958 SIPA/DGPC. (B) Fotografia exterior da construção e muro em granito. ©2015, Frederico Henriques ..... 56

**Figura 20.** Portal axial, fachada Oeste, com representações zoomórficas, elementos geométricos e laçarias. ©2015, Frederico Henriques..... 56

**Figura 21.** Frescos do séc. XVI com cenas da Anunciação nos tímpanos e, no plano inferior, o Pentecostes (lado do Evangelho) e a Coroação da Virgem (lado da Epístola). ©2013, Frederico Henriques ..... 57

- Figura 22.** (A) Fresco Anunciação – Anjo, no arco triunfal, lado do Evangelho. (B) Fresco Anunciação – Nossa Senhora, no arco triunfal (lado da Epístola). (C) Fresco Pentecostes no registo inferior do arco triunfal (lado do Evangelho). (D) Fresco Coroação da Virgem no registo inferior do arco triunfal (lado da Epístola). ©2015, Frederico Henriques.....57
- Figura 23.** Pormenores da existência de uma primeira campanha de pintura mural visível sob as lacunas da campanha do séc. XVI, existente actualmente na Igreja de Santa Eulália, no arco triunfal (lado do Evangelho). (A) Registo superior, aos pés do Anjo da Anunciação. (B) Registo inferior por entre o rosto de uma das figuras da cena do Pentecostes. (C) Outro pormenor na cena do Pentecostes. ©2015, Frederico Henriques .....58
- Figura 24.** Pormenor do motivo da barra de enrolamento. (A) Igreja de Santa Eulália, primeira campanha, canto superior direito (lado do Evangelho). (B) Igreja de S. Tiago, parede lateral esquerda, lado direito da cena do Inferno. ©2015, Frederico Henriques.....58
- Figura 25.** Planta topográfica da Igreja de Santa Cristina de Serzedelo (Guimarães). © SIPA/DGPC .....58
- Figura 26.** Igreja de Santa Cristina de Serzedelo (Guimarães). (A) Planta térrea. (B) Fotografia exterior da fachada lateral Sul. ©1959, SIPA/DGPC .....59
- Figura 27.** (A) Pintura mural a fresco sobre fresta na parede fundeira da capela-mor da Igreja de Santa Cristina. ©1949 SIPA/DGPC. (B) e (C) Frescos destacados pela DGEMN em 1957 e que se encontram actualmente expostos nas paredes laterais da nave da igreja em paredes opostas. (B) Anunciação. (C) Santa Luzia. ©2013, Frederico Henriques .....59
- Figura 28.** Plantas de S. Tiago: (A) Planta térrea. (B) Planta aérea (vista dos telhados). © Rota do Românico .....59
- Figura 29.** Datação gravada num dos blocos de pedra no interior da Sacristia da Igreja de S. Tiago: (A) Inscrição invertida – forma como a pedra se encontra no local actualmente. (B) Após inversão e rotação a 90° da imagem por computador. ©2012, A Autora.....60
- Figura 30.** Inscrição remanescente do que supostamente seria a data de execução dos frescos e seu encomendante. ©2015, Frederico Henriques.....60
- Figura 31.** Pinturas murais na parede central da Igreja de S. Tiago: (A) Santa Catarina. (B) Descida da Cruz e S. Tiago. (C) Santa Bárbara. (A) e (C) ©2012 A Autora e (B) ©2015, Frederico Henriques .....60
- Figura 32.** Pormenor da Descida da Cruz no painel central da Igreja de São Tiago. ©2012, A Autora.....61

- Figura 33.** Pinturas murais no friso superior da parede central da Igreja de S. Tiago: (A) e (B) dois anjos a meio corpo a olhar para a cena central, da Nossa Senhora e o Menino, à sua esquerda. (C) Cena central de Nossa Senhora e o Menino representados a meio corpo. (D) Dois anjos à direita da cena central e voltados para a Nossa Senhora e o Menino. HD, ©2015 Frederico Henriques..... 61
- Figura 34.** Pintura mural com conjunto de criaturas fantásticas da cena do Inferno, na parede lateral esquerda da Igreja de São Tiago. ©2015, Frederico Henriques; © SIPA/DGPC; © SIPA/DGPC ..... 61
- Figura 35.** Pintura mural de São Paulo (?) na parede lateral direita da Igreja de S. Tiago. ©2015, Frederico Henriques ..... 62
- Figura 36.** (A) Esquema de luz visível – luz directa. (B) Esquema de luz visível – luz difusa. (C) Pormenor painel do Inferno. Fresco séc. XV da Igreja de S. Tiago. Fotografia luz visível – luz directa. ©2015, Frederico Henriques ..... 62
- Figura 37.** Esquema de luz transmitida..... 62
- Figura 38.** “Nossa Senhora e o menino”. Fresco do séc. XV. Igreja de S. Tiago. (A) Fotografia por luz visível. (B) Fotografia por luz rasante. ©2015, Frederico Henriques..... 63
- Figura 39.** Esquema de fotografia de UV utilizando duas lâmpadas UV a 45° e câmara a 90° ..... 63
- Figura 40.** “Cenas da vida de Maria”. Fresco séc. XVI. Igreja Sta. Eulália (V.N. Famalicão). (A) Fotografia sob luz visível. (B) Fluorescência de ultravioleta. (C) Fluorescência de ultravioleta com recurso à ferramenta *Black & White* do *software* Adobe Photoshop® CS5. ©2015, Frederico Henriques ..... 64
- Figura 41.** (A) Colocação da resina em pó Technovit 4004 numa base rectangular pré-preparada para a elaboração de estratigrafias. (B) Observação por lupa binocular de uma amostra de pintura mural para selecção de corte estratigráfico. (C) Montagem dos cortes estratigráficos em resina para observação microscópica. ©2015, A Autora ..... 64
- Figura 42.** Microfotografias de um corte estratigráfico por secção transversal: (A) Pigmento mural vermelho da Igreja de Sta. Cristina, por MO sob luz reflectida e ampliação a 100x. (B) Pigmento mural laranja da Igreja de S. Tiago, por MO sob luz reflectida e ampliação a 100x. (C) Pigmento mural branco (?) da Igreja de Sta. Eulália, por MO com filtro azul e ampliação a 100x. ©2015, A Autora..... 65
- Figura 43.** Observação a olho nu e com recurso a fotografia por luz visível e luz rasante: (A) Depressão a indicar possivelmente a localização de uma anterior abertura exterior. (B) União de jornadas. (C) Marcas de aplicação de massas. ©2015, Frederico Henriques ..... 65
- Figura 44.** Mancha castanha/negra no granito. ©2015, Frederico Henriques ..... 65

- Figura 45.** Esquema da colonização sucessiva das pinturas e danos ocorridos nelas e nas superfícies das pedras:.....66
- Figura 46.** (A) Crescimento fúngico visível a olho nu nas manchas negras da pintura mural da Igreja de Santa Eulália. (B) Rede de micélio pigmentado visível a crescer nas fissuras da pintura mural da Igreja de Santa Cristina. ©2013, A Autora.....66
- Figura 47.** Localização e numeração das amostras por zaragatoa, na Igreja de Santa Eulália: pintura mural – EZ<sub>1</sub>, EZ<sub>3</sub>, EZ<sub>4</sub> e EZ<sub>5</sub>; granito interior – EZ<sub>2</sub>, EZ<sub>6</sub> e EZ<sub>7</sub>. ©2015, A Autora.....67
- Figura 48.** (A) Localização e numeração das recolhas sólidas, na Igreja de Santa Eulália: pintura mural – ER<sub>1</sub>, ER<sub>2</sub> e ER<sub>3</sub>; granito interior – ER<sub>4</sub>; ER<sub>5</sub>; ER<sub>6</sub> e ER<sub>7</sub>; e granito exterior – ER<sub>8</sub>. ©2015, A Autora. (B) Localização das recolhas de granito interior – ER<sub>4</sub>; ER<sub>5</sub>; ER<sub>6</sub> e ER<sub>7</sub>. ©2015, Frederico Henriques .....67
- Figura 49.** Localização e numeração das amostras por zaragatoa, na Igreja de Santa Cristina (fonte: ©2015, Frederico Henriques): pintura mural – CZ<sub>2</sub>, CZ<sub>3</sub> e CZ<sub>4</sub>; reboco – CZ<sub>7</sub> e CZ<sub>8</sub> e granito interior – CZ<sub>1</sub>, CZ<sub>5</sub> e CZ<sub>6</sub>. ©2015, A Autora.....68
- Figura 50.** Localização e numeração das recolhas sólidas, na Igreja de Santa Cristina (fonte: ©2013, Frederico Henriques e Eduarda Vieira): pintura mural – CR<sub>1</sub>, CR<sub>2</sub>, CR<sub>3</sub> e CR<sub>4</sub>; reboco original – CR<sub>7</sub>; reboco restauro – CR<sub>8</sub>, CR<sub>14</sub>; granito interior – CR<sub>5</sub>, CR<sub>6</sub>, CR<sub>15</sub> e CR<sub>16</sub>; granito exterior – CR<sub>9</sub>, e CR<sub>11</sub>; reboco exterior – CR<sub>10</sub>; e *strappo* – CR<sub>12</sub>. ©2015, A Autora .....68
- Figura 51.** Localização e numeração das amostras por zaragatoa, na Igreja de S. Tiago: pintura mural – TZ<sub>5</sub>; reboco posterior – TZ<sub>1</sub>, TZ<sub>2</sub> e TZ<sub>3</sub>; granito interior – TZ<sub>4</sub>, TZ<sub>6</sub> e TZ<sub>9</sub>. ©2015, A Autora.....69
- Figura 52.** Localização e numeração das amostras por zaragatoa, na Igreja de S. Tiago: granito interior – TZ<sub>7</sub> e TZ<sub>8</sub>; exterior – TZ<sub>10</sub> e TZ<sub>11</sub>. ©2015, A Autora .....69
- Figura 53.** Localização e numeração das recolhas sólidas, na Igreja de S. Tiago (fonte: imagem HD, ©2015 Frederico Henriques): pintura mural – TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub> e TR<sub>3</sub>; granito interior – TR<sub>4</sub>, TR<sub>5</sub> e TR<sub>6</sub>. ©2015, A Autora .....70
- Figura 54.** Localização das amostras por esfregaço com identificação dos fungos filamentosos em cultura, na Igreja de Santa Eulália (fonte: ©2015, Frederico Henriques): pintura mural – 1, 3, 4 e 5; granito interior – 2, 6 e 7. ©2015, A Autora.....70
- Figura 55.** (A) e (B) Localização das amostras por esfregaço com identificação dos fungos filamentosos em cultura, na Igreja de Santa Cristina (fonte: ©2013, Frederico Henriques): pintura

mural – 2, 3, e 4; reboco original – 7; reboco restauro – 8; granito interior – 1, 5 e 6. ©2015, A Autora.....	71
<b>Figura 56.</b> Localização das amostras por esfregaço com identificação dos fungos filamentosos em cultura, na Igreja de S. Tiago. (A) Painel do Inferno: pintura mural – 5; reboco posterior – 1, 2 e 3; granito interior – 4, 6 e 9. (B) Painel de Santa Catarina: granito interior – 7 e 8. (C) Fachada Este: granito exterior – 10 e 11. ©2015, A Autora.....	72
<b>Figura 57.</b> Localização das amostras por esfregaço com identificação das bactérias em cultura, na Igreja de Sta. Eulália (fonte: ©2015, Frederico Henriques): pintura mural – 1, 3, 4 e 5; granito interior – 2, 6 e 7. ©2015, A Autora.....	73
<b>Figura 58.</b> (A) e (B) Localização das amostras por esfregaço com identificação das bactérias em cultura, na Igreja de Santa Cristina (fonte: ©2013, Frederico Henriques): pintura mural – 2, 3, e 4; reboco original – 7; reboco restauro – 8; granito interior – 1, 5 e 6. ©2015, A Autora .....	73
<b>Figura 59.</b> Localização das amostras por esfregaço com identificação das bactérias em cultura, na Igreja de S. Tiago. (A) Painel do Inferno: pintura mural – 5; reboco posterior – 1, 2 e 3; granito interior – 4, 6 e 9. (B) Painel de Santa Catarina: granito interior – 7 e 8. (C) Fachada Este: granito exterior – 10 e 11. ©2015, A Autora .....	74
<b>Figura 60.</b> Estirpes fúngicas testadas em ensaios biocidas: (A) TZ <sub>4.2.2</sub> . (B) TZ <sub>10.1.2</sub> . (C) TZ <sub>8.2.2</sub> . (D) TZ <sub>10.2.2</sub> . ©2015, A Autora. ....	75
<b>Figura 61.</b> Fungo filamentoso CZ <sub>1.2.3</sub> exibe hifas incolores e produção de exsudados negros com elevada pigmentação extracelular em ambos os meios sólido e líquido: (A) PDA. (B) PDB. ©2015, A Autora.....	75
<b>Figura 62.</b> Modelo de caixa de incubação com pré-maquetes referentes à Tabela 11. ©2015, A Autora.....	75
<b>Figura 63.</b> Isolados seleccionados para caracterização por microscopia óptica e as respectivas microfotografias por MO: (A) TZ <sub>8.2.2</sub> a 100x. (B) CZ <sub>1.2.3</sub> a 100x. (C) TZ <sub>10.2.2</sub> a 40x. ©2013-15, A Autora.....	76
<b>Figura 64.</b> Amostra ER <sub>3</sub> de pintura mural do Painel da Anunciação – Anjo, lado do Evangelho, Igreja de Santa Eulália (fonte: ©2015, Frederico Henriques). (A) Local de recolha da amostra. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 35x. (C) Micrografia SEM de hifas fúngicas a 1000x. (D) Micrografia SEM de rede fúngica e microfissuras do estrato a 2000x. ©2014, Raquel Madureira .....	76

- Figura 65.** Amostra CR<sub>3</sub> de pintura mural, Igreja de Santa Cristina (fonte: ©2013, Frederico Henriques). (A) Local de recolha da amostra. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 50x. (C) Micrografia SEM de hifas fúngicas a 250x. (D) Micrografia SEM de hifas fúngicas e esporos a 1000x. ©2015, Raquel Madureira ..... 77
- Figura 66.** Amostra CR<sub>6</sub> de granito interior, Igreja de Santa Cristina. (A) Local de recolha da amostra. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 100x. (C) Micrografia SEM de uma hifa fúngica a 250x. (D) Micrografia SEM de hifas fúngicas a 1000x. ©2015, Raquel Madureira . 77
- Figura 67.** Amostra CR<sub>9</sub> de granito exterior, do pórtico esquerdo da fachada S., Igreja de Santa Cristina. (A) Local de recolha. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 200x. (C) Micrografia SEM de hifas fúngicas e microfissura a 1000x. (D) Micrografia SEM de rede fúngica a 1500x. ©2015, Raquel Madureira ..... 78
- Figura 68.** Amostra CR<sub>14</sub> de reboco de restauro, Igreja de Santa Cristina. (A) Local de recolha. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 250x. (C) Micrografia SEM de estrato pulverulento a 2000x. ©2015, Raquel Madureira ..... 78
- Figura 69.** Amostra TR<sub>4</sub> de granito interior da parede fundeira, Igreja de S. Tiago. (A) Local de recolha. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 500x. (C) Micrografia SEM de hifas a 1500x. (D) Micrografia SEM de estrato em desagregação a 1500x ©2015, Raquel Madureira .... 79
- Figura 70.** Ensaio do efeito inibitório de crescimento do óleo essencial de manjerição a todas as concentrações para os quatro fungos seleccionados. ©2014/2015, A Autora ..... 79
- Figura 71.** Ensaio do efeito inibitório de crescimento do CB para os quatro fungos seleccionados. ©2014/2015, A Autora ..... 80
- Figura 72.** Ensaio do efeito inibitório de crescimento do Preventol R80 a todas as concentrações para os quatro fungos seleccionados. ©2014/2015, A Autora ..... 80
- Figura 73.** Microfotografia por MO após extracção do pigmento com DMSO dos exsudados do isolado CZ<sub>1,2,3</sub>, onde são visíveis esporos escuros/pigmentados. ©2015, A Autora ..... 81
- Figura 74.** (A) Filtração do conteúdo do *Erlenmeyer* do fungo CZ<sub>1,2,3</sub> em meio PDB em funil de *Büchner* e frasco de *Kitasato* ligado a uma bomba de vácuo. (B) Eurotubos de 50 ml com filtrado do conteúdo do *Erlenmeyer* do fungo CZ<sub>1,2,3</sub> em PDB a pH 3 após centrifugação sendo visível a coloração escura do sobrenadante e particularmente negra do precipitado. (C) Precipitados negros. ©2015, A Autora ..... 81

<b>Figura 75.</b> Fungo filamentosos TZ <sub>4.2.2</sub> ( <i>Alternaria alternata</i> ): (A) e (B) em meio sólido PDA, sem formação de exsudados. (B) Em meio líquido PDB, com formação de exsudados escuros e pigmentação extracelular. ©2014, A Autora .....	81
<b>Figura 76.</b> Ensaio de descoloração enzimática do protocolo por deposição, com 50 µl de suspensão de melanina sem diluição em rectângulo de papel de filtro autoclavado. ©2015, A Autora.....	82
<b>Figura 77.</b> Ensaio de descoloração enzimática (iii) do protocolo por imersão, para controlo do pH à temperatura ambiente. ©2015, A Autora .....	82
<b>Figura 78.</b> Soluções de ensaios de actividade enzimática do protocolo por imersão: (A) Controlo da cor. (B) Controlo do pH. (C) Controlo do peróxido de hidrogénio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ). (D) Ensaio completo. ©2015, A Autora .....	82
<b>Figura 79.</b> Diferença de cor (como observado a olho nu) resultante de ensaios em papel para descoloração enzimática, a 20°C e a 30°C. ©2015, A Autora .....	83
<b>Figura 80.</b> Medição dos sobrenadantes nas absorvâncias de 420, 460 e 734 nm a partir dos ensaios de actividade enzimática do protocolo por imersão, à temperatura ambiente e na incubadora. ©2015, A Autora .....	83
<b>Figura 81.</b> Pré-maquete de pintura mural (DP) com 500 µl de meio PDB inoculada com <i>plug</i> , onde se observa uma mancha negra à superfície. ....	84
<b>Figura 82.</b> Ensaio com protótipo final: (A) Após espalhamento de meio PDB e inoculação de <i>plug</i> do fungo TZ4.2.2. (B) Após 7 dias com visível crescimento de hifas incolores. ©2015, A Autora	84
<b>Figura 83.</b> Processamento de imagens digitais através de programa informático com recurso à fotogrametria digital. HD, ©2015 Frederico Henriques .....	84
<b>Figura 84.</b> (A) Fotografia de satélite com a implantação da Igreja de Santa Eulália, Arnoso, V.N. de Famalicão (fonte: Google Earth). (B) Planta da Igreja (fonte: ©1958 SIPA/DGPC) com a localização das pinturas na nave, do pórtico principal à cabeceira (capela-mor), direcção Oeste-Este em 3D. HD, ©2015 Frederico Henriques .....	85
<b>Figura 85.</b> (A) Fotografia de satélite com a implantação da Igreja de Santa Cristina, Serzedelo, Guimarães (fonte: Google Earth). (B) Planta ao nível das frestas (fonte: ©1959 SIPA/DGPC) com localização das pinturas murais em 3D. (C) Representação gráfica do relevo topográfico à cota da estrada nacional 105 e da nacional 206, na envolvente geográfica da Igreja (fonte: Terrain 2STL). HD, ©2015 Frederico Henriques .....	85
<b>Figura 86.</b> (A) Fotografia de satélite com a implantação da Igreja de S. Tiago, Valadares, Baião (fonte: Google Earth). (B) Planta térrea (fonte: ©Rota do Românico) com localização das pinturas murais em 3D. HD, ©2015 Frederico Henriques .....	85

<b>Figura 87.</b> (A) Pórtico principal, fachada Oeste. (B) Fachada lateral Sul. (C) Fachada lateral Norte. (D) Cabeceira (Capela-mor), fachada Este. (E) Sepultura escavada no granito sem tampa. (F) Sepultura escavada no granito com tampa. ©2015, Frederico Henriques .....	86
<b>Figura 88.</b> Elementos arquitectónicos e decorativos diferenciados, com material distinto do original, colocados possivelmente durante as intervenções de restauro anteriores. ©2015, Frederico Henriques .....	87
<b>Figura 89.</b> Planta verdadeira em contacto com o granito e a pintura mural, no canto da fachada N. com o arco triunfal (lado do Evangelho). © 2012, Eduarda Vieira .....	101
<b>Figura 90.</b> Ex-votos em cera encostados à pintura mural da Coroação da Virgem (lado da Epístola). © 2012, Eduarda Vieira .....	87
<b>Figura 91.</b> Ex-votos no local onde actualmente se encontram, sob o púlpito, na fachada S., assentes em papel. © 2015, Frederico Henriques .....	87
<b>Figura 92.</b> Dejectos de morcego depositados sobre a toalha na mesa de altar, na capela-mor. © 2015, A Autora.....	87
<b>Figura 93.</b> Blocos graníticos com coloração: (A) e (B) Avermelhada, provavelmente por oxidação dos elementos metálicos constituintes da rocha; (C) Amarela por provável hidrólise dos silicatos em pulverulência. © 2015, Frederico Henriques .....	88
<b>Figura 94.</b> Blocos graníticos com coloração negra por biocolonização da rocha. © 2015, Frederico Henriques .....	88
<b>Figura 95.</b> Eflorescências de sais, observáveis nas linhas brancas que aparecem à superfície do granito: (A) Parede N. da capela-mor; (B) Parede sul da nave; (C) Parede N da nave, arco triunfal e escadas para a capela-mor (lado do Evangelho); (D) Parede S., arco triunfal e escadas para a capela-mor (lado da Epístola). © 2015, Frederico Henriques.....	88
<b>Figura 96.</b> Aplicação inadequada das argamassas: (A) Escorrências castanhas no contorno das argamassas calcárias aplicadas para ocultar a instalação eléctrica. Argamassas de cimento (tipo Portland) aplicadas nas juntas: (B) Da pia baptismal © 2015, Frederico Henriques; (C) do murete da parede N., com excesso de material sobre o bloco de granito. © 2012, A Autora.....	89
<b>Figura 97.</b> Desgaste da policromia nos elementos inferiores mais salientes (plano mais próximo do observador). © 2015, Frederico Henriques .....	89
<b>Figura 98.</b> Escultura em madeira de Cristo Crucificado com lacunas e destacamentos da policromia. © 2015, A Autora .....	89

<b>Figura 99.</b> Púlpito em madeira com inúmeras fracturas, algumas lacunas de material como as do ornamento central, e desvanecimento da policromia. Os ornamentos salientes denotam desgaste e acumulação de pó generalizado. © 2013, Frederico Henriques.....	89
<b>Figura 100.</b> Quadro eléctrico à vista (sem porta), com ligações precárias. © 2015, A Autora .....	90
<b>Figura 101.</b> Cabo de corrente eléctrica que chega ao quadro pela fresta da fachada oriental, a partir do exterior. © 2015, Frederico Henriques .....	90
<b>Figura 102.</b> A entrada de luz é efectuada por quatro frestas e duas cruces em x vazadas: (A) Fachada O.; (B) Fachada S.; (C) Fachada E.; (D) Fachada N.; (E) Fachada O.; (F) Fachada S. ©2015, Frederico Henriques .....	90
<b>Figura 103.</b> Fissuras da camada pictórica nas áreas de juntas do suporte granítico. ©2015, Frederico Henriques .....	90
<b>Figura 104.</b> Aspecto das pinturas na parede do lado da Epístola, junto ao arco triunfal na Igreja de Sta. Eulália: (A) Estado das pinturas em 1958, alguns anos após a remoção dos altares (fonte: Boletim N° 94 da DGEMN, 1958). (B) Estado das pinturas em 2015. ©2015, Frederico Henriques .....	91
<b>Figura 105.</b> Aspecto das pinturas na parede do lado do Evangelho, junto ao arco triunfal na Igreja de Sta. Eulália: (A) Estado das pinturas em 1958, alguns anos após a remoção dos altares (fonte: Boletim N° 94 da DGEMN, 1958). (B) Estado das pinturas em 2015. ©2015, Frederico Henriques .....	91
<b>Figura 106.</b> Reboco pulverulento e com falta de coesão. ©2015, Frederico Henriques.....	92
<b>Figura 107.</b> Mapas da distribuição pictórica da Igreja de Santa Eulália, Mosteiro de Arnosó: (A) No arco do lado do Evangelho. (B) No arco do lado da Epístola. Processamento de dados com o programa informático QGIS. ©2015, Frederico Henriques e Ana Bailão.....	92
<b>Figura 108.</b> Representação gráfica 3D com indicação da área pictórica total, da pintura da primeira campanha, da pintura da segunda campanha e da biocolonização. ©2015, Frederico Henriques....	93
<b>Figura 109.</b> Eflorescências de sais sobre biofilmes negros, no painel mural do lado do Evangelho. ©2015, Frederico Henriques .....	93
<b>Figura 110.</b> Fachada principal (oriental) com alterações pontuais nos elementos arquitectónicos salientes e na lateral do campanário. ©2013, A Autora.....	93
<b>Figura 111.</b> Escorrências com biocolonização negra e quatro zonas de escorrências de coloração alaranjada, possivelmente devidas à oxidação dos elementos metálicos existentes (sinos) e dos removidos (acesso aos sinos por escada e patamar em ferro). ©2013, A Autora .....	93

<b>Figura 112.</b> Biocolonização do rodapé por musgos, líquenes e plantas predominantemente nas juntas e solo. ©2013, Eduarda Vieira .....	94
<b>Figura 113.</b> Vestígios de coloração vermelha, possível remanescência de policromia no tímpano do pórtico lateral esquerdo da fachada S. ©2013, Eduarda Vieira .....	94
<b>Figura 114.</b> Biocolonização pontual nas juntas horizontais e maior incidência no parapeito da janela da sacristia, no pingadouro na união dos telhados e no cachorro sob a fresta da capela-mor. Fachada Este. ©2013, Eduarda Vieira .....	94
<b>Figura 115.</b> Biocolonização circunscrita ao rodapé e à parede do campanário, com extensa biocolonização (Fonte: <i>Sigillum Militum Christi</i> ).....	94
<b>Figura 116.</b> Sepulturas escavadas em blocos de granito, assentes em traves sem contacto directo com o terreno relvado. Colonização biológica mais acentuada nas sepulturas sem tampa (Fonte: <i>Sigillum Militum Christi</i> ). .....	94
<b>Figura 117.</b> Elementos inerentes à Igreja de Santa Cristina em diversos materiais: Madeira, madeira policromada, folha de ouro, metal, pintura mural, contraplacado, granito. ©2013, Eduarda Vieira.....	95
<b>Figura 118.</b> Humidade no canto superior NO. devido a infiltrações da cobertura de madeira. ©2013, Eduarda Vieira .....	95
<b>Figura 119.</b> Água a brotar do interior do granito na fachada Sul: (A) <i>Pitting</i> e escamação; (B) Escorrências laranja, devido possivelmente à água entrar em contacto com os metais constituintes da rocha. ©2013, A Autora .....	95
<b>Figura 120.</b> Alterações do granito: (A) Eflorescências salinas e biocolonização. ©2013, Eduarda Vieira; (B) Enegrecimento da superfície por colonização fúngica (C) Plaquetas e enegrecimento da superfície por colonização biológica. ©2013, Eduarda Vieira e Frederico Henriques.....	96
<b>Figura 121.</b> Aberturas para entrada de luz na Igreja de Santa Cristina: (A) Fresta no portal axial (O.); (B) Cruz em x vazada encimando o pórtico lateral esquerdo da fachada N.; (C) Fresta sobre o arco triunfal da nave; (D) Fresta da capela-mor na fachada N.; (E) Fresta na parede fundeira da capela-mor (Este); (F) Fresta na parede fundeira da sacristia (Este); (G) Cruz em x vazada encimando o pórtico lateral direito da fachada S.; (H) Frestas da nave na fachada S.; (I) Fresta do nártex na fachada S. ©2013, Eduarda Vieira e Frederico Henriques .....	96
<b>Figura 122.</b> (A) Poeiras e sujidade acumulada entre a camada de reboco em destacamento e o suporte de granito; (B) Teias de aranha pendendo do reboco de restauro e da pintura mural. ©2013, A Autora.....	96

<b>Figura 123.</b> Biocolonização do reboco de restauro, possivelmente por contaminação advinda do suporte. ©2013, Frederico Henriques .....	97
<b>Figura 124.</b> Alterações da pintura mural: (A) Lacunas de camada cromática por acção humana; (B) Pulverulência; (C; C1 e C2) Manchas escuras causadas por biocolonização fúngica. ©2013, A Autora.....	97
<b>Figura 125.</b> Curso de água a passar sob a igreja, pela fachada Sul. ©2015, Frederico Henriques..	98
<b>Figura 126.</b> Manchas negras nas fachadas: (A) Fachada Norte (sacristia); (B) Fachada Este (capela-mor); (C) Fachada Sul (com canteiro adjacente). ©2013, A Autora .....	98
<b>Figura 127.</b> Diferente biocolonização das fachadas entre musgos e líquenes. (A) Fachada Norte (nave). (B) Fachada Este (sacristia). (C) Fachada Norte (altar-mor). (D) Fachada Norte (sacristia). ©2013, A Autora.....	98
<b>Figura 128.</b> (A) Escorrência de água com biocolonização, efectuando o caminho das juntas de cimento. (B) Escorrências laranja por oxidação dos elementos metálicos do campanário. ©2013, A Autora.....	98
<b>Figura 129.</b> (A) Multitude de materiais que revestem a igreja desde madeira nas suas diversas variantes, mosaico e granito, entre outros ©2013, A Autora. (B) Um dos três painéis de pintura mural existentes – outro dos revestimentos da igreja só observável com a desmontagem do altar-mor (fonte: ©2015, Rota do Românico). .....	99
<b>Figura 130.</b> Aplicação de argamassa de cimento no chão da igreja à entrada do pórtico principal (fachada Oeste): (A) Aos pés da pia baptismal, no canto da fachada O com a N. (B) Sob a pia de água benta no lado direito do pórtico principal conjuntamente com mancha de humidade entre o chão e a parede. ©2013, A Autora .....	99
<b>Figura 131.</b> Aberturas para entrada de luz: (A) Janelas na fachada N. (B) Fresta na fachada E. (capela-mor). (C) Pequeno janelo na fachada E. (sacristia). (D) e (E) Janelas da fachada S., idênticas à da fachada N. (nave). ©2013, A Autora .....	99
<b>Figura 132.</b> Alterações na camada cromática: (A) Sujidade e poeiras. (B) Teias de aranha. (C) lacunas da camada cromática e reboco. (D) Lacunas por acção humana. (E) Destacamentos da camada cromática por mau isolamento da cobertura. (F) Cal aplicada sobre as pinturas murais para colocação de altares no séc. XVIII. (G) Escorrências de uma junta aberta. (H) Eflorescências. (I) Manchas acastanhadas devidas a biocolonização. (A), (D), (E), (F) e (I) ©2015, Frederico Henriques. (B), (C), (G) e (H) ©2013, A Autora.....	100

<b>Figura 133.</b> (A) Manchas negras no granito por biocolonização. (B) Perda de suporte em local de fixação dos altares. (C) Mancha laranja no granito por oxidação do elemento metálico. ©2015, Frederico Henriques.....	100
<b>Figura 134.</b> Localização das monitorizações com higrómetro da Temperatura e Humidade Relativa na Igreja de Sta. Eulália: 1. Parapeito na base do Pentecostes. 2. Parapeito na base da Coroação da Virgem. 3. Pia de água benta. 4. Parapeito na base do Pentecostes. 5. Parede N. 6. Parede S. 7. Pia baptismal. ....	101
<b>Figura 135.</b> Localização das monitorizações com higrómetro da Temperatura e Humidade Relativa na Igreja de S. Tiago: 1. Pórtico lateral na parede Norte. 2. Altar-mor. ....	101
<b>Figura 136.</b> Monitorização da $H_{min}$ , $H_{med}$ e $H_{max}$ entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de Sta. Eulália através da Estação Meteorológica do Porto (fonte: IPMA). ©2015, A Autora.....	102
<b>Figura 137.</b> Monitorização da $H_{min}$ , $H_{med}$ e $H_{max}$ entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de Sta. Cristina através da Estação Meteorológica de Braga (fonte: IPMA). ©2015, A Autora.....	102
<b>Figura 138.</b> Monitorização da $H_{min}$ , $H_{med}$ e $H_{max}$ entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de S. Tiago através da Estação Meteorológica de Luzim (fonte: IPMA). ©2015, A Autora.....	102
<b>Figura 139.</b> Monitorização da $T_{min}$ e $T_{max}$ entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de Sta. Eulália através da Estação Meteorológica do Porto (fonte: IPMA). ©2015, A Autora. ....	103
<b>Figura 140.</b> Monitorização da $T_{min}$ e $T_{max}$ entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de Sta. Cristina através da Estação Meteorológica de Braga (fonte: IPMA). ©2015, A Autora.....	103
<b>Figura 141.</b> Monitorização da $T_{min}$ e $T_{max}$ entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de S. Tiago através da Estação Meteorológica de Luzim (fonte: IPMA). ©2015, A Autora.....	103

## Índice de materiais

<b>Ficha técnica 1.</b> Acetona.....	107
<b>Ficha técnica 2.</b> Ácido clorídrico.....	108
<b>Ficha técnica 3.</b> Ácido etilenodiamino tetracético (EDTA).....	109
<b>Ficha técnica 4.</b> Água destilada .....	110
<b>Ficha técnica 5.</b> CaSoPaL® .....	111
<b>Ficha técnica 6.</b> Cloreto de benzalcónio .....	112
<b>Ficha técnica 7.</b> Clorofórmio .....	113
<b>Ficha técnica 8.</b> DMSO – Dimetilsulfóxido .....	114
<b>Ficha técnica 9.</b> Durolith® Bioclean L.....	115
<b>Ficha técnica 10.</b> Etanol.....	116
<b>Ficha técnica 11.</b> Hidróxido de sódio .....	117
<b>Ficha técnica 12.</b> Isopropanol .....	118
<b>Ficha técnica 13.</b> Parafilm® M.....	119
<b>Ficha técnica 14.</b> Peróxido de hidrogénio.....	120
<b>Ficha técnica 15.</b> Preventol RI 80.....	121
<b>Ficha técnica 16.</b> Technovit™ 4004 líquido.....	122
<b>Ficha técnica 17.</b> Technovit™ 4004 pó .....	123
<b>Ficha técnica 18.</b> Tris (hidroximetil) aminometano.....	124

## APÊNDICE DE TABELAS



**Tabela 1.** Identificação contida no ponto assinalado na Carta Geológica correspondente a Sta. Eulália de Arnosó (fonte: LNEG).

ID	Características
Código	(gama) II2b
Unidade Cartografada	Granito porfíroide, de grão grosseiro, essencialmente biotítico (Granito de Arcos de Valdevez, Granito de Terras de Bouro, Granito de Vieira do Minho, Granito de Guimarães e Granito de Marco de Canaveses)
Supergrupo	Granitóides Biotíticos com plagioclase cálcica e seus diferenciados
Intrusão Plutónica Supergrupo	Sin-Orogénicos
Intrusão Plutónica Grupo	Sin a Tardi-Tectónicos relativamente a F3
Intrusão Plutónica SubGrupo	Série Intermédia, associada à zona de cisalhamento dúctil de Vigo-Régua
Zona Tectonoestratigráfica	Zona Centro-Ibérica
Eonotema	Fanerozóico
Eratema	Paleozóico

**Tabela 2.** Identificação contida no ponto assinalado na Carta Geológica correspondente a Sta. Cristina de Serzedelo (fonte: LNEG).

ID	Características
Código	(gama) II2b
Unidade Cartografada	Granito porfíroide, de grão grosseiro, essencialmente biotítico (Granito de Arcos de Valdevez, Granito de Terras de Bouro, Granito de Vieira do Minho, Granito de Guimarães e Granito de Marco de Canaveses)
Supergrupo	Granitóides Biotíticos com plagioclase cálcica e seus diferenciados
Intrusão Plutónica Supergrupo	Sin-Orogénicos
Intrusão Plutónica Grupo	Sin a Tardi-Tectónicos relativamente a F3
Intrusão Plutónica SubGrupo	Série Intermédia, associada à zona de cisalhamento dúctil de Vigo-Régua
Zona Tectonoestratigráfica	Zona Centro-Ibérica
Eonotema	Fanerozóico
Eratema	Paleozóico

**Tabela 3.** Identificação contida no ponto assinalado na Carta Geológica correspondente a S. Tiago de Valadares (fonte: LNEG).

ID	Características
Código	(gama) II2b
Unidade Cartografada	Granito porfiróide de grão grosseiro, essencialmente biotítico (Amarante)
Supergrupo	Rochas granitóides
Intrusão Plutónica Supergrupo	Granitóides Hercínicos biotíticos com plagioclase cálcica e diferenciados
Intrusão Plutónica Grupo	Sin-Orogénicos
Intrusão Plutónica SubGrupo	Tardi a Pós-Tectónicos relativamente a D3
Zona Tectonoestratigráfica	Zona Centro-Ibérica

**Tabela 4.** Actividade microbiana envolvida na degradação de materiais de construção<sup>1</sup>

Actividade microbiana	Danos causados	Materiais afectados
<b>Crescimento à superfície</b>	Descoloração, retenção de água	Cimento, azulejos, tijolos, <b>gesso</b> , madeira, plástico, <b>pintura</b> , telhas
<b>Produção de ácidos</b>	Corrosão, erosão	Cimento, <b>pedra</b> , metal
<b>Enzimas hidrolíticas</b>	Aumento fragilidade, erosão	Madeira, <b>pintura</b>
<b>Quelação</b>	Corrosão, <i>etching</i> <sup>2</sup>	Metal, cimento, <b>pedra</b> , vidro
Produção de H <sub>2</sub> S <sup>1</sup>	Corrosão	Metal
<b>Crescimento de filamentos microbianos</b>	<b>Danos físicos à superfície, aumento de permeabilidade</b>	Cimento, <b>pedra</b> , madeira, gesso, plásticos, <b>superfícies pictóricas</b>
Actividade/crescimento homogéneo	Corrosão, devido à concentração de células	Metal
<b>Actividade metabólica</b>	<b>Formação de bolhas, friabilidade</b>	<b>Superfícies pictóricas</b> , plásticos

1. H<sub>2</sub>S – Sulfureto de Hidrogénio. 2. Corrosão ácida que torna o material poroso. © 2015, A Autora

<sup>1</sup> GAYLARDE, Christine C.; MORTON, L.H. Glyn – Deteriogenic Biofilms on Buildings and their Control: a review. *Biofouling*, Vol. 14 (1), 1999, p. 60.

**Tabela 5.** Microorganismos e factores ambientais na biodeterioração de monumentos e obras de arte.<sup>2</sup>

Grupo microbiano	Microorganismos/ Factores ambientais	Tipo de deterioração	Mecanismo de deterioração
Foto-autotróficos	Cianobactérias	Degradação estética e química	Formação de biofilme; alteração de cor; formação de patines; formação de crostas; precipitação de sais de cálcio e formação de minerais secundários; biodissolução como consequência da absorção de cálcio
	Líquenes	Degradação mecânica e química	Extração de nutrientes da superfície da pedra; formação de oxalatos; produção de ácidos carbónicos; intrusões físicas em pequenos poros, etc
	Algas	Degradação estética e química	Formação de biofilmes; alteração de cor; formação de crostas negras
Químio-autotróficos	Musgos e pequenas plantas	Degradação estética e química	Descoloração; manchas verde-cinza; extração de minerais da superfície de pedra
	Bactérias nitrificantes, enxofre-oxidantes	Degradação química	Formação de crostas negras
Químio-heterotróficos	Bactérias heterotróficas	Degradação estética e química	Formação de crostas; patines; exfoliação; alteração de cor
	Actinomicetes	Degradação estética	Pó branco acinzentado; pátinas; eflorescências salinas brancas
	Fungos	Degradação estética, mecânica física e química	<b>Diagéneses fúngica; alteração de cor; formação de oxalatos; biodissolução por secreção de ácidos; propriedade quelante dos ácidos secretados; intrusão física ou penetração de hifas fúngicas e desestabilização da textura da pedra</b>
Químio-organotróficos	Bactérias redutoras de enxofre	Degradação química	Conversão de sulfato em sulfito, que actua como uma fonte de alimentação para estas bactérias
Plantas superiores	Plantas superiores	Degradação mecânica	Penetração de raízes nas fendas e poros; colapso e destacamento da estrutura da pedra
Outros	Factores ambientais	Degradação estética	Deposição de cinzas, partículas carbónicas e outras; biodissolução por óxidos de enxofre e azoto; a poluição também favorece a invasão por espécies agressivas

<sup>2</sup> DAKAL, Tikam Chand; CAMEOTRA, Swaranjit Singh – Microbially induced deterioration of architectural heritages: routes and mechanisms involved. *Environmental Sciences Europe* 24, 2012.

**Tabela 6.** Exemplos de danos causados por microorganismos em pinturas murais<sup>3</sup>.

Actividade microbiana	Danos causados
Pigmentos produzidos por microorganismos (intra ou extracelular) como clorofila e carotenoides	Camadas superficiais verdes, castanhas, vermelhas, cinza (patines)
Uso de aglutinantes orgânicos como fonte de nutrientes e energia	Destacamento camadas de pintura
Ácido produzido por fungos ou bactérias	Ataque ácido dos carbonatos
Reacções- <i>redox</i> induzidas por fungos e bactérias	Descoloração de pigmentos
Crescimento de microorganismos em profundidade no reboco	Perda da camada cromática
Actividade quimiorganotrófica de bactérias e fungos	Hidrólise de polímeros sintéticos

© 2015, A Autora

<sup>3</sup> RÖLLEKE, S. [*et al.*] – Identification of bacteria in a biodegraded wall painting by denaturing gradient gel electrophoresis of PCR-amplified gene fragments coding for 16S rRNA. *Applied and Environmental Microbiology* Vol. 62 (6), June 1996, pp. 2059–2065.

**Tabela 7.** Locais e quantidade de amostragens por esfregaço e por recolha sólida em cada Igreja.

Total de amostras efectuadas	Localização		
	Igreja Sta. Eulália Arnosos V. N. Famalicão	Igreja Sta. Cristina Serzedelo Guimarães	Igreja S. Tiago Valadares Baião
<b>Recolhas</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>6</b>
Camada cromática (1ª campanha)	0	2	3
Camada cromática (2ª campanha)	3	3	--
Reboco original (1ª campanha)	0	0	0
Reboco original (2ª campanha)	0	1	--
Reboco restauro	--	2	--
Granito interior	4	4	3
Granito exterior	1	2	0
Reboco exterior	--	1	--
<i>Strappo</i>	--	1	--
<b>Esfregaços</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>11</b>
Camada cromática (1ª campanha)	0	0	1
Camada cromática (2ª campanha)	5	2	--
Reboco original (1ª campanha)	0	1	0
Reboco original (2ª campanha)	0	0	3 (cal)
Reboco restauro	--	2	--
Granito interior	2	3	5
Granito exterior	0	0	2
<i>Strappo</i>	--	0	--

**Tabela 8.** Número de isolados nos diferentes meios por método de amostragem, por localização e por igreja.

Localização das amostras		Isolados				
		Fungos		Bactérias/Leveduras	Algas/Cianobactérias	
		PDA	CDB <sup>1</sup>	NA	OHM	
Igreja Sta. Eulália	R.	Granito interior	-	0	-	0
	Esfregação	Camada cromática	0	-	2	-
		Camada cromática	1	-	1	-
		Camada cromática	2	-	3	-
		Granito interior	1	-	3	-
		Granito interior	0	-	3	-
Igreja Sta. Cristina	Recolha	Camada cromática	-	0	-	0
		Granito interior	-	0	-	0
		Granito interior	-	0	-	0
		Granito exterior	-	0	-	0
	Esfregação	Camada cromática	1	-	3	-
		Camada cromática	1	-	1	-
		Granito interior	4	-	1	-
		Granito interior	1	-	4	-
		Reboco original	2	-	4	-
		Argamassa restauro	0	-	2	-
Igreja S. Tiago	Recolha	Camada cromática	-	0	-	0
		Granito interior	-	0	-	0
		Granito interior	-	0	-	0
	Esfregação	Camada cromática	3	-	0	-
		Granito interior	2	-	4	-
		Granito interior	0	-	2	-
		Granito interior	0	-	3	-
		Granito interior	2	-	2	-
		Granito interior	3	-	1	-
		Granito exterior	2	-	1	-
Granito exterior	1	-	3	-		
TOTAL		26	0	43	0	

<sup>1</sup> Actualmente em CDA por se verificar após 22 meses em CDB, o desenvolvimento de biofilmes gelatinosos.

**Tabela 9.** *Primers* (oligonucleotídeos) utilizados neste estudo.

<i>Primers</i>	Sequência
ITS4	5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'
ITS5	5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3'

© 2015, A Autora

**Tabela 10.** Ensaio de soluções de actividade enzimática (quatro controlos e um ensaio completo) utilizados para testar a capacidade de descoloração na suspensão de pigmento.

Ensaio	Materiais (µl)				
	H <sub>2</sub> O destilada	Suspensão de pigmento <sup>1</sup>	Tampão Na-Ta 100 mM pH 3,5	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> a 30%	Peroxidase <i>Bjerkandera adusta</i>
(i)	167,5	-	-	-	-
(ii)	117,5	50	-	-	-
(iii)	17,5	50	100	-	-
(iv)	102,5	50	-	15	-
(v)	-	50	100	15	2,5

<sup>1</sup> Suspensão de melanina obtida como descrito na secção 2.5.1.6 de acordo com o protocolo de Tavzes *et al.* © 2015, A Autora

**Tabela 11.** Ensaio em pré-maquetes de granito e pintura mural.

Pré-maquete	Pintura mural	Granito	Tratamento
A) Controlo	AP	AG	500 µl H <sub>2</sub> O + 100 µl suspensão esporos
B)	BP	BG	500 µl PDB + 100 µl suspensão esporos
C)	CP	CG	500 µl pó + 100µl suspensão esporos
D)	DP	-	500 µl PDB + <i>plug</i> (5x5 mm)
E)	EP	EG	500 µl pó + <i>plug</i> (5x5 mm)







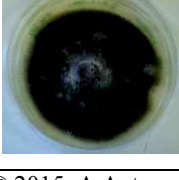
© 2015, A Autora

**Tabela 12.** Número de isolados fúngicos identificados com biologia molecular por caso de estudo.

Igreja	Estrato	Número de isolados	Isolados identificados
Santa Eulália	Camada cromática	3	0
	Granito interior	1	0
	Camada cromática	2	0
Santa Cristina	Reboco original	2	2
	Granito interior	5	1
	Camada cromática	3	0
São Tiago	Granito interior	7	3
	Granito exterior	3	1

© 2015, A Autora

**Tabela 13.** Isolamento e identificação de fungos filamentosos por local, espaço e estrato.

Cultura PDA	Local	Espaço	Estrato	Identificação	Estirpe
	Santa Cristina	Interior	Reboco original	CZ 7.1.3	<i>Penicillium chrysogenum</i>
	Santa Cristina	Interior	Reboco original	CZ 7.1.4	<i>Penicillium chrysogenum</i>
	Santa Cristina	Interior	Granito	CZ 1.2.4	<i>Aspergillus versicolor</i>
	S. Tiago	Interior	Granito	TZ 4.2.1	<i>Alternaria tenuissima</i>
	S. Tiago	Interior	Granito	TZ 4.2.2	<i>Alternaria alternata</i>
	S. Tiago	Interior	Granito	TZ 9.2.2	<i>Penicillium spinulosum</i>
	S. Tiago	Exterior	Granito	TZ 10.1.2	<i>Alternaria tenuissima</i>

**Tabela 14.** Fungos isolados dos casos de estudo e referidos em pinturas murais.

Fungo	Referências
1. <i>Aspergillus versicolor</i>	Agrawal <i>et al.</i> , 1988; 1991; Berner; Wanner e Lubitz, 1997; Dhawan <i>et al.</i> , 1991; Emoto, 1971; Garg e Dhawan, 1994; Garg, Dhawan e Bhatnagar, 1991; Guglielminetti <i>et al.</i> , 1994; Kuritzyna, 1968; Pangallo <i>et al.</i> , 2012; Pepe <i>et al.</i> , 2011; Rebricova, 1991; 1993; Saiz-Jimenez e Samson, 1981b; Sampő e Mosca, 1989; Savulescu e Ionita, 1971; Stupar <i>et al.</i> , 2011; 2012
2. <i>Alternaria alternata</i>	Agrawal <i>et al.</i> , 1988; 1991; Dhawan <i>et al.</i> , 1991; Emoto e Emoto, 1974; Garg e Dhawan, 1994; Garg, Dhawan e Bhatnagar, 1991; Guglielminetti <i>et al.</i> , 1994; Saiz-Jimenez e Samson, 1981b; Stupar <i>et al.</i> , 2012
3. <i>Alternaria tenuissima</i>	Guglielminetti <i>et al.</i> , 1994; Emoto, 1971; Savulescu e Ionita, 1971
4. <i>Penicillium chrysogenum</i>	Gargani, 1968; Guglielminetti <i>et al.</i> , 1994; Istudor <i>et al.</i> , 1976; Milanesi <i>et al.</i> , 2006; Rebricova, 1991; 1993; Saarela <i>et al.</i> , 2004; Saiz-Jimenez e Samson, 1981b; Sampő e Mosca, 1989
5. <i>Penicillium spinulosum</i>	Emoto, 1971

© 2015, A Autora

**Tabela 15.** Identificação por biologia molecular dos isolados fúngicos.

ID	Tipo	Identificação	Referência	Valor de E	pb	Homologia (%)
CZ <sub>1,2,4</sub>	Fungo	<i>Aspergillus versicolor</i>	FJ904814.1	4,00E-140	292	98
CZ <sub>7,1,3</sub>	Fungo	<i>Penicillium chrysogenum</i>	LN809047.1	0	528	100
CZ <sub>7,1,4</sub>	Fungo	<i>Penicillium chrysogenum</i>	LN809047.1	0	529	100
TZ <sub>4,2,1</sub>	Fungo	<i>Alternaria tenuissima</i>	KF308900.1	5,00E-108	231	98
TZ <sub>4,2,2</sub>	Fungo	<i>Alternaria alternata</i>	KJ829535.1	0	353	99
TZ <sub>9,2,2</sub>	Fungo	<i>Penicillium spinulosum</i>	KF156323.1	0	524	100
TZ <sub>10,1,2</sub>	Fungo	<i>Alternaria tenuissima</i>	HQ711617.1	0	352	100

© 2015, A Autora

**Tabela 16.** Identificação por biologia molecular dos isolados fúngicos e local de recolha.

ID	Identificação	Local	Estrato	Homologia %
CZ <sub>1,2,4</sub>	<i>Aspergillus versicolor</i>	Santa Cristina	Granito interior	98
CZ <sub>7,1,3</sub>	<i>Penicillium chrysogenum</i>	Santa Cristina	Reboco original	100
CZ <sub>7,1,4</sub>	<i>Penicillium chrysogenum</i>	Santa Cristina	Reboco original	100
TZ <sub>4,2,1</sub>	<i>Alternaria tenuissima</i>	S. Tiago	Granito interior	98
TZ <sub>4,2,2</sub>	<i>Alternaria alternata</i>	S. Tiago	Granito interior	99
TZ <sub>9,2,2</sub>	<i>Penicillium spinulosum</i>	S. Tiago	Granito interior	100
TZ <sub>10,1,2</sub>	<i>Alternaria tenuissima</i>	S. Tiago	Granito exterior	100

© 2015, A Autora

**Tabela 17.** Desempenho dos biocidas para cada estirpe de fungos filamentosos utilizada nos ensaios.

Biocidas		Actividade anti-microbiana nas estirpes testadas			
		TZ 10.1.2 ( <i>Alternaria tenuissima</i> )	TZ 10.2.2	TZ 4.2.2 ( <i>Alternaria alternata</i> )	TZ 8.2.2
Biocidas comerciais	CaSoPaL	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
	Cloreto de Benzalcónio	62,50 µl	31,25 µl	125 µl	62,50 µl
	Durolith	S.I.	250 µl	S.I.	62,50 µl
	Preventol R80	250 µl <sup>2</sup>	250 µl	125 µl	62,50 µl
Óleos essenciais	Alecrim	50 µl <sup>1</sup>	100 µl	6,25 µl <sup>1</sup>	50 µl <sup>1</sup>
	Funcho	25 µl <sup>1</sup>	S.I.	S.I.	S.I.
	Limão	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
	Manjeriço	25 µl	12,50 µl	25 µl	25 µl
	Sálvia	S.I.	S.I.	S.I.	25 µl <sup>1</sup>

**1.** Valor máximo testado. **2.** Houve total inibição, mas sem registos entre 15,62 e 250 µl. Os registos inexistentes devem-se a contaminação das placas não se extraíndo conclusões sobre a possível ou não inibição dos fungos a essas concentrações. **S.I.** – Sem inibição até à máxima concentração testada: 500 µl para biocidas comerciais e 100 µl para óleos essenciais por 20 ml de meio. © 2015, A Autora

**Tabela 18.** Concentração mínima inibitória (CMI) de Preventol R80, Cloreto de Benzalcónio e óleo essencial de manjeriço (*O. Basilicum*) nos isolados fúngicos seleccionados.

Fungo	Preventol R80	Cloreto de Benzalcónio	Óleo essencial de <i>Ocimum basilicum</i>
	MIC (µl ml <sup>-1</sup> )	MIC (µl ml <sup>-1</sup> )	MIC (µl ml <sup>-1</sup> )
<i>Alternaria tenuissima</i>	S.e.	3,125	1,25
TZ <sub>10.2.2</sub>	12,5	1,563	0,625
<i>Alternaria alternata</i>	6,25	6,25	1,25
TZ <sub>8.2.2</sub>	3,125	3,125	1,25

S.e. – Sem elementos. TZ<sub>8.2.2</sub> em identificação, potencialmente *Penicillium sp.* TZ<sub>10.2.2</sub> em identificação, potencialmente *Pestalotia sp.* © 2015, A Autora

**Tabela 19.** Diferença de cor total ( $\Delta E$ ) nos papéis de filtro calculada através da fórmula do CIELAB 1976.

Diferença de cor ( $\Delta E$ )	Temperatura de incubação	
	20°C	30°C
$\Delta 1 - \Delta 0$	8,2084	9,0221
$\Delta 2 - \Delta 1$	3,7753	3,0872
$\Delta 3 - \Delta 1$	4,3299	4,7822
$\Delta 4 - \Delta 1$	1,1546	2,0568
$\Delta 4 - \Delta 0$	7,0731	7,0302

$\Delta 0$  = controlo.  $\Delta 1$  = Cor.  $\Delta 2$  = pH.  $\Delta 3$  = H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.  $\Delta 4$  = Ensaio completo. © 2015, A Autora

**Tabela 20.** Obras realizadas na Igreja de Santa Eulália.

Data	Alteração
Séc. XVII	Alteração da cimalha da fachada.
1941	Apeamento de três altares de talha (um deles destinado à Capela do novo Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Alijó).
1943	Pedido de substituição do altar da capela-mor pelo Pároco Baltazar da Silva Castro da Igreja de Paço de Sousa.
1944	De 1941 a 1944 sofreu diversas obras de restauro a cargo da DGEMN; cedência de um altar de Arnoso para a Igreja de Paço de Sousa; cedência de telha das obras de restauro para a Igreja de Santa Eulália; cedência de capitel românico para a colecção do Museu Soares dos Reis.
1945	Assentamento de azulejos decorativos; cancelada a transferência do pequeno altar de Arnoso para o Hospital de Alijó.
1957	Assentamento do murete do adro e lajedo em torno da Igreja.
1958	Consolidação da fachada principal e assentamento de vitrais; levantamento e desenho da planta topográfica de Sta. Eulália.
1973	Trabalhos de conservação (DGEMN).
1978	Trabalhos de conservação para a preservação dos frescos (DGEMN).
1979	Trabalhos de conservação (DGEMN).
1990	Limpeza e plantação de árvores no adro (C.M. de Vila Nova de Famalicão).

© DGEMN, Boletim nº 94 e DGPC/SIPA

**Tabela 21.** Obras realizadas na Igreja de Santa Cristina.

Data	Alteração
1717/1718	Colocação de rede nas frestas.
1725/1726	Mudança da pia baptismal para o exonártex.
1941	Em Fevereiro, um ciclone causa diversos estragos na igreja.
1942/1943	Início das grandes obras de restauro a cabo da DGEMN. Apeamento e reconstrução completa da armação do telhado do exonártex, compreendendo o respaldo das paredes laterais e principal; execução de frechais em betão armado; assentamento de tirantes de ferro quadrado, forro de castanho, ripas, e telhas, incluindo vedações e beirada; substituição da cantaria mutilada do portal principal; limpeza geral da cantaria interior do exonártex, incluindo o refechamento das juntas com argamassa hidráulica; substituição de cantarias mutiladas.
1944	Escavação completa para desaterro da fachada lateral S.; execução de dreno de alvenaria para a fachada lateral S.; substituição de cantaria mutilada no interior da nave; apeamento e reconstrução da parede lateral S. da sacristia compreendendo a execução de novos alicerces, substituição de 40% da cantaria e

---

	<p>escoramento do telhado; limpeza geral de paramentos de cantaria, incluindo o refechamento de juntas com cal hidráulica; apeamento do coro, entaipamento da porta de acesso existente na fachada lateral S. e remoção da respectiva escada exterior.</p> <p>Reconstrução geral do pavimento de sepulturas da nave, com cercadura e guias de cantaria apicoada compreendendo o aproveitamento da pedra com inscrições existentes, escavação de terras e tomada de juntas com argamassa hidráulica; construção e assentamento de soleiras e degraus; construção de dreno interior na sacristia em esgoto para as traseiras da igreja, com alvenaria seca e fundo argamassado;</p>
1945	<p>recalcamento exterior do maciço do campanário, com pedra de alvenaria assente ao baixo, com argamassa hidráulica de cimento e areia; rebaixamento do pavimento do adro do lado E. e N. compreendendo a escavação de terras e a arrumação de alvenarias encontradas; demolição do muro de vedação do adro, dos lados E. e N., incluindo a arrumação de alvenaria e capeado aproveitável.</p> <p>Apeamento e reconstrução do cumhal da capela-mor, na fachada lateral N., incluindo o seu assentamento com argamassa hidráulica de cimento e areia; reconstituição da fresta da mesma fachada, em substituição do janelão existente; apeamento dos retábulos; arranque e arrumação dos azulejos da capela-mor; apeamento e reconstrução do telhado da sacristia; reparação das duas portas laterais da igreja, em madeira de castanho; remoção do reboco interior.</p>
1946	<p>Construção e assentamento em lajeado do pavimento da capela-mor, incluindo os degraus de acesso à mesma; consolidação do arco triunfal compreendo a substituição de algumas pedras; desentapamento da fresta exterior da capela-mor e substituição da pedra em mau estado; limpeza e tomada de juntas do exterior e interior da capela-mor com argamassa hidráulica; consolidação do tecto da capela-mor, compreendendo o aproveitamento das madeiras existentes; construção e assentamento de algerozes em chapa zincada destinado à vedação dos telhados da capela-mor e sacristia.</p>
1947/1948	<p>Tomada das juntas das aduelas do arco triunfal; reajustamento das cantarias do cumhal S. junto à sacristia; construção de degraus para a capela-mor e assentamento sobre fundação de alvenaria, com argamassa hidráulica; consolidação das cantarias da base da parede posterior da capela-mor; colocação de pavimento lajeado na capela-mor; consolidação do tecto de caixotões da capela-mor; construção de novo telhado para a capela-mor; assentamento de taburnos de madeira; execução e assentamento de sete vitrais para as frestas; demolição do alpendre do portal lateral S. da nave.</p>
1949	<p>Reconstrução total da armação do telhado da sacristia, em madeira de castanho, incluindo o apeamento e construção de frechais em betão armado; assentamento de telha nacional no novo tecto; construção e assentamento do novo altar em cantaria na capela-mor; execução e assentamento de lajedo de cantaria no pavimento da sacristia.</p>
1950	<p>Reconstrução do lajedo da sacristia, incluindo a impermeabilização do terreno e colocação de degraus de acesso; construção de vitrais para sacristia; conclusão dos degraus e maciços para assentamento do altar da capela-mor.</p>
1952	<p>Desobstrução e limpeza do dreno de alvenaria das águas pluviais; limpeza e arranjo do pavimento do exonártex, incluindo a substituição de lajedo e soleiras em cantaria, bem como a tomada de juntas com argamassa de cimento e areia; desentapamento do portal e fresta primitiva, que ligava com a sacristia; entaipamento do portal existente; remate do lajedo, no acesso da capela-mor à sacristia; rebaixamento e reposição de duas soleiras na sacristia e abertura de meias canas e furos para escoamento de águas;</p>
1955	

- arranjo do acesso à sacristia e porta lateral da igreja, incluindo limpeza e rebaixamento do pavimento, lajedo assente em betonilha argamassada, maciços e muro de suporte em alvenaria, degraus, patamares e murete em cantaria assentes com argamassa de cimento e areia, caixas e dreno para águas pluviais; fornecimento e assentamento de portas em madeira de castanho, incluindo ferragens e pintura, na sacristia e exonártex; fornecimento e assentamento de taburnos de madeira de castanho para o exonártex.
- 1957 Execução de drenos de alvenaria junto da fachada lateral Sul; execução de lajedo em cantaria para o adro; execução e assentamento de portas em madeira de castanho; execução e assentamento de uma escada e guarda em madeira de castanho para o púlpito; fornecimento e assentamento de uma banquetta e sacrário de talha dourada; execução e assentamento de vitral para a fresta acima do arco triunfal.
- 1958 Obras de alargamento e arranjo do adro: escavação e regularização do terreno; arranque e arrumação provisória dos degraus de cantaria e respectivo maciço de alvenaria do adro; demolição de muros de vedação; construção de maciços de alvenaria para assentamento de degraus; construção de alicerces para os muros de suporte; construção de paredes de alvenaria regular; reparação de muro de suporte do caminho; construção de guias de cantaria para limitar os taludes; execução de cantaria apicoada e assente em degraus; construção e assentamento de marcos de cantaria na entrada da escada posterior; construção de calçada em alvenaria de juntas irregulares; reparação e novo assentamento do portão do muro reconstruído para alargamento do caminho; desmonte de latada de vinha e novo alinhamento do caminho; arrelvamento dos taludes em redor do adro; plantação de cedros no acesso ao caminho principal; construção de esgoto de betão no adro; execução de um muro para suporte das terras do adro S.; desaterro da parte N. do adro; assentamento de passeio no lado N.; execução do lajedo do espaço contíguo à fachada principal; execução de passeios em torno do campanário; apeamento de uma sineira existente no campanário; consolidação do campanário e execução de uma cornija que faltava.
- 1959 Remoção dos frescos existentes na fresta entaipada da capela-mor; escavação e regularização do adro; construção de muro de vedação do adro e arranjo dos acessos; continuação da colocação do pavimento do adro; escavação de terras para regularização do terreno em redor do campanário; construção do muro de suporte do lado S. do campanário; construção do muro de vedação do lado NE. do adro; recalçamento do campanário; construção de um colector para águas pluviais; assentamento de passeio junto à fachada posterior; limpeza das juntas das cantarias das paredes; limpeza dos frescos; restauro da pintura do tecto da capela-mor; construção de um baldaquino para a custódia; construção de um arcaz para a sacristia; modificação e arranjo do sacrário.
- 1960/61 Reparação do telhado; renovação da instalação eléctrica.
- 1965 Execução de escada de acesso aos sinos do campanário.
- 1974 Aplicação de isolante em alguns pontos dos paramentos exteriores; construção de uma caleira de pedra; limpeza dos telhados; execução de caleiras, rufos e tubos de queda de águas pluviais; pintura de portas exteriores.
- 1975 Isolamento de empenas.
- 1978 Trabalhos de conservação para a preservação dos frescos: levantamento do passeio do adro, rebaixamento da sua caixa e regularização do terreno; tratamento de paredes e coroamentos de empenas, incluindo a limpeza e aplicação de argamassa nas juntas; aplicação de isolante nas empenas.

1982	Limpeza geral do telhado; pintura de portas e da escada do campanário.
1985	Lavagem do paramento exterior soterrado da sacristia; impermeabilização do mesmo pavimento; abertura de juntas, lavagem e refechamento nos paramentos exteriores do arco triunfal; colocação de ventiladores em alumínio.
1993	Revisão parcial do telhado; remoção do pavimento de madeira e alcatifa que reveste o lajeado da capela-mor; reparação de portas e taburnos do exonártex e nave.
2004	Obras de tratamento dos espaços exteriores - 1ª fase.

©DGPC/SIPA

**Tabela 22.** Obras realizadas na Igreja de S. Tiago.

Data	Alteração
Séc. XVI	Remodelação de algumas zonas do templo, nomeadamente da fachada principal, com a abertura de novo portal axial e construção do campanário.
Séc. XVII	Reconstrução da nave e abertura das janelas em capialço; execução da estrutura arco triunfal.
Séc. XVIII	Execução do retábulo-mor e dos retábulos colaterais.
Séc. XX	Limpeza de cantarias e refechamento de juntas.

©DGPC/SIPA

**Tabela 23.** Intervalos aceitáveis de Temperatura e Humidade relativa para algumas obras de arte segundo a Norma Italiana UNI 10829

Material	Temperatura (°C)	Humidade Relativa (%)
Frescos	6-25	45-60
Argamassa	21-23	45-55
Pedra/rocha/mineral	19-24	40-60
Pintura sobre madeira	19-24	50-60
Painéis em madeira	19-24	45-60

©2015, A Autora

**Tabela 24.** Monitorização por higrómetro da Temperatura e Humidade Relativa para o interior da Igreja de Santa Eulália nos dias 15 e 16 de Abril de 2014

Igreja Sta. Eulália				
Monitorização	Local medição	Hora	Temperatura (°C)	Humidade Relativa (%)
15.04.2014	1.	16h00	18	71,4
	2.	16h15	17,5	74,6
	3.	16h30	17,9	71,9
	4.	10h30	16,9	74,1
16.04.2014	5.	12h00	16,9	72,6
	6.	12h30	17,1	73,3
	7.	15h00	17,3	70,6

1. Parede do arco triunfal, lado do Evangelho (base do Pentecostes). 2. Parede do arco triunfal, lado da Epístola (base da Coroação da Virgem). 3. Parede O. à esquerda do pórtico principal (pia de água benta). 4. Parede do arco triunfal, lado do Evangelho (base do Pentecostes). 5. Parede N. à direita do pórtico lateral (parapeito). 6. Parede S. à esquerda do pórtico lateral (parapeito). 7. Parede O. à direita do pórtico principal (pia baptismal).  
©2015, A Autora

**Tabela 25.** Monitorização da Temperatura e Humidade Relativa para o interior da Igreja de S. Tiago a 21 de Maio de 2015

Igreja S. Tiago				
Monitorização	Local medição	Hora	Temperatura (°C)	Humidade Relativa (%)
21.05.2015	1.	11h30	17,7	48,3
	2.	16h00	17,9	48,7

1. Parede N. (pórtico lateral). 2. Ao centro da capela-mor (altar-mor). ©2015, A Autora







**Igreja de Santa Cristina**

Tabela 30. Os fatores de risco, danos e mitigação no interior da Igreja de Santa Cristina: pinturas murais e arte e pinturas murais em contrapelo.

Fatores de risco	Riscos potenciais	Danos ocorridos	Medidas preventivas
Forças Físicas	Terremotos – perda parcial ou integral. Vibração. Choque. Abrasão.	X	Impedir o tráfego de veículos pesados em torno da igreja (tráfego com autorizados locais). Proteção Civil – bombeiros, polícia, etc. Plano de emergência prévia.
Fogo	Emprego de madeira pintada com pó de giz ou total. Redução e cota de contrapelo. Fuligem como fonte microclimática.	X	Sistema de alarme de fumo. Extintores. Vídeo-vigilância.
Ruínas/Vandalismo	Peça inacessível.	X	Segurança. Vídeo-vigilância. Sistema de alarme.
Água	Inundações – Curso de água subterrânea.	Lacuna de polímero. Deslocamento do reboco. Polimerização do cimento. Bioincrustação.	Detetagem nos fundações. Cortes hidroscópicos nos paramentos. Devorir de curso de água. Manutenção e desobstrução das calzetes. Verificação periódica das telhas e cobertura. Revoque de juntas. Portas e janelas calafetadas. Segurança. Vídeo-vigilância.
Peggo	1. Consumo de material orgânico deturpando linhas e garbadas com pó de giz. Exatidão acida que corrompe o desenho. 2. Janelas com vidro opaco. 3. Insetos. 4. Fungos xilófagos. 5. Fungos bacterianos.	1. O contrapelo não previene sofrer de ataque xilófago. 2. A pintura mural em contrapelo não previene sofrer de bioincrustação. 3. Insetos. 4. Fungos xilófagos. 5. Fungos bacterianos.	Impedir a infiltração de água. Colocação de telhas e cobertura. Limpeza frequente. Portas e janelas bem vedadas. Cobertura de molduras com tela (para passar se não apetida para abrigar contaminantes e espores) nas janelas quando abertas para agarrar as partículas aéreas. Ventilação de ar.
Contaminantes	Monitorização de carbono (CO), óxido de nitrogénio (NOx), dióxido de carbono (CO2), ácido clorídrico (HCl), ácido sulfúrico (H2SO4) e ácidos de azoto (NO2, NO). Dióxido de carbono (CO2) que reage com a água (H2O) dos materiais e se torna nos carbonatos ácidos sulfúricos (H2SO4) e carbonatos (H2CO3). Partículas aéreas transportadas pelo vento causam abrasão e erosão e são mais para fendas e bacias. Gases voláteis (ácido acético) liberados pela madeira provocam eflorescências em materiais calcários.	Biologia – biodeterioração por fungos e bactérias de superfície.	Limpeza frequente. Portas e janelas bem vedadas. Cobertura de molduras com tela (para passar se não apetida para abrigar contaminantes e espores) nas janelas quando abertas para agarrar as partículas aéreas. Ventilação de ar.
Luz/UV	Devoce. Aumento de T. Partes de madeira pintadas. Bioincrustação. Artificial. Aumento de T. Vela. Cálculos. Gases contaminantes. Deposição de partículas de fumo. Escurecimento. Alteração cromática. Empoamento. Frituras.	Condições para colonização biológica.	Medidas de intensidade luminosa. Evitar a luz solar direta sobre as pinturas. Filtrar UV ou outros nos janelas. Controlar a iluminação artificial por substituição da iluminação existente por lâmpadas LED.
Humidade Relativa	Alta. Diminuição da T. Infiltração. Condensação. Criação de umidade. Bactérias. Fungos. Descoloração. Empoamento. Descoloração. Frituras. Manchas. Alteração cromática. Polimerização. Condensação. Aceleração da degradação. Variação/Amoedamento – materiais diferentes são tratados com maior incidência na parede S. Adoção e com periodicidade regular (verificação de reboco e polimerização de juntas e pigmentos). Fissuras. Cracks. Deformações. Falha de do reboco, antigas e de resina e de alvenaria. Pó de giz.	Excesso de humidade do terreno com salinidade. Manchas. Contato por biodeterioração biológica. Fungos. Geração de umidade do ar. Deslocamento de reboco e polimerização de juntas e pigmentos.	Manchas. Cobertura de molduras com tela (para passar se não apetida para abrigar contaminantes e espores) nas janelas quando abertas para agarrar as partículas aéreas. Ventilação de ar.
Temperatura	Alta. Diminuição de T. Respingos químicos. Amolecimento de reboco. Aumento de umidade. Descoloração de pigmentos. Bactérias. Aumento de T. Promove a condensação. Ressecamento. Frituras. Cálculos de expansão e contração.	Condensação. Ancho no biodeterioração.	Sistema de T e HR. Sistema de isolamento térmico da cobertura. Filtrar UV. Cortinas nas janelas nos períodos de maior calor. Não utilizar fontes de aquecimento artificiais.
Procedimento regulante	Falta de cuidado impede perda significativa. Abrasão.	Mais práticas de limpeza e manutenção. Abrasão das pinturas. Perda de decoreado da coloração dos alvares.	Atenção de formação dos alvares, equipamentos de limpeza e públicos em geral.
CS2016, A Autora			

Tabela 31. Os fatores de risco, danos e mitigação na Igreja de Santa Cristina: granito.

Fatores de risco	Riscos potenciais	Danos ocorridos	Medidas preventivas
Forças Físicas	Terremotos – perda parcial ou integral. Vibração. Choque. Abrasão. Vento.	X	Proteção Civil – bombeiros, polícia, etc. Plano de emergência prévia. Contorno.
Fogo	Emprego de madeira pintada com pó de giz ou total. Desaparelhamento de estrutura construída da grama com desamortecimento de material.	X	Sistema de alarme de fumo. Extintores. Vídeo-vigilância.
Vandalismo	Gravado. Destroço parcial ou total.	X	Segurança. Vídeo-vigilância.
Água	Inundações – Curso de água subterrânea.	Solo. Bioincrustação.	Detetagem de curso de água. Corte de drenagem nos fundações. Cortes hidroscópicos nos paramentos. Manutenção e desobstrução das calzetes. Verificação periódica das telhas e cobertura. Revoque de juntas. Portas e janelas calafetadas. Segurança. Vídeo-vigilância.
Peggo	1. Aquecimento com a aproximação das condições climatéricas mais adversas nos períodos secos. Desgastes e manchas de reboco e telhas. 2. Exatidão de ácidos para substituição da alvenaria. 3. Fungos xilófagos. 4. Fungos bacterianos. 5. Fungos. 6. Rastreamentos.	1. Exatidão – separatura com perfurações coloração biológica. Lignina e murex no reboco de las. Alvenaria e elementos arquitetónicos. Adesivos. Manchas. Infiltração na parede N. e O da capela. Planta superior com juntas abertas. 2. Manchas interiores de reboco S. e reboco. 3. Manchas negras em alguns blocos por bioincrustação fúngica na fachada interior Norte. 4. Não se observam pragas de escorrelas de roedores ou rastreamentos no interior da igreja.	1. Evitar a infiltração de água. Colocação de telhas e cobertura. Limpeza frequente. Portas e janelas bem vedadas. Cobertura de molduras com tela (para passar se não apetida para abrigar contaminantes e espores) nas janelas quando abertas para agarrar as partículas aéreas. Ventilação de ar.
Contaminantes	Monitorização de carbono (CO), óxido de nitrogénio (NOx), dióxido de carbono (CO2), ácido clorídrico (HCl), ácido sulfúrico (H2SO4) e ácidos de azoto (NO2, NO). Dióxido de carbono (CO2) que reage com a água (H2O) dos materiais e se torna nos carbonatos ácidos sulfúricos (H2SO4) e carbonatos (H2CO3). Partículas aéreas transportadas pelo vento causam abrasão e erosão e são mais para fendas e bacias.	Possibilidade de existência de espores e partículas aéreas transportadas por correntes de ar do exterior para o interior.	Limpeza frequente. Portas e janelas bem vedadas. Cobertura de molduras com tela (para passar se não apetida para abrigar contaminantes e espores) nas janelas quando abertas para agarrar as partículas aéreas. Ventilação de ar.
Luz/UV	Frituras de T e HR.	Calor e radiação solar contribuem para a atividade microbiana.	Medidas de intensidade luminosa. Filtrar UV nas janelas. Substituição da iluminação artificial por lâmpadas LED (luz de menor temperatura).
Humidade Relativa	Alta. Diminuição da T. Infiltração. Condensação. Frituras de material. Fungos. Eflorescências. Fracturas. Polimerização. Desaparelhamento. Manchas. Bioincrustação.	Excesso de humidade do terreno com salinidade por capilaridade. Condensação. Solo no parâmetro N. Infiltração no cimo superior N2. Alteração cromática. Lignina por condutividade térmica consistente de um bloco de granito na fachada S e reage por bioincrustação. Frituras.	Manchas. Aplicação de hidrorepelente. Controlar de T e HR. Limpeza frequente dos materiais no parâmetro Norte. Verificação de juntas. Reparação da cobertura e vedação. Portas e janelas vedadas. Ventilação adequada. Abrasão de portas e janelas nos dias de sol no verão por calor e abrasão brusca de UV.
Temperatura	Alta. Diminuição de T. Respingos químicos. Amolecimento de reboco. Aumento de umidade. Descoloração de pigmentos. Bactérias. Aumento de T. Promove a condensação. Ressecamento. Frituras. Cálculos de expansão e contração. Frituras. Descoloração. Condensação. Biodeterioração.	Condensação. Ancho no biodeterioração.	Controlar de T e HR. Sistema de isolamento térmico da cobertura. Não utilizar aquecedores.
Procedimento regulante	Alterar. Materiais em contacto com o reboco. Juntas em contacto tipo Portland. Material em contacto com reboco. Granito e pedras levam a fracturas das reboco e deslocamento de material, reboco água e infiltração a sua consequência, etc.	Mais atenção na aplicação de argamassas de reboco. Infiltração N.	Substituição das juntas de cimento tipo Portland por argamassas de reboco. Cobertura de molduras com tela (para passar se não apetida para abrigar contaminantes e espores) na época de limpeza e públicos em geral.
CS2016, A Autora			

Tabela 32. Os fatores de risco, danos e mitigação no interior da Igreja de Santa Cristina: património integrado – escultura e pedras em madeira policromada, sacristia em madeira e telha doada, tecto policromado e com falta de cura, elementos metálicos.

Fatores de risco	Riscos potenciais	Danos ocorridos	Medidas preventivas
Forças Físicas	Terremotos – perda parcial ou integral. Vibração. Choque. Queda. Abrasão.	X	Colocar suportes que atenuem os movimentos vibratórios. Impedir o tráfego de veículos pesados em torno da igreja (tráfego com autorizados locais). Proteção Civil – bombeiros, polícia, etc. Plano de emergência prévia.
Fogo	Emprego de madeira pintada com pó de giz ou total. Empoamento da superfície. Deposição de cinzas. Fuligem como fonte microclimática. Deslocamento.	X	Sistema de alarme de fumo. Extintores. Vídeo-vigilância.
Ruínas/Vandalismo	Peça inacessível.	X	Sistema de alarme. Segurança. Vídeo-vigilância.
Água	Inundações – Curso de água subterrânea. Aumento de HR e diminuição da T.	X	Detetagem de curso de água. Manutenção e desobstrução das calzetes. Verificação periódica das telhas e cobertura. Revoque de juntas. Portas e janelas calafetadas. Segurança. Vídeo-vigilância.
Peggo	1. Consumo de material orgânico deturpando linhas e garbadas com pó de giz. Exatidão acida que corrompe o desenho. 2. Janelas com vidro opaco. 3. Insetos. 4. Fungos xilófagos. 5. Fungos bacterianos.	1. O património integrado em madeira não previene sofrer de ataque xilófago. 2. Vandalismo não é preventivo, mas em espores criado cortando o aparelho em toda a superfície, com maior ou menor atividade ao necessitando das condições ideais de T e HR, luz para se desenvolver.	Impedir a infiltração de água. Colocação de telhas e cobertura. Limpeza frequente. Portas e janelas bem vedadas. Cobertura de molduras com tela (para passar se não apetida para abrigar contaminantes e espores) nas janelas quando abertas para agarrar as partículas aéreas. Ventilação de ar.
Contaminantes	Monitorização de carbono (CO), óxido de nitrogénio (NOx), dióxido de carbono (CO2), ácido clorídrico (HCl), ácido sulfúrico (H2SO4) e ácidos de azoto (NO2, NO). Dióxido de carbono (CO2) que reage com a água (H2O) dos materiais e se torna nos carbonatos ácidos sulfúricos (H2SO4) e carbonatos (H2CO3). Partículas aéreas transportadas pelo vento causam abrasão e erosão e são mais para fendas e bacias. Gases voláteis (ácido acético) liberados pela madeira corrompem as pedras e em materiais calcários.	Biologia – biodeterioração por fungos e bactérias de superfície.	Limpeza frequente. Cobertura de molduras com tela (para passar se não apetida para abrigar contaminantes e espores) nas janelas quando abertas para agarrar as partículas aéreas.
Luz/UV	Variação de T e HR. Partes de madeira pintadas. Bioincrustação. Artificial. Aumento de T. Vela. Cálculos. Gases contaminantes. Deposição de partículas de fumo. Escurecimento. Alteração cromática. Empoamento. Frituras.	Condições para colonização biológica.	Medidas de intensidade luminosa. Evitar a luz solar direta sobre os alvares. Filtrar UV nas janelas. Substituição da iluminação artificial por lâmpadas LED (luz de menor temperatura).
Humidade Relativa	Alta. Diminuição da T. Infiltração. Condensação. Frituras de material. Fungos. Eflorescências. Fracturas. Polimerização. Desaparelhamento. Manchas. Bioincrustação.	Excesso de humidade do terreno. Cálculos. Solo no parâmetro N. Infiltração no cimo superior N2. Alteração cromática. Lignina por condutividade térmica consistente de um bloco de granito na fachada S e reage por bioincrustação. Frituras.	Manchas. Aplicação de hidrorepelente. Controlar de T e HR. Limpeza frequente dos materiais no parâmetro Norte. Verificação de juntas. Reparação da cobertura e vedação. Portas e janelas vedadas. Ventilação adequada. Abrasão de portas e janelas nos dias de sol no verão por calor e abrasão brusca de UV.
Temperatura	Alta. Diminuição de T. Respingos químicos. Amolecimento de reboco e cota. Aumento de umidade. Descoloração de pigmentos. Bactérias. Aumento de T. Promove a condensação. Ressecamento. Frituras e fracturas abasas dos PC.	Biodeterioração. Frituras e deslocamento de polímero na escultura policromada do Cristo Crucificado (na sacristia).	Controlar de T e HR por sistema ativo (desumidificadores, e condensadores, ventiladores, etc.) ou passivo (insulamento por detecção da humidade higroscópica de edifícios). Cobertura calafetada. Portas e janelas bem vedadas. Ventilação adequada e com periodicidade regular (vernal).
Procedimento regulante	Manuseamento incorreto. Abrasão. Desgaste.	Falta de limpeza.	Atenção de formação dos alvares, equipamentos de limpeza e públicos em geral.
CS2016, A Autora			

Tabela 33. Níveis de risco para todos os agentes de deterioração do património móvel e imóvel da Igreja de Santa Cristina.

Fatores de risco	Probabilidade de danos	Perda proporcional de valor	Franco acesso em risco	Valor intrínseco em risco	Níveis de risco
Forças Físicas	1	3	2	2	8
Fogo	1	1	1	1	5
Ruínas/Vandalismo	2	1	1	1	4
Água	2	2	3	3	9
Peggo	3	2	1	1	8
Contaminantes	3	1	1	2	7
Luz/UV	1	1	1	0	3
Humidade Relativa	3	2	2	2	9
Temperatura	3	2	2	2	9
Procedimento regulante	3	2	1	2	8
CS2016, A Autora					



**Igreja de S. Tiago**

**Tabela 34. Os factores de risco, danos e mitigação no interior da Igreja de S. Tiago: pintura mural.**

Factores de risco	Riscos potenciais	Danos ocorridos	Medida preventiva
Forças Físicas	Terramoto, sismos - destruição parcial ou integral. Vibração. Choque. Abalo. Vento.	X	Impedir o tráfego de veículos pesados em torno da igreja (tráfego com materiais pesados). Protecção Civil - bombas, polícias, etc. Plano de emergência prévio.
Fogo	Empenamento da camada cromática com perda parcial ou total. Fulguração como fonte metéorica adicional.	X	Sistema de alarme de fumo. Extintores. Vídeo-vigilância.
Robo/ Vandalismo	Perda recuperável.	X	Segurança. Vídeo-vigilância. Sistema de alarme.
Água	Inundações - Curso de água subterrâneo.	X	Manutenção e desentupimento das calzetras. Verificação periódica das telhas e coberturas. Revisão de juntas. Portas e janelas bem vedadas. Segurança. Vídeo-vigilância.
Pragas	1. Crispa contendo ideias para o desenvolvimento de colonização microbiana. 2. Decompositores. Produção de pigmentos. Filizes. mo fungos pela proximidade dos aldrabs. 1. Insectos xilófagos 2. Fungos 2. Fungos bactérias	1. Posse e existência de fongos da madeira. 2. Marchas escuras por biocoloração 3. Manchas escuras por biocoloração 4. Manchas escuras por biocoloração 5. Manchas escuras por biocoloração	1. Identificação dos aldrabs e limpeza frequente. 2. Limpeza periódica a seco com cerdas suaves locais a cabo por conservadores. 3. Aplicação de brocha testada e adequado.
Contaminantes	Monóxido de carbono (CO), óxido de nitro (NOx), ácido clorídrico (HCl), óxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) e óxido de azoto (NO <sub>2</sub> , NO), dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) que reage com a água (H <sub>2</sub> O) dos materiais e se torna nos corrosivos ácidos sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) e carbónico (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ). Partículas aéreas transportada pelo vento causam abalo e erosão e são meio para fungos e bactérias. Gases voláteis (ácido acético) libertados pela madeira provocam eflorescência em materiais calcários.	1. Poluição atmosférica. 2. Transmissão de esporos e bactérias da parede exterior e interior.	Limpeza frequente. Portas e janelas calcificadas. Colocação de molduras com tela (para passar a mão apertada para não passar contaminantes e esporos nas janelas quando abertas para agarrar as partículas aéreas. Ventilação de ar.
Luz UV	Direcção. Aumento da T. Perda de camada cromática. Artefactos. Aumento da T. Vazos. Calor. Gases contaminantes. Deposição de partículas de fumo. Empenamento. Alteração cromática. Empenamento. Fissuras.	Calor e radiação solar promovem actividade microbiana.	Medições de intensidade luminosa. Filtros UV ou cortinas nas janelas. Controlo da iluminação artificial por substituição da iluminação existente por lâmpadas LED (baixo de baixo consumo e de maior longevidade).
Humidade Relativa	Alta. Diminuição da T. Infiltração. Condensação. Controlando. Excesso de humidade do terreno com tubagem de sua. Biocoloração. Pulverulência. Corrosão ácida da água por capilaridade. Condensação. Controlo da T e HR. Limpeza química dos Decaimentos. Lacunas. Fungos. Fracturas. Descolamento. Reaquecimento. Variações. Variações dimensionais - materiais diferentes têm coeficiente de dilatação diferentes (granito, argamassa de cal e biocoloração. Fungos generalizados. calcificação. Ventilação adequada e com ar seco e pigmentos). Fissuras. Crapafedros. Deformações. Falha de lacunas da camada cromática e reboco em periodicidade regular definida.	Desumidade por uma junta aberta e suas aderidas com argam. Reparação da eflorescência salina (na sua aderida) na cobertura e telhado. Reforçamento de juntas.	Controlo da T e HR. Sistema de isolamento térmico da cobertura. Filtros UV. Cortinas nas janelas nos períodos de maior calor. Não utilizar aquecedores artificiais.
Temperatura	Alta. Diminuição da HR. Fenómenos químicos. Aquecimento de aldrabs. Aquecimento de vermes. Decoloração de pigmentos. Baixa. Aumento da HR. Promove a condensação. Reaquecimento. Fissuras e fracturas abultas do PC. Variações. Ciclos de expansão e contração.	Biocoloração.	Controlo da T e HR. Sistema de isolamento térmico da cobertura. Filtros UV. Cortinas nas janelas nos períodos de maior calor. Não utilizar fontes de aquecimento artificiais.
Procedimento negligente	Falha de cuidado implica perda significativa. Abalo.	Lacunas da camada cromática por acção humana. Colocação de tubagem eléctrica. Mau práticas de limpeza e manutenção.	Melhora da instalação eléctrica. Acções de formação dos elétricos, equipa de limpeza e público em geral.

**Tabela 35. Os factores de risco, danos e mitigação na Igreja de S. Tiago: granito.**

Factores de risco	Riscos potenciais	Danos ocorridos	Medida preventiva
Forças Físicas	Terramoto - perda parcial ou integral. Vibração. Choque. Abalo. Vento.	X	Protecção Civil - bombas, polícias, etc. Plano de emergência prévio. Corta-vento.
Fogo	Empenamento da superfície. Deposição de cinzas. Descolamento da camada cromática do granito com descolamento de material.	X	Sistema de alarme de fumo. Extintores. Vídeo-vigilância.
Vandalismo	Gratificação. Destruição parcial ou total.	X	Segurança. Vídeo-vigilância.
Água	Inundações - Curso de água subterrâneo.	X	Manutenção e desentupimento das calzetras. Verificação periódica das telhas e coberturas. Revisão de juntas. Portas e janelas bem vedadas. Segurança. Vídeo-vigilância.
Pragas	1. Aparecem com o agravamento das condições climatéricas mas sobrevivem nos períodos secos. 1. Insectos xilófagos 2. Fungos bactérias	1. Exterior - Biocoloração na zona central das fachadas N, E e S e nas esportas. Também nos escafos das fachadas N e E, com excepção da capela. 2. Marchas escuras em alguns blocos de granito onde há lacunas da camada cromática e das rebocos por biocoloração fúngica, na parede fundeira e pared lateral superior.	1. Lavagem das fachadas com sabão neutro e escova de cerdas naturais periodicamente. Aplicação de brocha testada em diferente coloração de exterior. 2. Aplicação de brochas testadas e adequadas aos diferentes microclimas de exterior e interior. 3. Lavagem das fachadas exteriores com sabão neutro e escovas de cerdas naturais periodicamente. Limpeza das juntas interiores a seco com cerdas naturais. Controlo da T/HR. Aumento da iluminação.
Contaminantes	Monóxido de carbono (CO), óxido de nitro (NOx), ácido clorídrico (HCl), óxido de enxofre (SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> ) e óxido de azoto (NO <sub>2</sub> , NO), dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) que reage com a água (H <sub>2</sub> O) dos materiais e se torna nos corrosivos ácidos sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) e carbónico (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ). Partículas aéreas transportada pelo vento causam abalo e erosão e são meio para fungos e bactérias.	Biocoloração possivelmente por acumulação de esporos que penetram de exterior e interior.	Limpeza frequente. Colocação de molduras com tela (para passar a mão apertada para não passar contaminantes e esporos nas janelas quando abertas para agarrar as partículas aéreas. Portas e janelas calcificadas. Ventilação de ar.
Luz UV	Infiltrações da T e HR.	Calor e radiação solar contribuem para a actividade microbiana.	Medições de intensidade luminosa. Filtros UV nas janelas. Substituição da iluminação artificial por lâmpadas LED (baixo e de maior longevidade).
Humidade Relativa	Alta. Diminuição da T. Infiltração. Condensação. Falha do material. Fungos. Eflorescência. Crispedescolamento. Fracturas. Pulverulência. Descolamento. Manchas. Biocoloração.	Excessiva humidade do terreno com tubagem de água por capilaridade. Condensação. Infiltração no aldrab ou lado da pia baptismal, na fachada O. Alteração cromática escura por biocoloração na parede central e lateral esquerda, nos blocos de granito (já sem reboco) no reboco.	Desumidade nas fundações. Cortes hidróticos nos paramentos. Aplicação de hidrorepelente. Controlo da T e HR. Revisão de juntas. Coberturas seladas. Portas e janelas bem vedadas. Ventilação adequada. Abertura de portas e janelas em dias de sol mais quente em ordem a abater as brumas de T/HR.
Temperatura	Alta. Diminuição da HR. Fenómenos químicos. Baixa. Aumento da HR. Promove a condensação. Fissuras e fracturas abultas do PC. Variações. Pulverulência. Fissuras. Fracturas. Decaimento. Contração-dilatação nos ciclos de secagem e gelagem. Quando a T sobe a água constante dos materiais congela e aumenta de volume; quando a T sobe, a água descongela.	Biocoloração.	Controlo da T e HR. Sistema de isolamento térmico da cobertura. Não utilizar aquecedores.
Procedimento negligente	Abalo. Restos ou resíduos não recolhidos. Fungos em cimento tipo Portland eiam também entre blocos de granito e podem levar à fissuras das rebocos de descolamento de material, reboco água e empolpa na sua evaporação; são.	Lacunas do suporte pela colocação de aldrabs e pela instalação eléctrica. Mau reboco na substituição das juntas calcárias originais por argamassa e cimento tipo Portland em todo o monumento. Aplicação destas argamassas também no aldrab ou lado da pia baptismal e sob a pia de água quente no parafuso principal O.	Melhora da instalação eléctrica. Substituição das massas de cimento tipo Portland por argamassa de cal. Acções de formação dos elétricos, equipa de limpeza e público em geral.

**Tabela 36. Os factores de risco, danos e mitigação no interior da Igreja de S. Tiago: património integrado - altar-mor em talha dourada e madeira policromada, pinturas sobre talha, esculpturas em madeira policromada, sacristia em madeira e talha dourada, tecto da nave em madeira policromada; tecto da capela-mor em cartões de madeira policromada, sacristia em madeira policromada a fígura (talha), elementos metálicos.**

Factores de risco	Riscos potenciais	Danos ocorridos	Medida preventiva
Forças Físicas	Terramoto - perda parcial ou integral. Vibração. Choque. Queda. Abalo.	X	Colocar apoios que atenuem os movimentos vibratórios. Impedir o tráfego de veículos pesados em torno da igreja (tráfego com materiais pesados). Protecção Civil - bombas, polícias, etc. Plano de emergência prévio.
Fogo	Empenamento da camada pictórica com perda parcial ou total. Empenamento da superfície. Deposição de cinzas. Fulguração como fonte metéorica adicional. Decaimento.	X	Sistema de alarme de fumo. Extintores. Vídeo-vigilância.
Robo/ Vandalismo	Perda parcial ou total.	X	Sistema de alarme. Segurança. Vídeo-vigilância.
Água	Inundações - Curso de água subterrâneo.	X	Manutenção e desentupimento das calzetras. Verificação periódica das telhas e coberturas. Revisão de juntas. Portas e janelas bem vedadas. Segurança. Vídeo-vigilância.
Pragas	1. Consumo de material orgânico durante limpeza e manutenção com perda de material. Excessos ácidos que corrompem e degradam. Sarcos. 2. Consumo de material orgânico e inorgânico. Produção de pigmentos. Manchas. Segregação de produtos metabólicos ácidos. Podridão. Retenção de humidade. Alteração da T/HR.	1. O altar-mor sofre de atropelamento acidental. 2. Visivamente não é perceptível, mas os espores caem constantemente depositados em todas as superfícies, com maior ou menor actividade de crescimento das condições ideais de T/HR e luz para se desenvolverem.	1. Identificação, impedir a acumulação de pó com limpeza frequente a seco. 2. Limpeza assídua. Controlo da T/HR. Aumento da iluminação. Aplicação de brochas preventivas adequadas aos diferentes materiais. Não utilizar sem humectante ou oleosos. Inspeção periódica da madeira para deteção de orifícios e acções. Limpar a grama nos espacos e telas nas janelas em portas para impedir a entrada de roedores e aves/morçongos. Colocar armadilhas de aldrabs e inspeccionar as com periodicidade regular (mensal).
Contaminantes	Monóxido de carbono (CO), óxido de nitro (NOx), ácido clorídrico (HCl), óxido de enxofre (SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> ) e óxido de azoto (NO <sub>2</sub> , NO), dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) que reage com a água (H <sub>2</sub> O) dos materiais e se torna nos corrosivos ácidos sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) e carbónico (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ). Partículas aéreas transportada pelo vento causam abalo e erosão e são meio para fungos e bactérias. Gases voláteis (ácido acético) libertados pela madeira corrompem ou metais e provocam eflorescência na pedra e em materiais calcários.	Excesso - Fungos; água; luz de ar; oxidação dos metais e cores. Biológicos - biocoloração por esporos transportados em correntes de ar.	Limpeza frequente. Colocação de molduras com tela nas janelas quando abertas para agarrar as partículas aéreas. Portas e janelas calcificadas. Ventilação de ar.
Luz UV	Variações da T/HR. Perda de camada pictórica. Biocoloração. Alho (material ou artificial). Alteração da cor das do património das paredes por luz directa.	Calor e radiação solar promovem actividade microbiana. Descoloração dos elementos metálicos por luz directa.	Medições de intensidade luminosa. Filtros UV e luz solar directa sobre os objectos. Filtros UV nas janelas. Substituição da iluminação artificial por lâmpadas LED (baixo de baixo consumo e de maior longevidade).
Humidade Relativa	Alta. Diminuição da T. Infiltração. Condensação. Falha do material. Fungos. Eflorescência. Crispedescolamento. Fracturas. Fracturas. Biocoloração. Podridão. Manchas. Metal. Oxidación. Corrosão. Pulverulência. Condensação de suas. materiais orgânicos. biopigmentos. oxidação de elementos metálicos de fricção de aldrab e das elementos metálicos de carpenteria.	Ciclo seco-húmido devido para a presença de água nos materiais orgânicos. biopigmentos. oxidação de elementos metálicos de fricção de aldrab e das elementos metálicos de carpenteria.	Controlo da T e HR por sistemas activos (desumidificadores, ar condicionado, ventiladores, etc.) ou passivos (isolamento térmico para deteção da humidade higroscópica de edifícios). Coberturas bem vedadas. Portas e janelas calcificadas. Ventilação adequada e com periodicidade regular definida.
Temperatura	Alta. Diminuição da HR. Fenómenos químicos. Aquecimento de aldrabs e cores. Aquecimento de vermes. Decoloração de pigmentos. Baixa. Aumento da HR. Promove a condensação. Reaquecimento. Fissuras e fracturas abultas do PC.	Biocoloração.	Controlo da T e HR. Sistema de isolamento térmico da cobertura. Filtros UV. Cortinas nas janelas nos períodos de maior calor. Não utilizar aquecedores.
Procedimento negligente	Manuseamento incorrecto. Abalo. Degradação. Fungos. Fracturas. Decaimento. Contração-dilatação nos ciclos de secagem e gelagem. Quando a T sobe a água constante dos materiais congela e aumenta de volume; quando a T sobe, a água descongela.	Lacunas do suporte pela colocação de aldrabs e pela instalação eléctrica. Mau reboco na substituição das juntas calcárias originais por argamassa e cimento tipo Portland em todo o monumento. Aplicação destas argamassas também no aldrab ou lado da pia baptismal e sob a pia de água quente no parafuso principal O.	Remoção de plantas, flores e materiais orgânicos das proximidades dos aldrabs. Acções de formação dos elétricos, equipa de limpeza e público em geral.

**Tabela 37. Níveis de risco para todos os agmets de deterioração do património móvel e imóvel da Igreja de S. Tiago.**

Factores de risco	Probabilidade de danos	Perda proporcional de valor	Fragilidade acresce em risco	Valor artefactos em risco	Níveis de risco
Forças Físicas	1	3	1	2	5
Fogo	1	2	1	2	8
Robo/Vandalismo	2	2	1	1	6
Água	1	2	3	2	9
Pragas	1. Insectos xilófagos 2. Morcegos 3. Fungos/bactérias	3	2	1	7
Contaminantes	3	1	1	1	6
Luz UV	1	2	2	1	6
Humidade Relativa	3	2	2	2	9
Temperatura	3	2	2	2	9
Procedimento negligente	2.5	1	1	1	5.5

©2016, A Autora

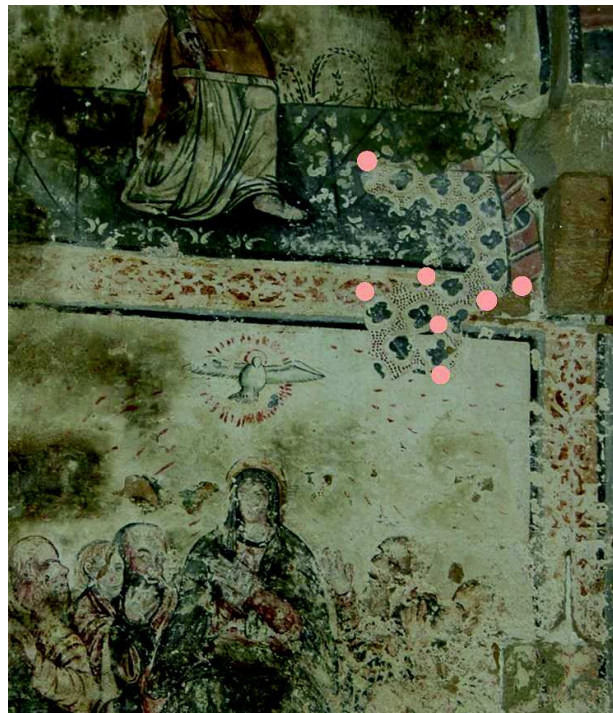


## APÊNDICE DE FIGURAS





**Figura 1.** Esquema de uma pintura mural (fonte: EwaGlos).



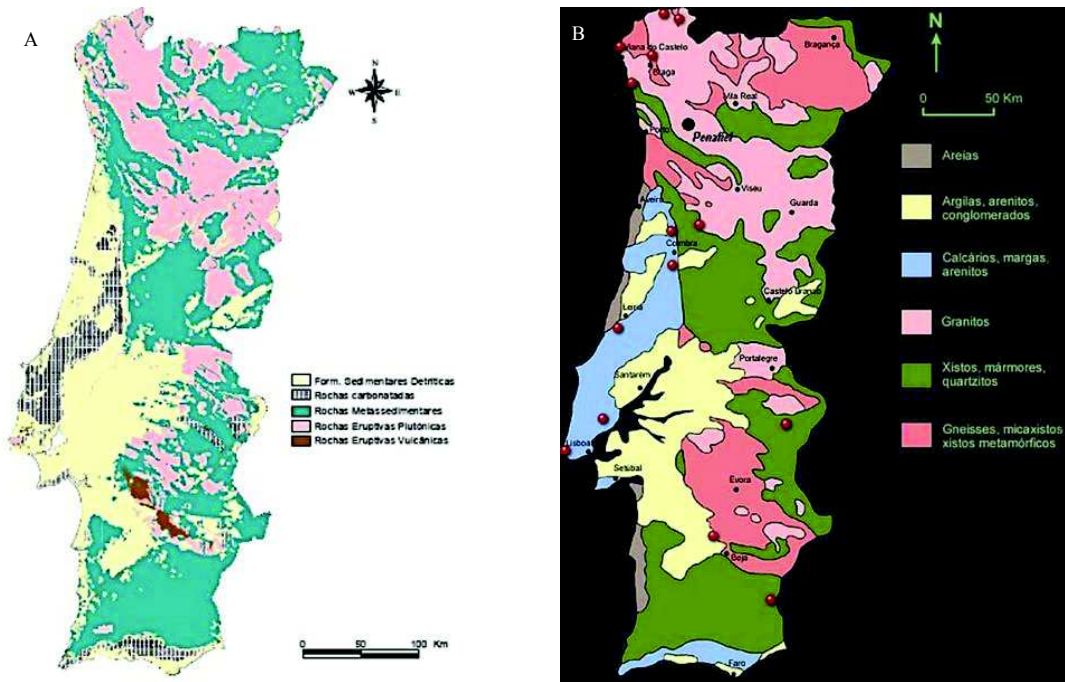
**Figura 2.** Local de recolha de pigmentos para caracterização da camada cromática e reboco da primeira e segunda campanha na Igreja de Sta. Eulália, painel do Evangelho. ©2016, A Autora



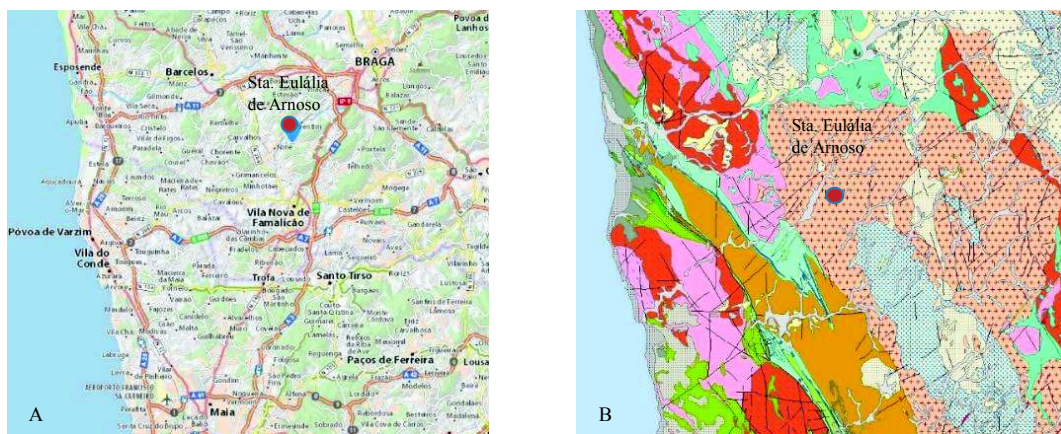
**Figura 3.** Local de recolha de pigmentos para caracterização da camada cromática e reboco das várias campanhas na Igreja de Sta. Cristina (nave lado do evangelho e sacristia). ©2016, A Autora



**Figura 4.** Local de recolha de pigmentos para caracterização da camada cromática e reboco na Igreja de S. Tiago nas três paredes de pintura. ©2016, A Autora

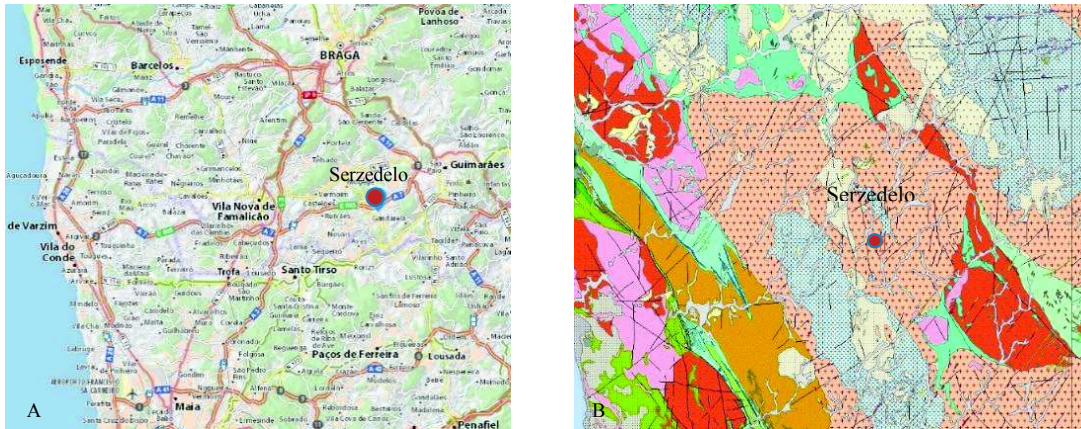


**Figura 5.** (A) Mapa litológico Portugal Continental (fonte: Ferreira, 2000, p.49). (B) Mapa geológico de Portugal Continental (fonte: Pimentel, 1994).

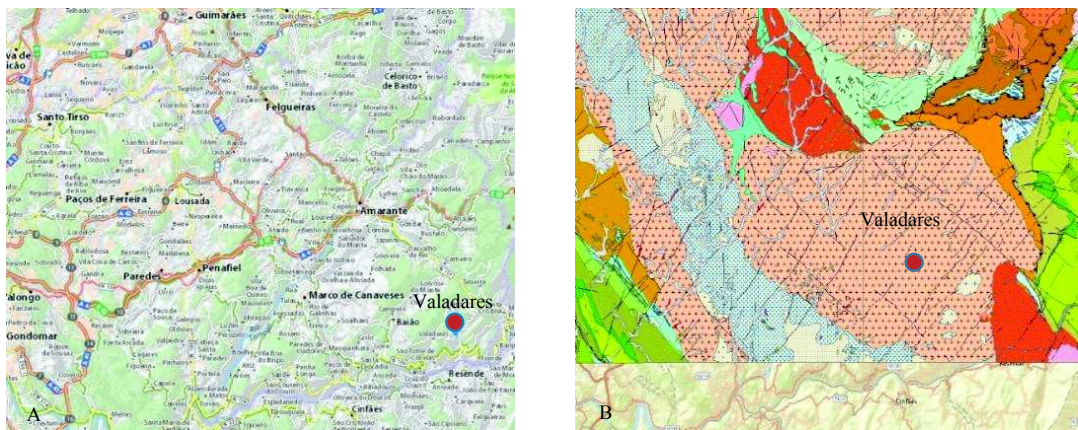


**Figura 6.** (A) Mapa geográfico de Portugal Continental com a localização de Sta. Eulália de Amoso, V.N. de Famalicão (fonte: [www.viamicelin.pt](http://www.viamicelin.pt)). (B) Carta Geológica de Portugal na escala 1:200 000 (vetor) com a localização de Sta. Eulália de Amoso, V.N. de Famalicão (fonte: ©LNEG).

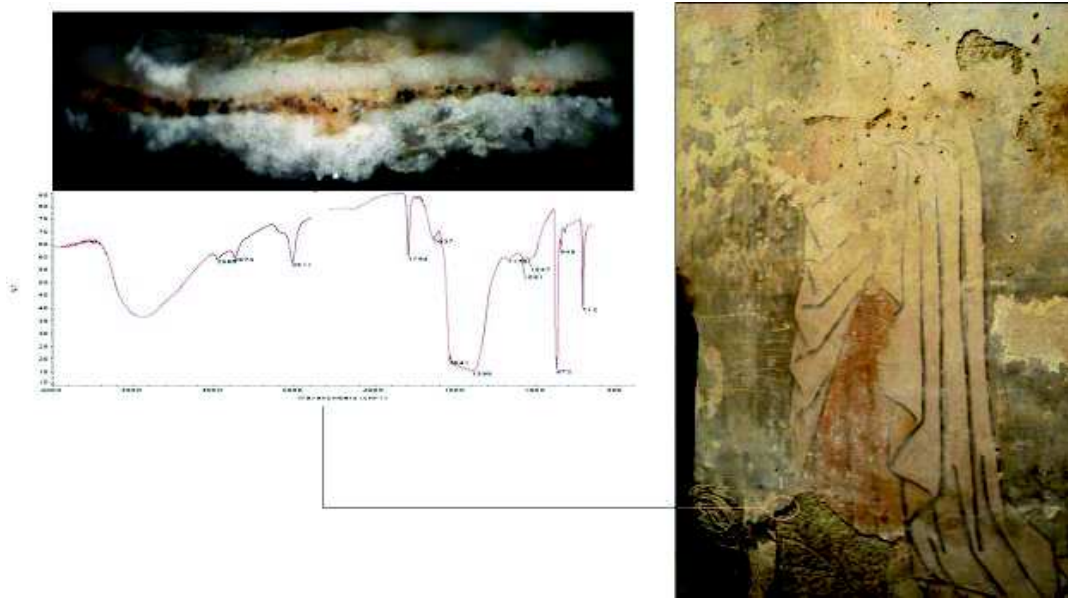
Caracterização da Colonização Microbiana da Pintura Mural de Três Igrejas (N. Portugal): Estudo preliminar do crescimento microbiano, avaliação da actividade de biocidas e proposta de intervenção futura



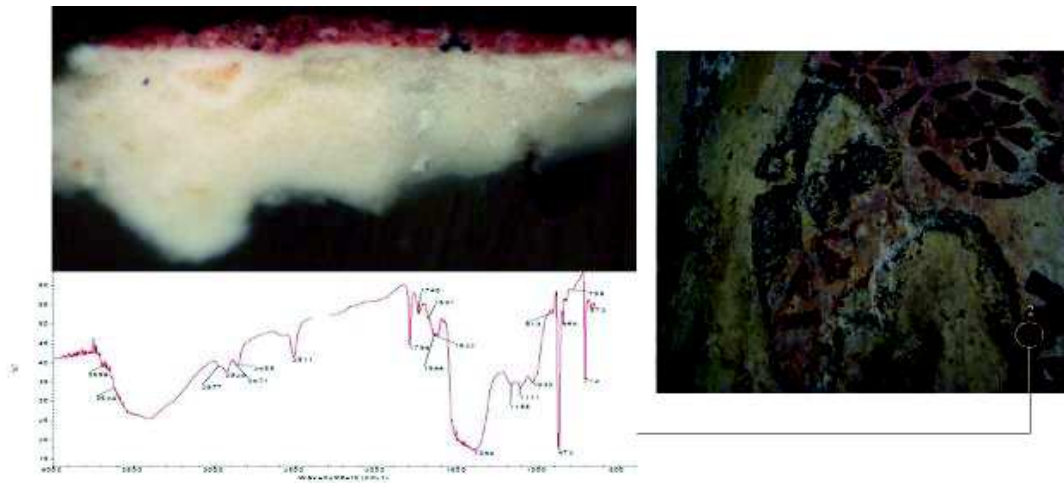
**Figura 7.** (A) Mapa geográfico de Portugal Continental com a localização de Serzedelo, Guimarães (fonte: [www.viamiclelin.pt](http://www.viamiclelin.pt)). (B) Carta Geológica de Portugal na escala 1:200 000 (vetor) com a localização de Serzedelo, Guimarães (fonte: ©LNEG).



**Figura 8.** (A) Mapa geográfico de Portugal Continental com a localização de Valadares, Baião (fonte: [www.viamiclelin.pt](http://www.viamiclelin.pt)). (B) Carta Geológica de Portugal na escala 1:200 000 (vetor) com a localização de Valadares, Baião (fonte: ©LNEG).



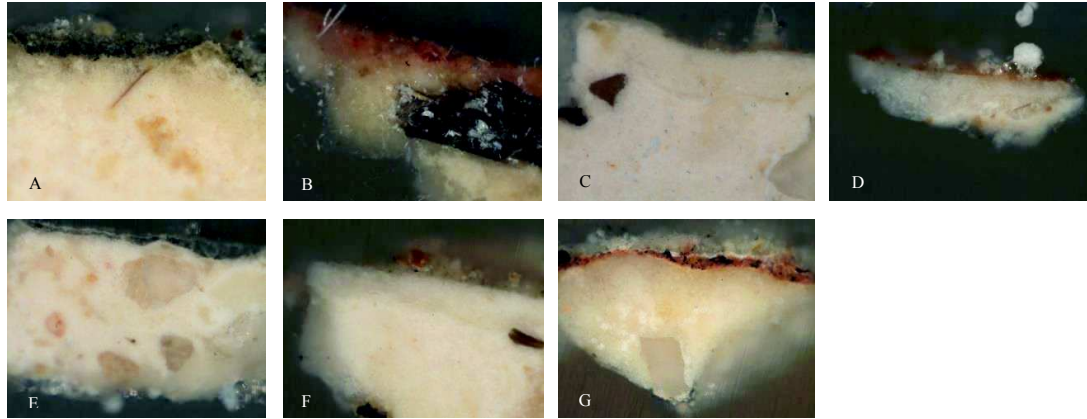
**Figura 9.** “Santa Bárbara”. Fresco séc. XV. Igreja de S. Tiago (Baião). Local de recolha da amostra T<sub>1</sub> com espectro do FTIR e estratigrafia por MO a 200x. ©2015, A Autora



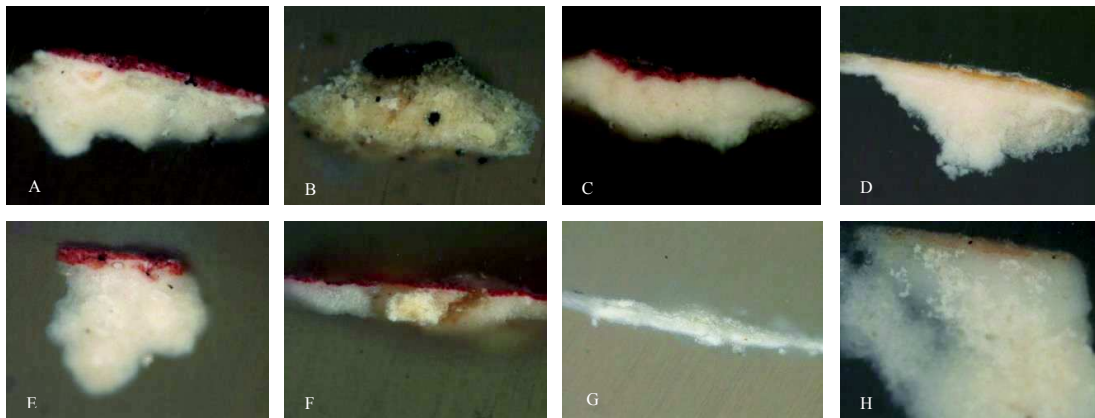
**Figura 10.** Motivo estampilhado. Fresco séc. XVI. Igreja de Sta. Cristina (Guimarães). Local de recolha da amostra C<sub>2</sub> com espectro do FTIR e estratigrafia por MO a 100x. ©2015, A Autora



**Figura 11.** Pormenor do painel Pentecostes, Igreja de Santa Eulália. Fresco séc. XVI. Desenho preparatório vermelho a pincel. ©2015, Frederico Henriques



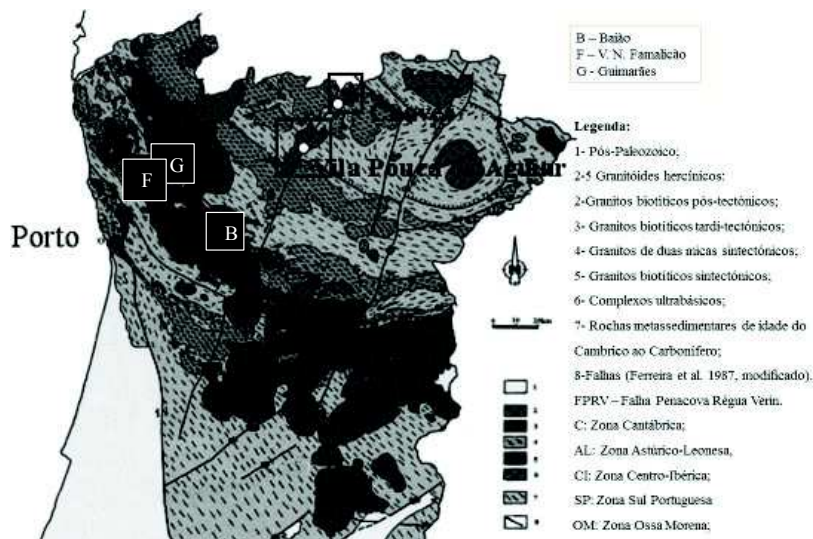
**Figura 12.** Microfotografias de cortes estratigráficos de pintura mural, por secção transversal por MO sob luz reflectida, com ampliação a 10x da Igreja de Sta. Eulália: (A) Amostra 1. Pigmento preto. (B) Amostra 2. Pigmento vermelho. (C) Amostra 3. Pigmento amarelo. (D) Amostra 4. Pigmento laranja. (E) Amostra 5. Pigmento preto. (F) Amostra 6. Pigmento branco. (G) Amostra 7. Supostamente recolhida de área branca. © 2014, A Autora



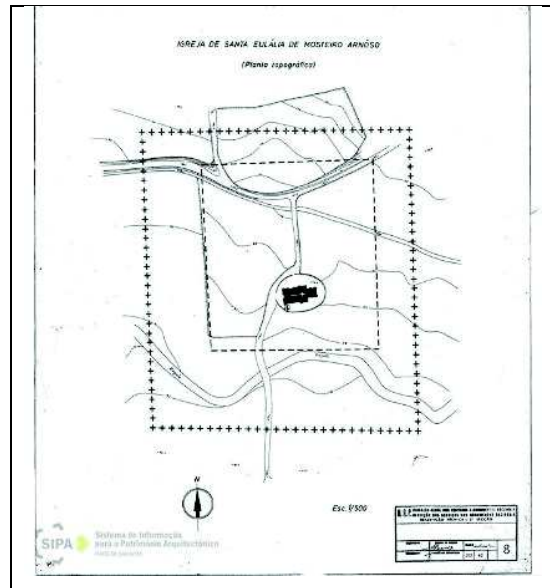
**Figura 13.** Microfotografias de cortes estratigráficos de pintura mural, por secção transversal por MO sob luz reflectida, com ampliação a 100x da Igreja de Sta. Cristina: (A) Amostra 2. Pigmento vermelho. (B) Amostra 3. Pigmento preto. (C) Amostra 4. Pigmento rosa. (D) Amostra 6. Pigmento amarelo. (E) Amostra 7. Pigmento vermelho. (F) Amostra 8. Pigmento vermelho. (G) Amostra 9. Pigmento branco. (H) Amostra 10. Pigmento rosa. © 2014, A Autora



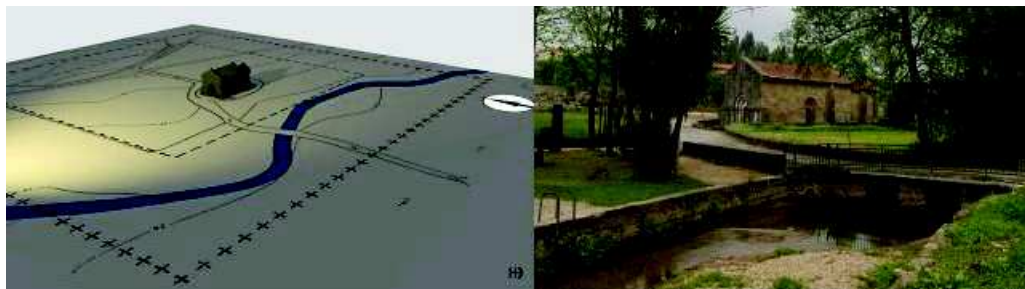
**Figura 14.** Microfotografias de cortes estratigráficos de pintura mural, por secção transversal por MO sob luz reflectida, da Igreja de S. Tiago: (A) Amostra 1. Supostamente recolhido de área preta com ampliação a 200x. (B) Amostra 2. Pigmento laranja (100x). (C) Amostra 3. Pigmento castanho (100x). (D) Amostra 4. Pigmento laranja (100x). (E) Amostra 5. Pigmento laranja (200x). (F) Amostra 6. Pigmento laranja (100x). (G) Amostra 7. Pigmento branco (100x). (H) Amostra 8. Pigmento azul claro (100x). (I) Amostra 9. Pigmento amarelo (100x) (J) Amostra 10. Pigmento rosa (?) (100x). © 2014, A Autora



**Figura 15.** Localização dos plutões graníticos.



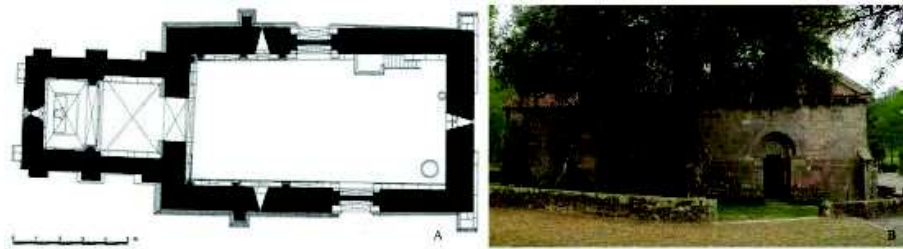
**Figura 16.** Planta topográfica da Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso (V.N. Famalicão). ©1958, SIPA/DGPC



**Figura 17.** Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso (Vila Nova de Famalicão). (A) Representação gráfica 3D da implantação geográfica da Igreja com o rio Guisande a Sul. Cartografia de base extraída do Boletim da DGEMN N° 94, p. 25. Imagem produzida no âmbito do projecto colaborativo “Heritage Documentation” – HD, ©2015 Frederico Henriques. (B) Fotografia da Igreja com o rio a Sul. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 18.** Inscrição no tímpano do portal lateral Sul. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 19.** Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso (V.N. Famalicão). (A) Planta. ©1958 SIPA/DGPC. (B) Fotografia exterior da construção e muro em granito. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 20.** Portal axial, fachada Oeste, com representações zoomórficas, elementos geométricos e laçarias. ©2015, Frederico Henriques



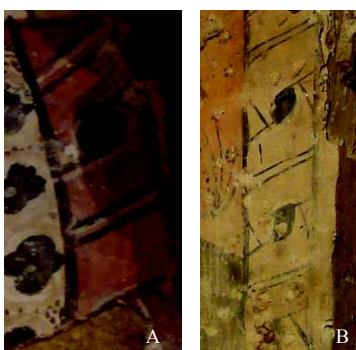
**Figura 21.** Frescos do séc. XVI com cenas da Anunciação nos tímpanos e, no plano inferior, o Pentecostes (lado do Evangelho) e a Coroação da Virgem (lado da Epístola). ©2013, Frederico Henriques



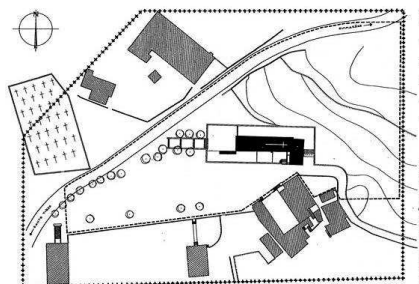
**Figura 22.** (A) Fresco Anunciação – Anjo, no arco triunfal, lado do Evangelho. (B) Fresco Anunciação – Nossa Senhora, no arco triunfal (lado da Epístola). (C) Fresco Pentecostes no registo inferior do arco triunfal (lado do Evangelho). (D) Fresco Coroação da Virgem no registo inferior do arco triunfal (lado da Epístola). ©2015, Frederico Henriques



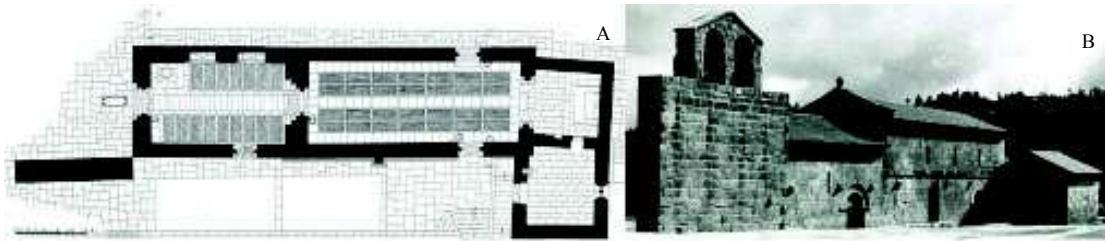
**Figura 23.** Pormenores da existência de uma primeira campanha de pintura mural visível sob as lacunas da campanha do séc. XVI, existente actualmente na Igreja de Santa Eulália, no arco triunfal (lado do Evangelho). (A) Registo superior, aos pés do Anjo da Anunciação. (B) Registo inferior por entre o rosto de uma das figuras da cena do Pentecostes. (C) Outro pormenor na cena do Pentecostes. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 24.** Pormenor do motivo da barra de enrolamento. (A) Igreja de Santa Eulália, primeira campanha, canto superior direito (lado do Evangelho). (B) Igreja de S. Tiago, parede lateral esquerda, lado direito da cena do Inferno. ©2015, Frederico Henriques



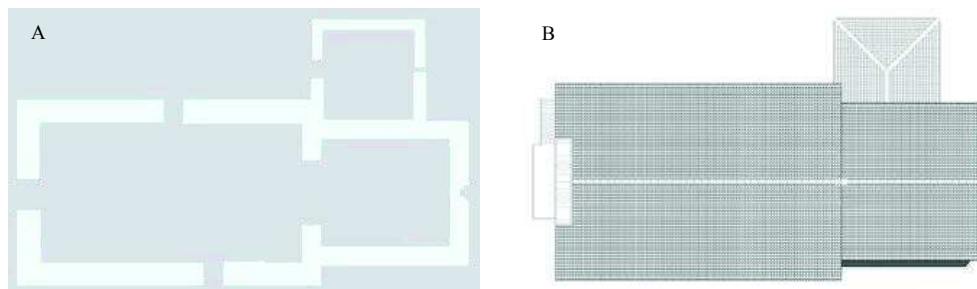
**Figura 25.** Planta topográfica da Igreja de Santa Cristina de Serzedelo (Guimarães). © SIPA/DGPC



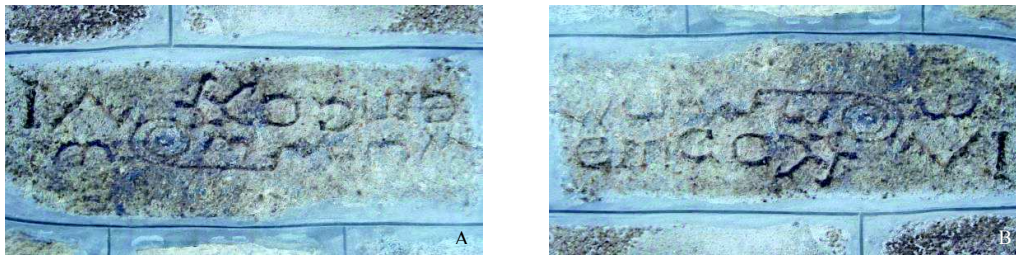
**Figura 26.** Igreja de Santa Cristina de Serzedelo (Guimarães). (A) Planta térrea. (B) Fotografia exterior da fachada lateral Sul. ©1959, SIPA/DGPC



**Figura 27.** (A) Pintura mural a fresco sobre fresta na parede fundeira da capela-mor da Igreja de Santa Cristina. ©1949 SIPA/DGPC. (B) e (C) Frescos destacados pela DGEMN em 1957 e que se encontram actualmente expostos nas paredes laterais da nave da igreja em paredes opostas. (B) Anunciação. (C) Santa Luzia. ©2013, Frederico Henriques



**Figura 28.** Plantas de S. Tiago: (A) Planta térrea. (B) Planta aérea (vista dos telhados). © Rota do Românico



**Figura 29.** Datação gravada num dos blocos de pedra no interior da Sacristia da Igreja de S. Tiago: (A) Inscrição invertida – forma como a pedra se encontra no local actualmente. (B) Após inversão e rotação a 90° da imagem por computador. ©2012, A Autora



**Figura 30.** Inscrição remanescente do que supostamente seria a data de execução dos frescos e seu encomendante. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 31.** Pinturas murais na parede central da Igreja de S. Tiago: (A) Santa Catarina. (B) Descida da Cruz e S. Tiago. (C) Santa Bárbara. (A) e (C) ©2012 A Autora e (B) ©2015, Frederico Henriques



**Figura 32.** Pormenor da Descida da Cruz no painel central da Igreja de São Tiago. ©2012, A Autora.



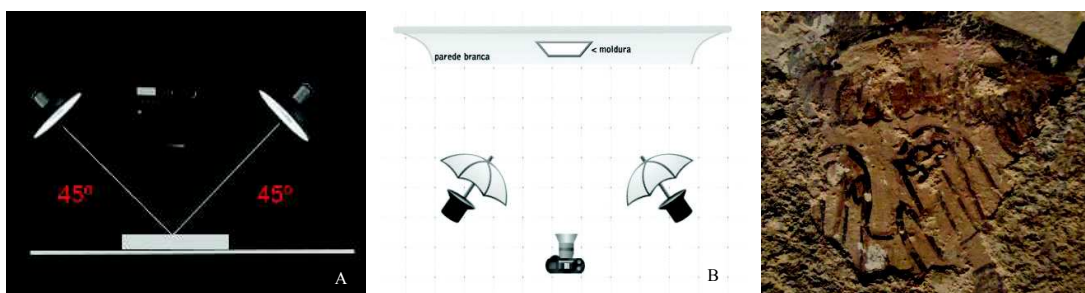
**Figura 33.** Pinturas murais no friso superior da parede central da Igreja de S. Tiago: (A) e (B) dois anjos a meio corpo a olhar para a cena central, da Nossa Senhora e o Menino, à sua esquerda. (C) Cena central de Nossa Senhora e o Menino representados a meio corpo. (D) Dois anjos à direita da cena central e voltados para a Nossa Senhora e o Menino. HD, ©2015 Frederico Henriques



**Figura 34.** Pintura mural com conjunto de criaturas fantásticas da cena do Inferno, na parede lateral esquerda da Igreja de São Tiago. ©2015, Frederico Henriques; © SIPA/DGPC; © SIPA/DGPC



**Figura 35.** Pintura mural de São Paulo (?) na parede lateral direita da Igreja de S. Tiago. ©2015, Frederico Henriques



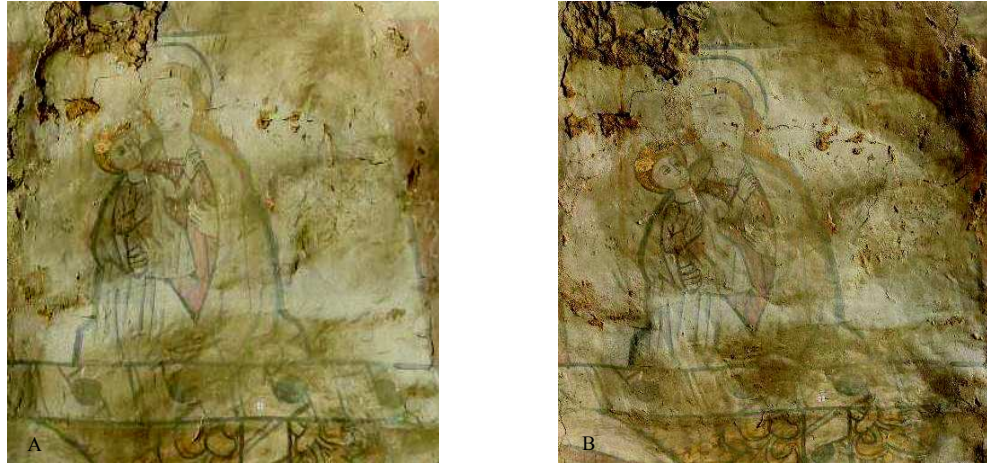
**Figura 36.** (A) Esquema de luz visível – luz directa<sup>4</sup>. (B) Esquema de luz visível – luz difusa. (C) Pormenor painel do Inferno. Fresco séc. XV da Igreja de S. Tiago. Fotografia luz visível – luz directa. ©2015, Frederico Henriques



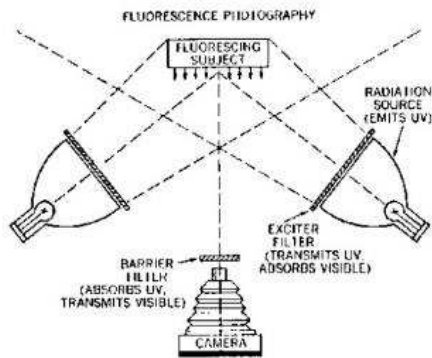
**Figura 37.** Esquema de luz transmitida<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> RAMOS, José Angel Badás (2012) – 4.2.2.- Iluminación - el éxito y el fracaso de la regla general [Em linha]. [Consult.: 16.04.2013]. Disponível em: WWW:<URL: [http://josebadas.blogspot.pt/2012\\_06\\_01\\_archive.html](http://josebadas.blogspot.pt/2012_06_01_archive.html)>.

<sup>5</sup> WEAVER, Gawain (2006) – Deterioration of fiber-base gelatin silver prints [Em linha]. In: George Eastman House– Notes On Photographs. [Consult.: 16.04.2013]. Disponível em:



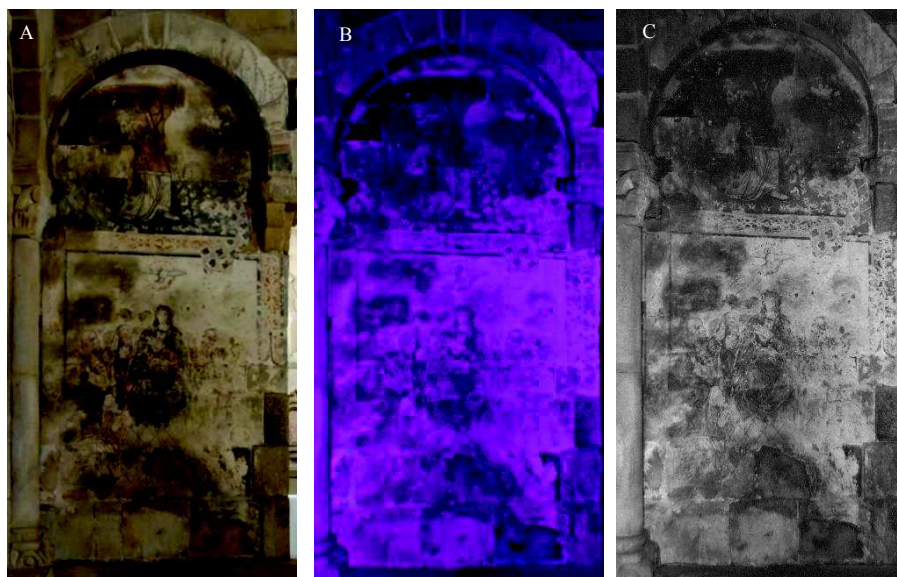
**Figura 38.** “Nossa Senhora e o menino”. Fresco do séc. XV. Igreja de S. Tiago. (A) Fotografia por luz visível. (B) Fotografia por luz rasante. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 39.** Esquema de fotografia de UV utilizando duas lâmpadas UV a 45° e câmara a 90°<sup>6</sup>

WWW:<URL:[http://notesonphotographs.org/index.php?title=Weaver,\\_Gawain,\\_%22Deterioration\\_of\\_Fiber-base\\_Gelatin\\_Silver\\_Prints%22](http://notesonphotographs.org/index.php?title=Weaver,_Gawain,_%22Deterioration_of_Fiber-base_Gelatin_Silver_Prints%22)>.

<sup>6</sup> Crime scene investigator network – Fluorescence photography [Em linha]. [Consult. 16.04.2013]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.crime-scene-investigator.net/flouresc.html>>.

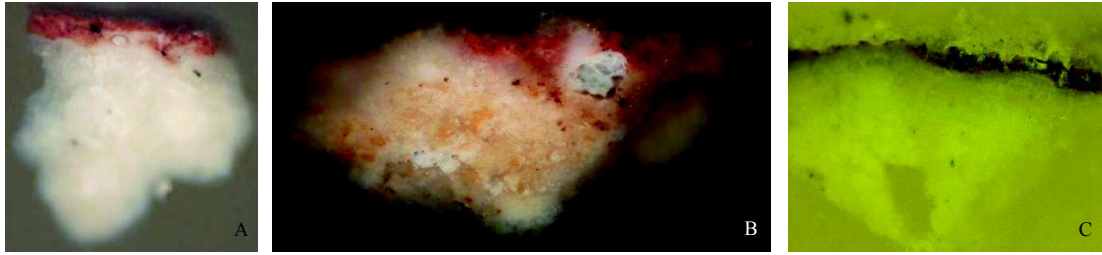


**Figura 40.** “Cenas da vida de Maria”. Fresco séc. XVI. Igreja Sta. Eulália (V.N. Famalicão). (A) Fotografia sob luz visível. (B) Fluorescência de ultravioleta. (C) Fluorescência de ultravioleta com recurso à ferramenta *Black & White* do *software* Adobe Photoshop® CS5<sup>7</sup>. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 41.** (A) Colocação da resina em pó Technovit 4004 numa base rectangular pré-preparada para a elaboração de estratigrafias. (B) Observação por lupa binocular de uma amostra de pintura mural para selecção de corte estratigráfico. (C) Montagem dos cortes estratigráficos em resina para observação microscópica. ©2015, A Autora

<sup>7</sup> Através do *software* Adobe Photoshop® CS5 e utilizando a ferramenta *levels* é possível ajustar o gráfico RGB para a intensidade da luz, bem como para o acerto das cores. A legibilidade das imagens pode ser reforçada pela aplicação de uma máscara de nitidez (ferramenta: *unsharp mask*). Ao verificar-se uma tonalidade arroxeadada ou avermelhada nas fotografias, outra ferramenta útil a que se pode recorrer é a *black & white*, transformando a fotografia numa a preto e branco, eliminando o ruído visual.



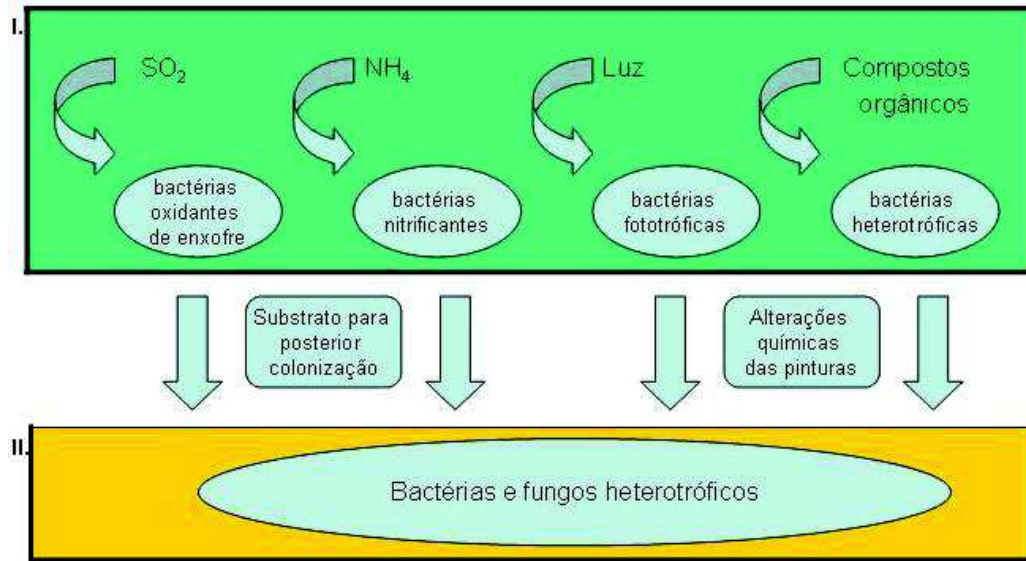
**Figura 42.** Microfotografias de um corte estratigráfico por secção transversal: (A) Pigmento mural vermelho da Igreja de Sta. Cristina, por MO sob luz reflectida e ampliação a 100x. (B) Pigmento mural laranja da Igreja de S. Tiago, por MO sob luz reflectida e ampliação a 100x. (C) Pigmento mural branco (?) da Igreja de Sta. Eulália, por MO com filtro azul e ampliação a 100x. ©2015, A Autora



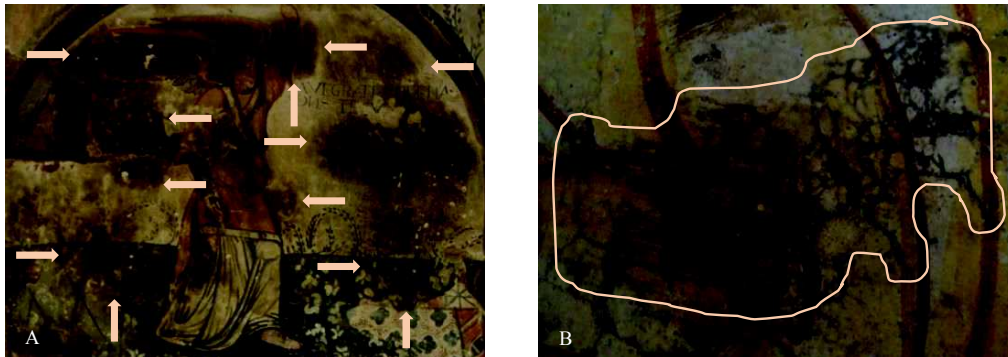
**Figura 43.** Observação a olho nu e com recurso a fotografia por luz visível e luz rasante: (A) Depressão a indicar possivelmente a localização de uma anterior abertura exterior. (B) União de jornadas. (C) Marcas de aplicação de massas. ©2015, Frederico Henriques



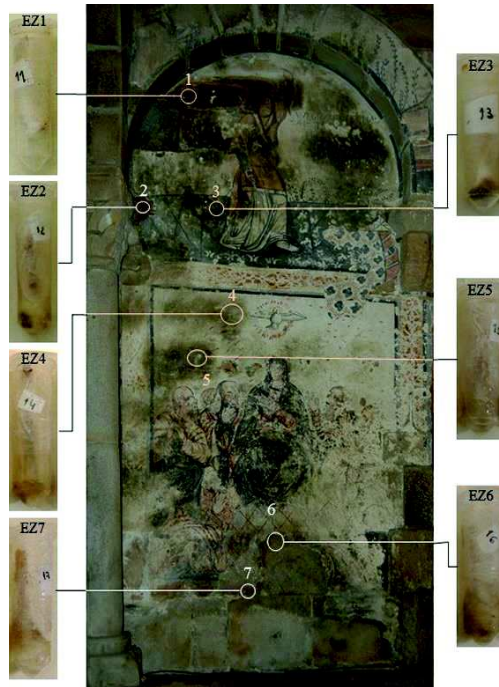
**Figura 44.** Mancha castanha/negra no granito. ©2015, Frederico Henriques



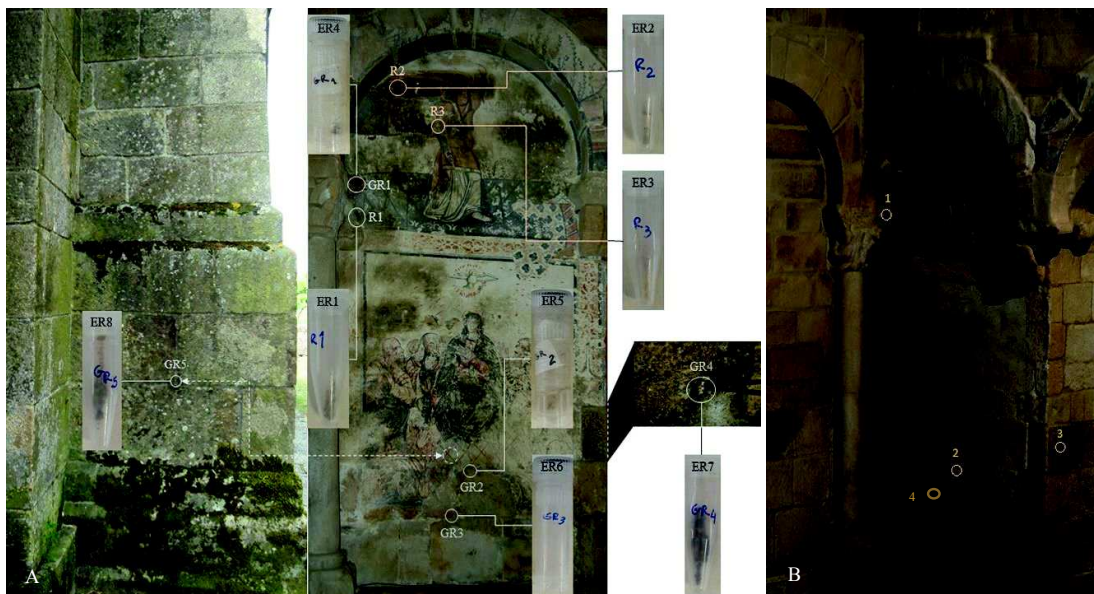
**Figura 45.** Esquema da colonização sucessiva das pinturas e danos ocorridos nelas e nas superfícies das pedras: I. Colonização primária. II. Estabelecimento sucessivo de diferentes grupos de microorganismos (© Ripka, 2005)



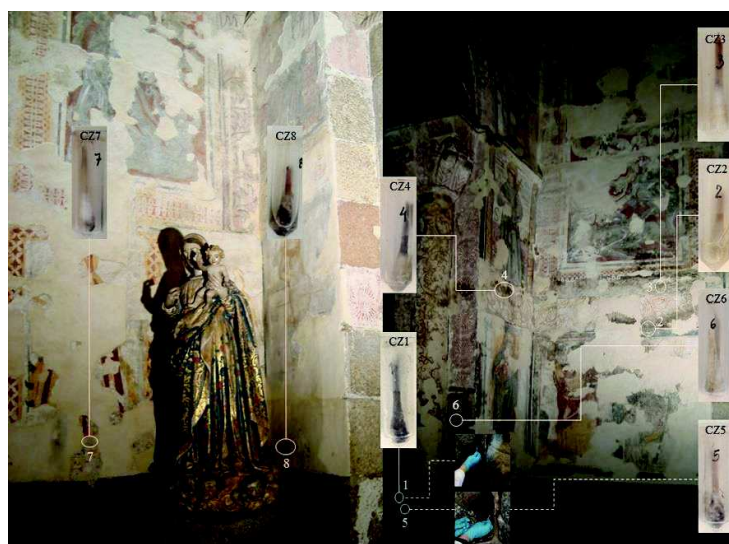
**Figura 46.** (A) Crescimento fúngico visível a olho nu nas manchas negras da pintura mural da Igreja de Santa Eulália. (B) Rede de micélio pigmentado visível a crescer nas fissuras da pintura mural da Igreja de Santa Cristina. ©2013, A Autora



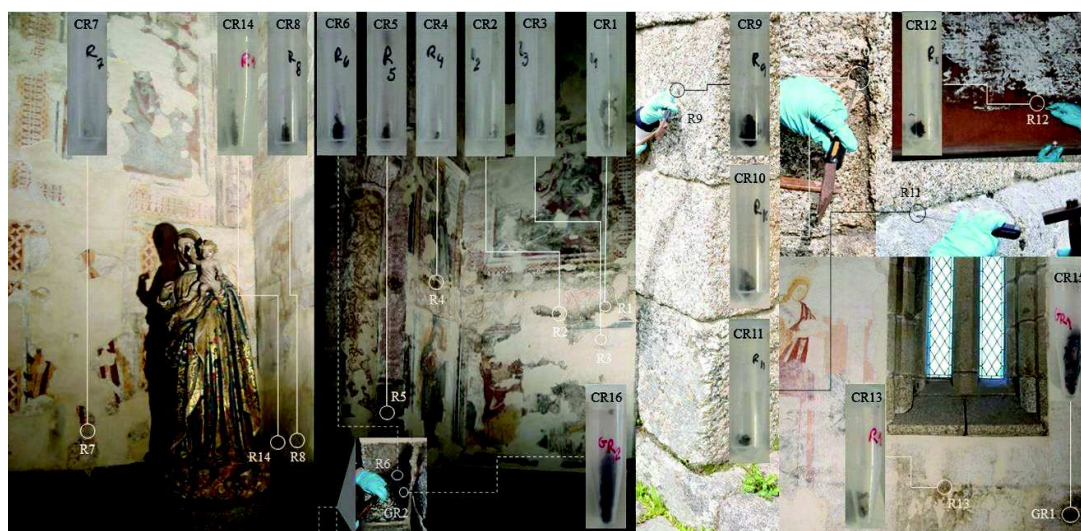
**Figura 47.** Localização e numeração das amostras por zaragatoa, na Igreja de Santa Eulália: pintura mural – EZ1, EZ3, EZ4 e EZ5; granito interior – EZ2, EZ6 e EZ7. ©2015, A Autora



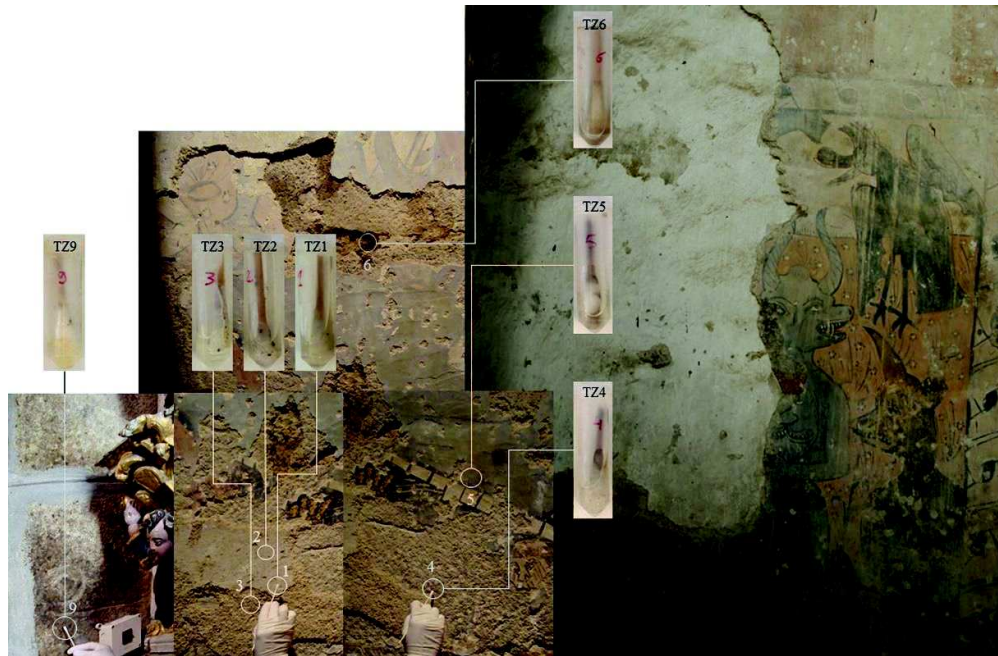
**Figura 48.** (A) Localização e numeração das recolhas sólidas, na Igreja de Santa Eulália: pintura mural – ER1, ER2 e ER3; granito interior – ER4; ER5; ER6 e ER7; e granito exterior – ER8. ©2015, A Autora. (B) Localização das recolhas de granito interior – ER4; ER5; ER6 e ER7. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 49.** Localização e numeração das amostras por zaragatoa, na Igreja de Santa Cristina (fonte: ©2015, Frederico Henriques): pintura mural – CZ<sub>2</sub>, CZ<sub>3</sub> e CZ<sub>4</sub>; reboco – CZ<sub>7</sub> e CZ<sub>8</sub> e granito interior – CZ<sub>1</sub>, CZ<sub>5</sub> e CZ<sub>6</sub>. ©2015, A Autora



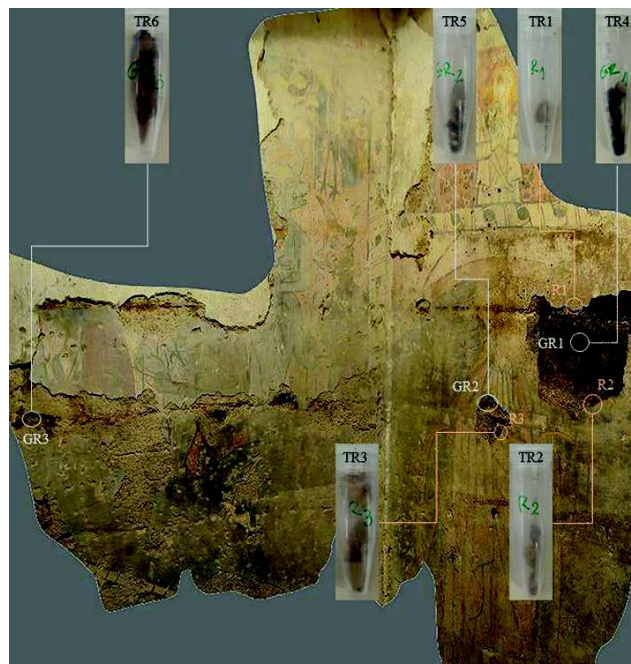
**Figura 50.** Localização e numeração das recolhas sólidas, na Igreja de Santa Cristina (fonte: ©2013, Frederico Henriques e Eduarda Vieira): pintura mural – CR<sub>1</sub>, CR<sub>2</sub>, CR<sub>3</sub> e CR<sub>4</sub>; reboco original – CR<sub>7</sub>; reboco restauro – CR<sub>8</sub>, CR<sub>14</sub>, granito interior – CR<sub>5</sub>, CR<sub>6</sub>, CR<sub>15</sub> e CR<sub>16</sub>; granito exterior – CR<sub>9</sub>, e CR<sub>11</sub>; reboco exterior – CR<sub>10</sub>; e strappo – CR<sub>12</sub>. ©2015, A Autora



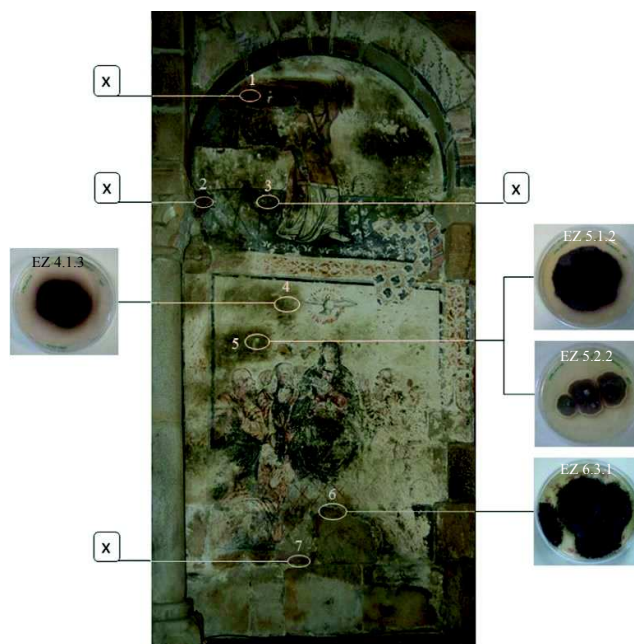
**Figura 51.** Localização e numeração das amostras por zaragatoa, na Igreja de S. Tiago: pintura mural – TZ<sub>5</sub>; reboco posterior – TZ<sub>1</sub>, TZ<sub>2</sub> e TZ<sub>3</sub>; granito interior – TZ<sub>4</sub>, TZ<sub>6</sub> e TZ<sub>9</sub>. ©2015, A Autora



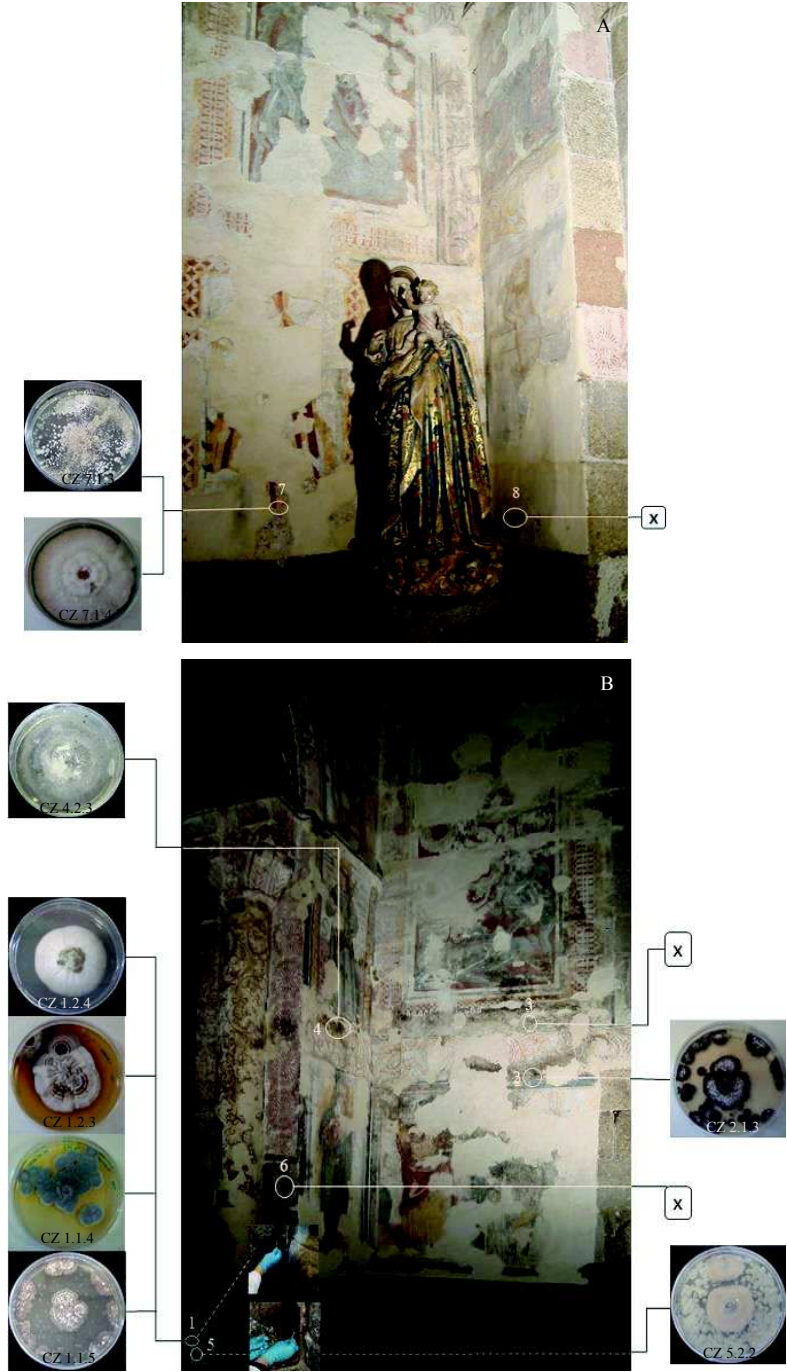
**Figura 52.** Localização e numeração das amostras por zaragatoa, na Igreja de S. Tiago: granito interior – TZ<sub>7</sub> e TZ<sub>8</sub>; exterior – TZ<sub>10</sub> e TZ<sub>11</sub>. ©2015, A Autora



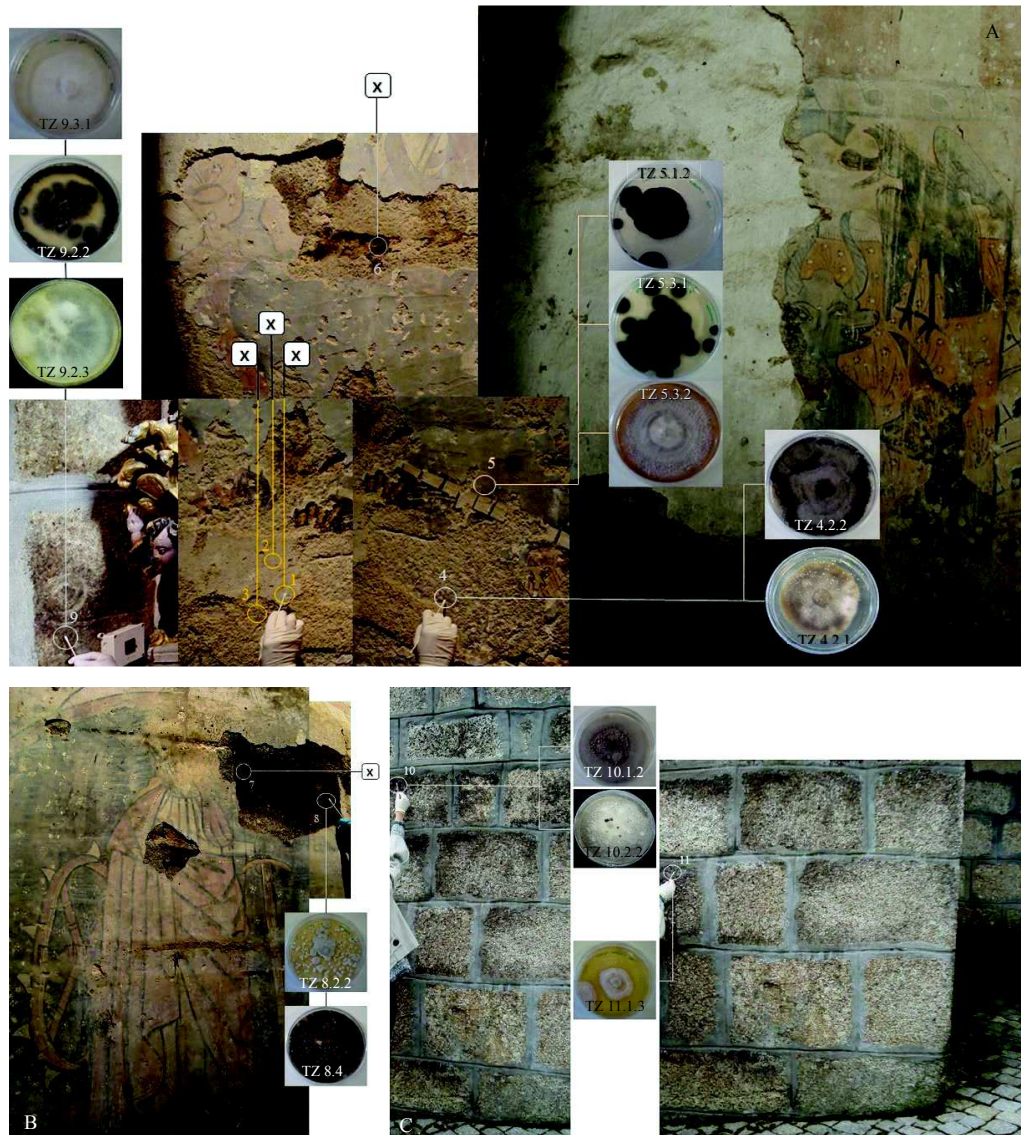
**Figura 53.** Localização e numeração das recolhas sólidas, na Igreja de S. Tiago (fonte: imagem HD, ©2015 Frederico Henriques): pintura mural – TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub> e TR<sub>3</sub>; granito interior – TR<sub>4</sub>, TR<sub>5</sub> e TR<sub>6</sub>. ©2015, A Autora



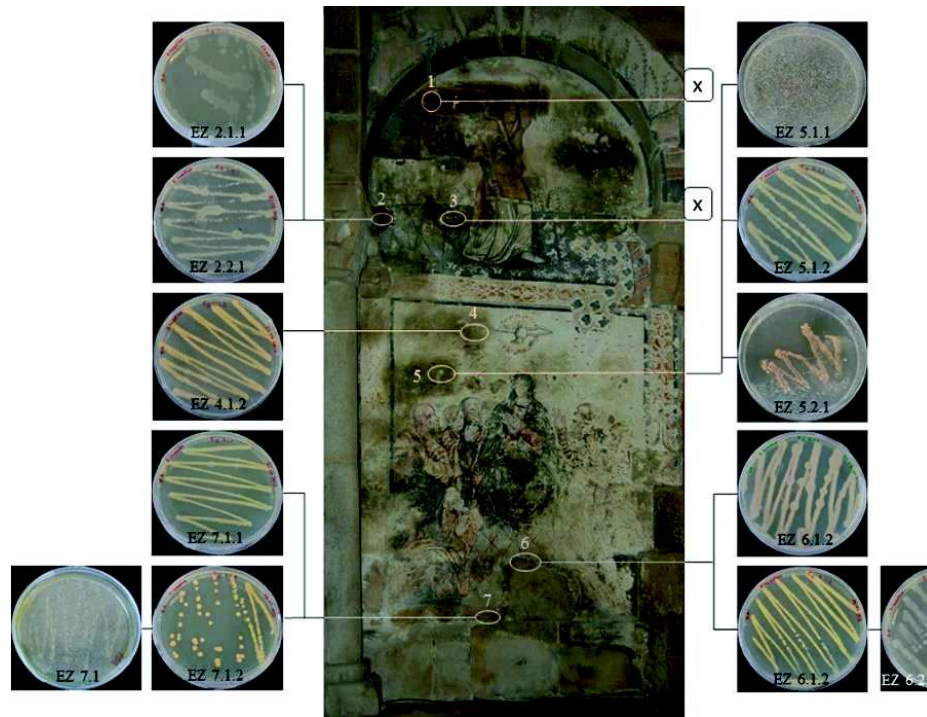
**Figura 54.** Localização das amostras por esfregaço com identificação dos fungos filamentosos em cultura, na Igreja de Santa Eulália (fonte: ©2015, Frederico Henriques): pintura mural – 1, 3, 4 e 5; granito interior – 2, 6 e 7. ©2015, A Autora



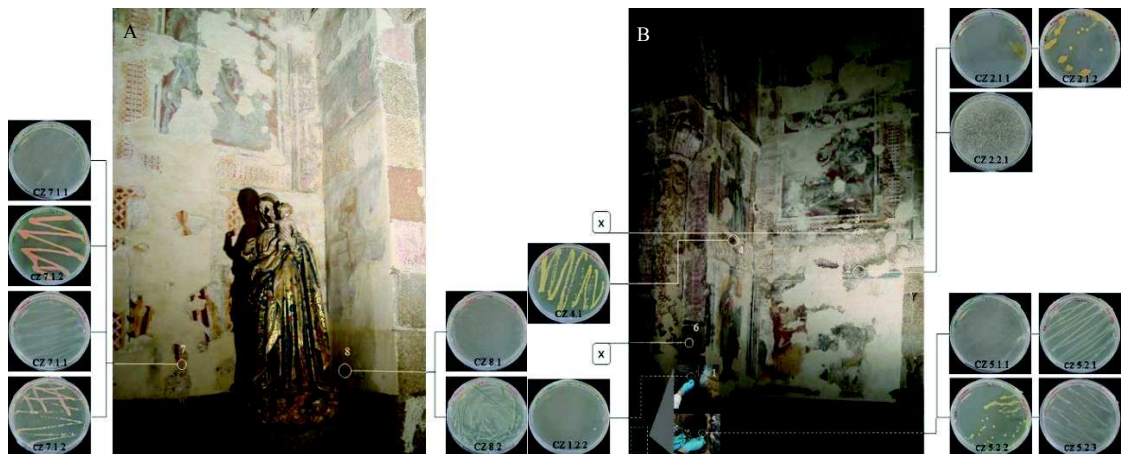
**Figura 55.** (A) e (B) Localização das amostras por esfregaço com identificação dos fungos filamentosos em cultura, na Igreja de Santa Cristina (fonte: ©2013, Frederico Henriques): pintura mural – 2, 3, e 4; reboco original – 7; reboco restauro – 8; granito interior – 1, 5 e 6. ©2015, A Autora



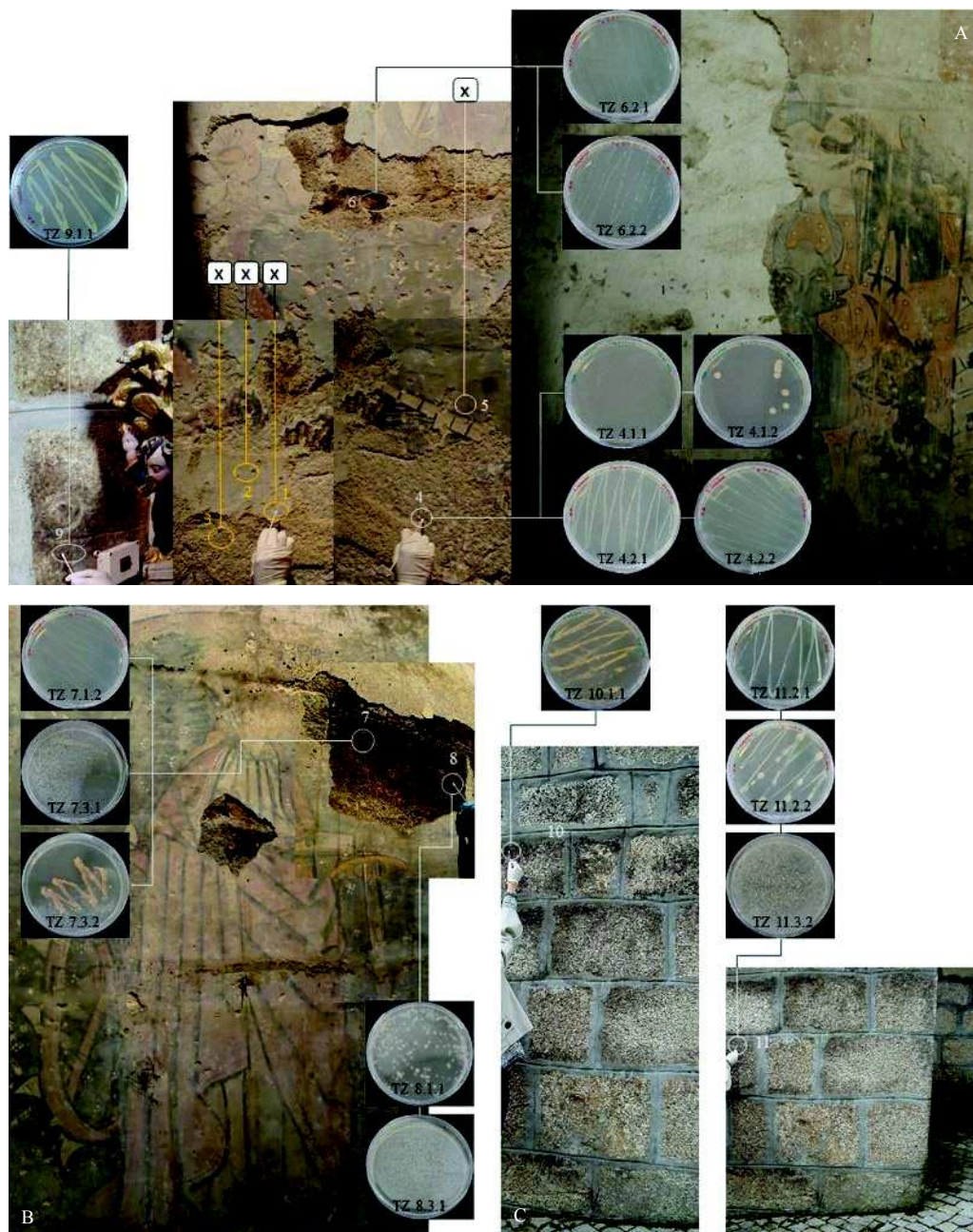
**Figura 56.** Localização das amostras por esfregaço com identificação dos fungos filamentosos em cultura, na Igreja de S. Tiago. (A) Painel do Inferno: pintura mural – 5; reboco posterior – 1, 2 e 3; granito interior – 4, 6 e 9. (B) Painel de Santa Catarina: granito interior – 7 e 8. (C) Fachada Este: granito exterior – 10 e 11. ©2015, A Autora



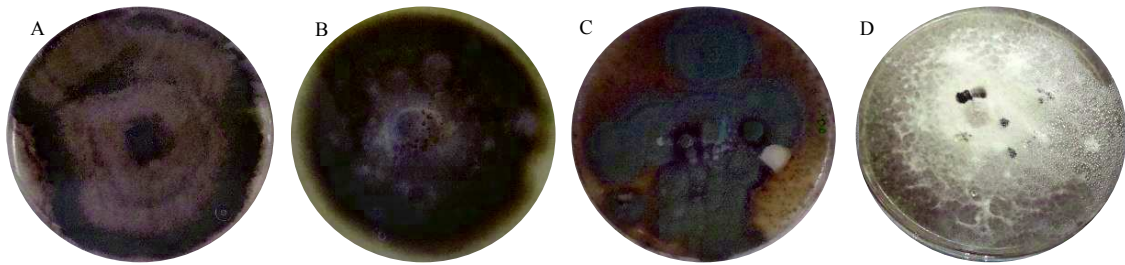
**Figura 57.** Localização das amostras por esfregaço com identificação das bactérias em cultura, na Igreja de Sta. Eulália (fonte: ©2015, Frederico Henriques): pintura mural – 1, 3, 4 e 5; granito interior – 2, 6 e 7. ©2015, A Autora



**Figura 58.** (A) e (B) Localização das amostras por esfregaço com identificação das bactérias em cultura, na Igreja de Santa Cristina (fonte: ©2013, Frederico Henriques): pintura mural – 2, 3, e 4; reboco original – 7; reboco restauro – 8; granito interior – 1, 5 e 6. ©2015, A Autora

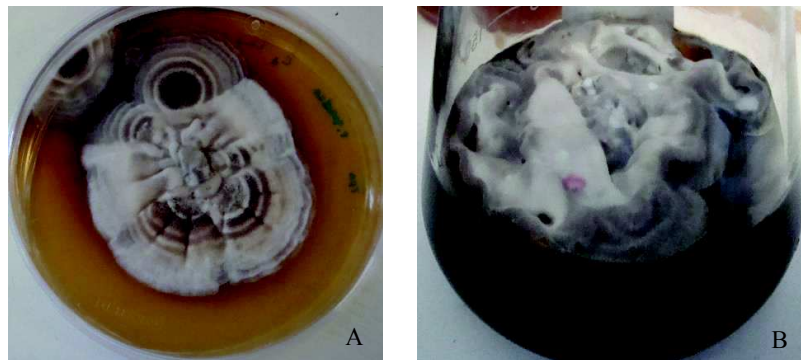


**Figura 59.** Localização das amostras por esfregaço com identificação das bactérias em cultura, na Igreja de S. Tiago. (A) Painel do Inferno: pintura mural – 5; reboco posterior – 1, 2 e 3; granito interior – 4, 6 e 9. (B) Painel de Santa Catarina: granito interior – 7 e 8. (C) Fachada Este: granito exterior – 10 e 11. ©2015, A Autora



**Figura 60.** Estirpes fúngicas testadas em ensaios biocidas: (A) TZ<sub>4.2.2</sub>. (B) TZ<sub>10.1.2</sub>. (C) TZ<sub>8.2.2</sub>. (D) TZ<sub>10.2.2</sub>.

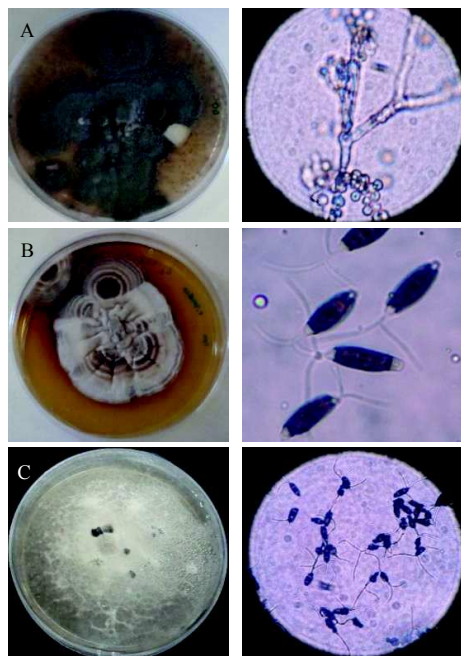
©2015, A Autora.



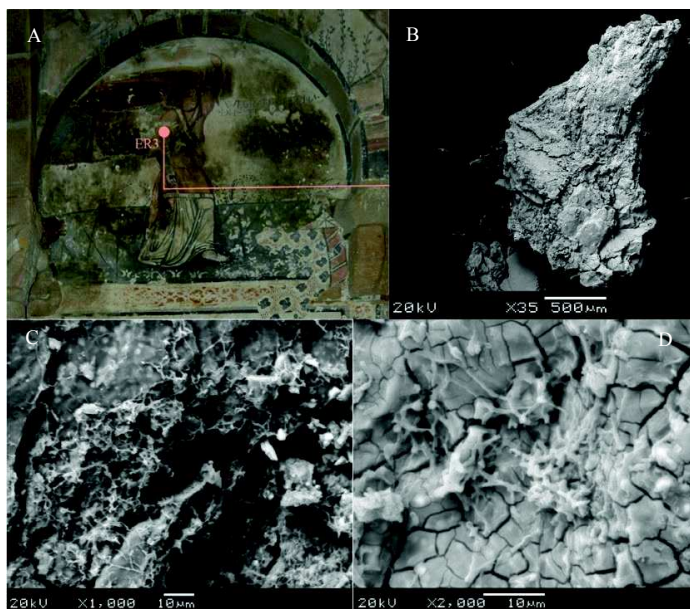
**Figura 61.** Fungo filamentosso CZ<sub>1.2.3</sub> exibe hifas incolores e produção de exsudados negros com elevada pigmentação extracelular em ambos os meios sólido e líquido: (A) PDA. (B) PDB. ©2015, A Autora



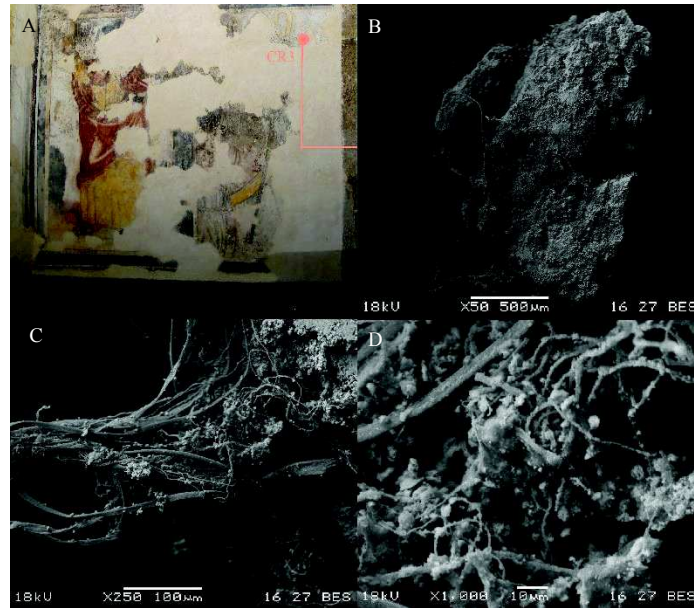
**Figura 62.** Modelo de caixa de incubação com pré-maquetes referentes à Tabela 11. ©2015, A Autora



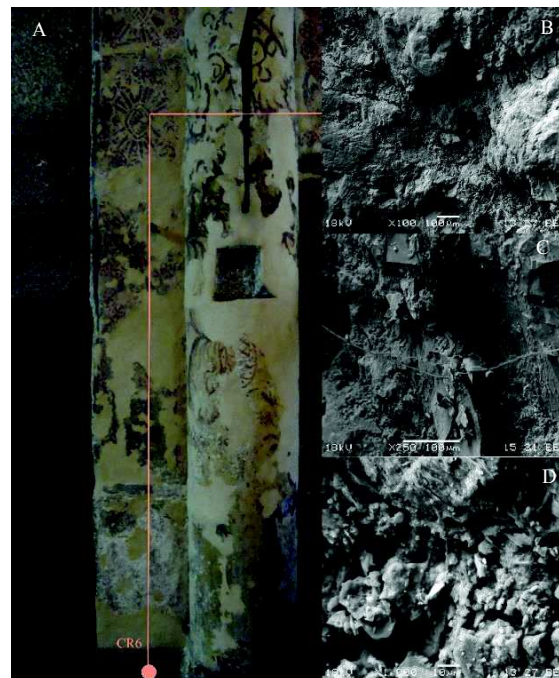
**Figura 63.** Isolados seleccionados para caracterização por microscopia óptica e as respectivas microfotografias por MO: (A) TZ<sub>8,2,2</sub> a 100x. (B) CZ<sub>1,2,3</sub> a 100x. (C) TZ<sub>10,2,2</sub> a 40x. ©2013-15, A Autora



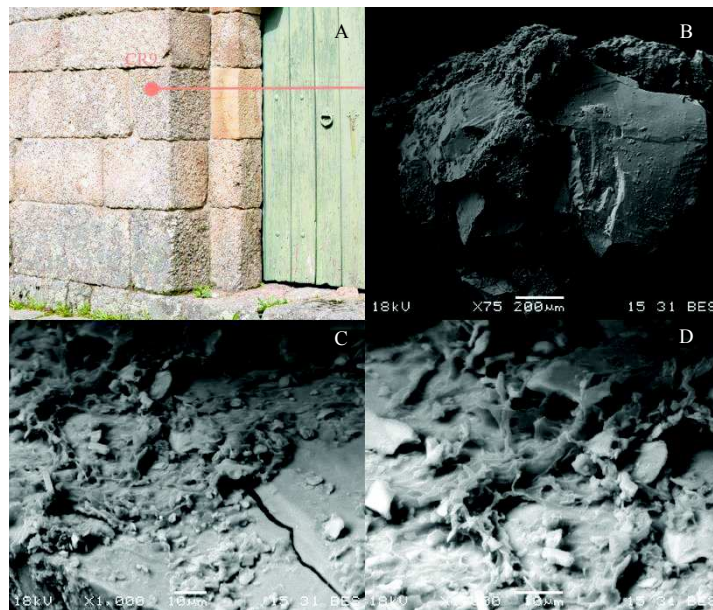
**Figura 64.** Amostra ER<sub>3</sub> de pintura mural do Painel da Anunciação – Anjo, lado do Evangelho, Igreja de Santa Eulália (fonte: ©2015, Frederico Henriques). (A) Local de recolha da amostra. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 35x. (C) Micrografia SEM de hifas fúngicas a 1000x. (D) Micrografia SEM de rede fúngica e microfissuras do estrato a 2000x. ©2014, Raquel Madureira



**Figura 65.** Amostra CR<sub>3</sub> de pintura mural, Igreja de Santa Cristina (fonte: ©2013, Frederico Henriques). (A) Local de recolha da amostra. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 50x. (C) Micrografia SEM de hifas fúngicas a 250x. (D) Micrografia SEM de hifas fúngicas e esporos a 1000x. ©2015, Raquel Madureira



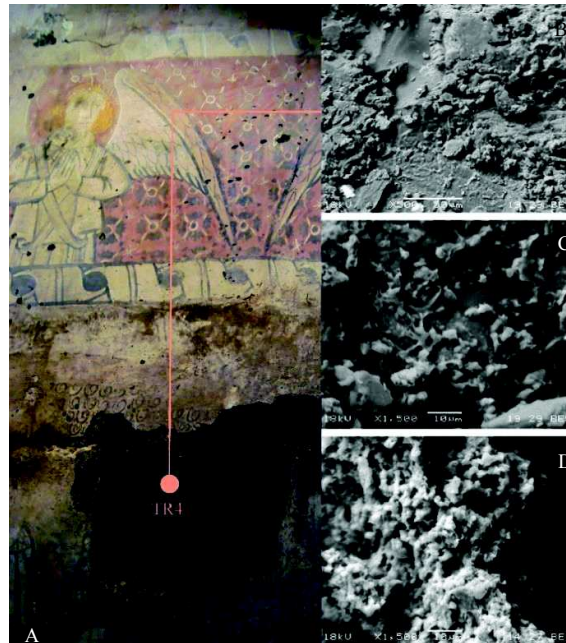
**Figura 66.** Amostra CR<sub>6</sub> de granito interior, Igreja de Santa Cristina. (A) Local de recolha da amostra. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 100x. (C) Micrografia SEM de uma hifa fúngica a 250x. (D) Micrografia SEM de hifas fúngicas a 1000x. ©2015, Raquel Madureira



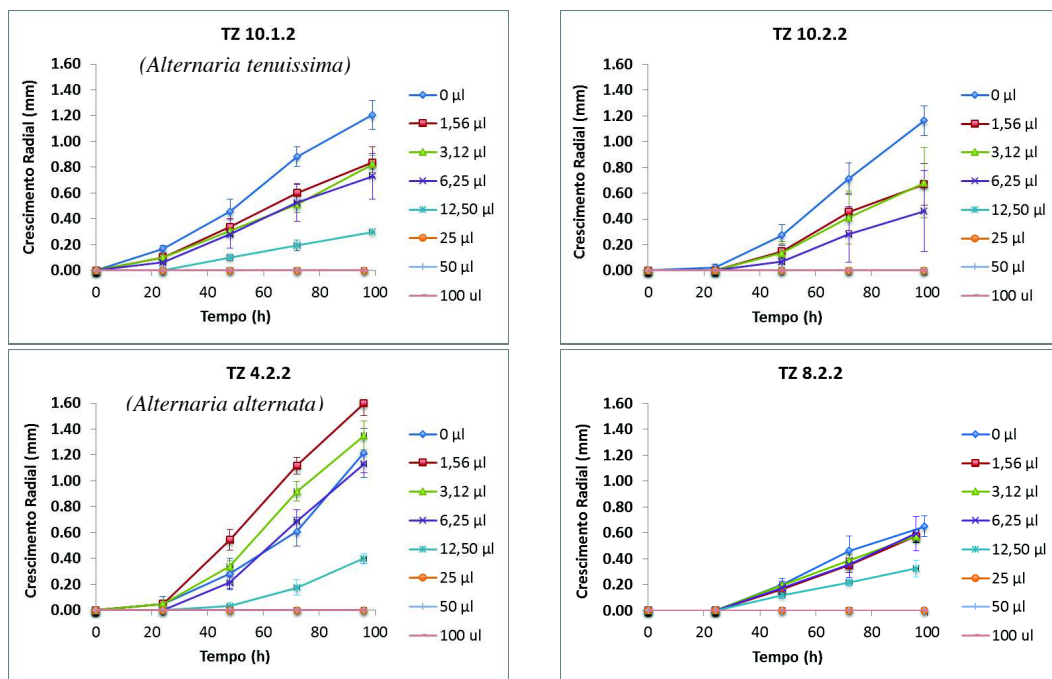
**Figura 67.** Amostra CR<sub>9</sub> de granito exterior, do pórtico esquerdo da fachada S., Igreja de Santa Cristina. (A) Local de recolha. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 200x. (C) Micrografia SEM de hifas fúngicas e microfissura a 1000x. (D) Micrografia SEM de rede fúngica a 1500x. ©2015, Raquel Madureira



**Figura 68.** Amostra CR<sub>14</sub> de reboco de restauro, Igreja de Santa Cristina. (A) Local de recolha. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 250x. (C) Micrografia SEM de estrato pulverulento a 2000x. ©2015, Raquel Madureira



**Figura 69.** Amostra TR<sub>4</sub> de granito interior da parede fundeira, Igreja de S. Tiago. (A) Local de recolha. ©2013 A Autora. (B) Micrografia SEM da amostra a 500x. (C) Micrografia SEM de hifas a 1500x. (D) Micrografia SEM de extrato em desagregação a 1500x ©2015, Raquel Madureira



**Figura 70.** Ensaio do efeito inibitório de crescimento do óleo essencial de manjerição a todas as concentrações para os quatro fungos seleccionados. ©2014/2015, A Autora

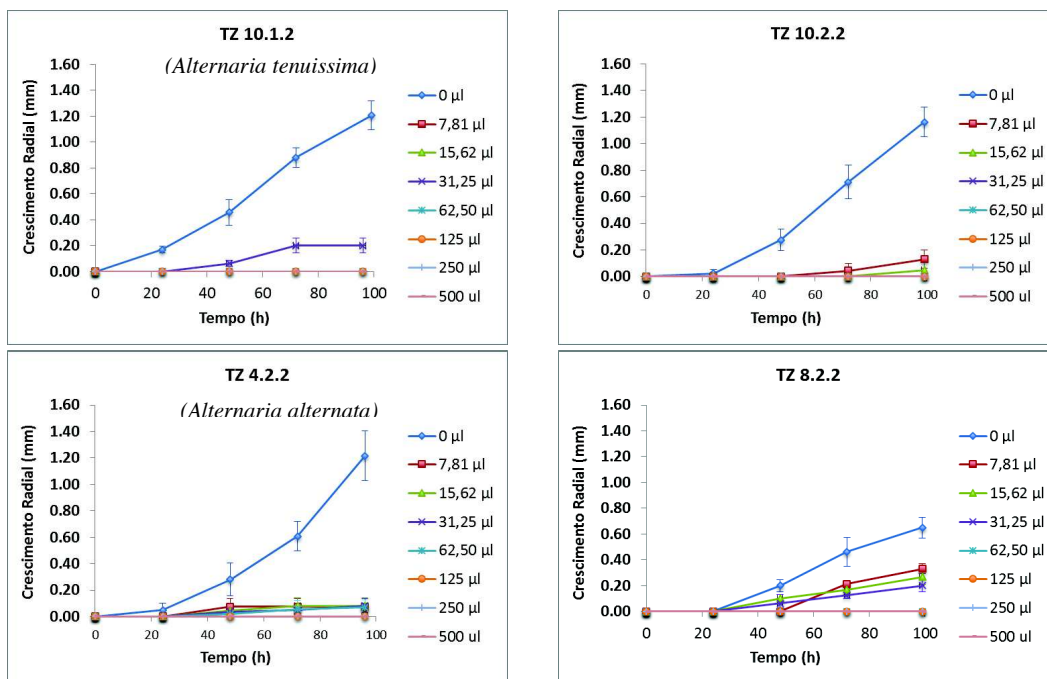


Figura 71. Ensaio do efeito inibitório de crescimento do CB para os quatro fungos seleccionados. ©2014/2015, A Autora

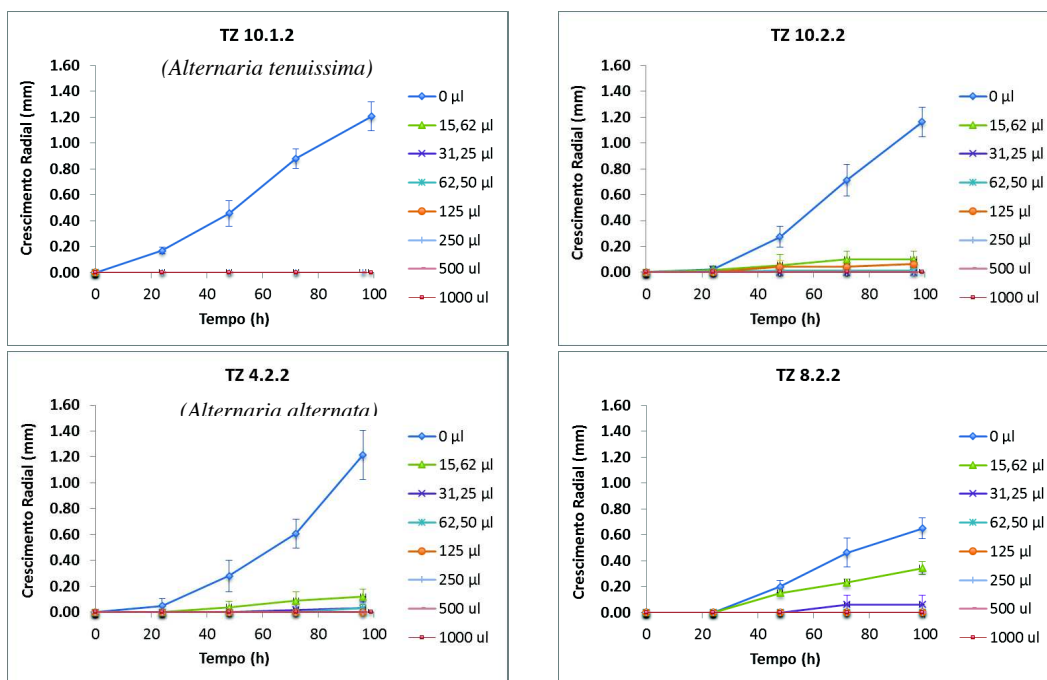
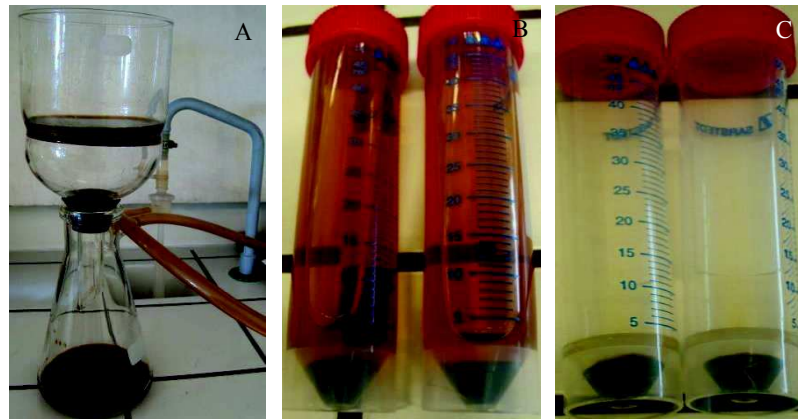


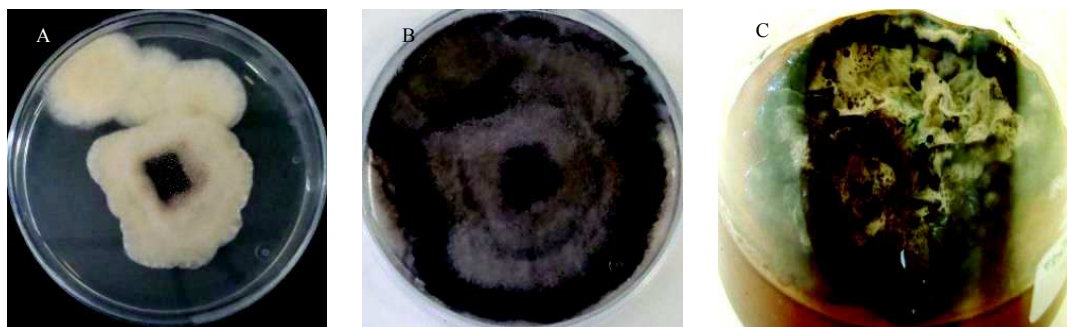
Figura 72. Ensaio do efeito inibitório de crescimento do Preventol R80 a todas as concentrações para os quatro fungos seleccionados. ©2014/2015, A Autora



**Figura 73.** Microfotografia por MO após extração do pigmento com DMSO dos exsudados do isolado CZ<sub>1,2,3</sub>, onde são visíveis esporos escuros/pigmentados. ©2015, A Autora



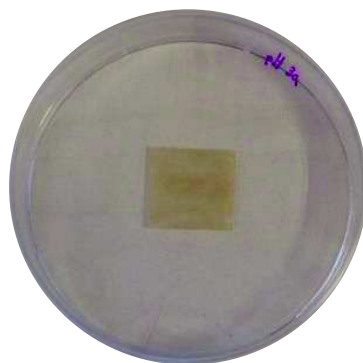
**Figura 74.** (A) Filtração do conteúdo do *Erlenmeyer* do fungo CZ<sub>1,2,3</sub> em meio PDB em funil de *Büchner* e frasco de *Kitasato* ligado a uma bomba de vácuo. (B) Eurotubos de 50 ml com filtrado do conteúdo do *Erlenmeyer* do fungo CZ<sub>1,2,3</sub> em PDB a pH 3 após centrifugação sendo visível a coloração escura do sobrenadante e particularmente negra do precipitado. (C) Precipitados negros. ©2015, A Autora



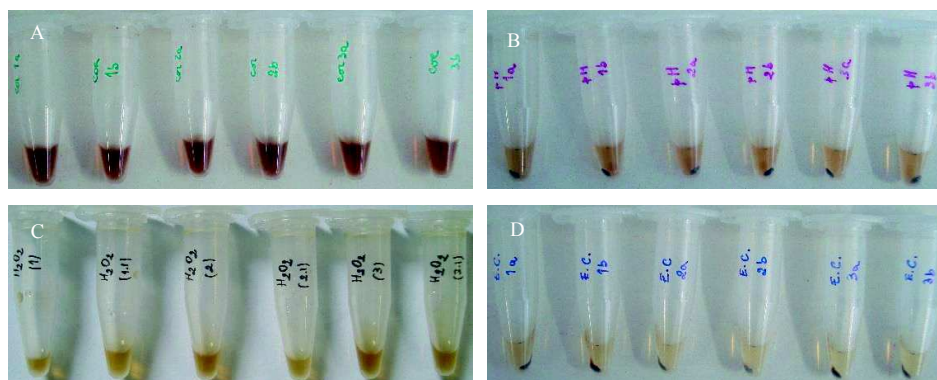
**Figura 75.** Fungo filamentososo TZ<sub>4,2,2</sub> (*Alternaria alternata*): (A) e (B) em meio sólido PDA, sem formação de exsudados. (B) Em meio líquido PDB, com formação de exsudados escuros e pigmentação extracelular. ©2014, A Autora



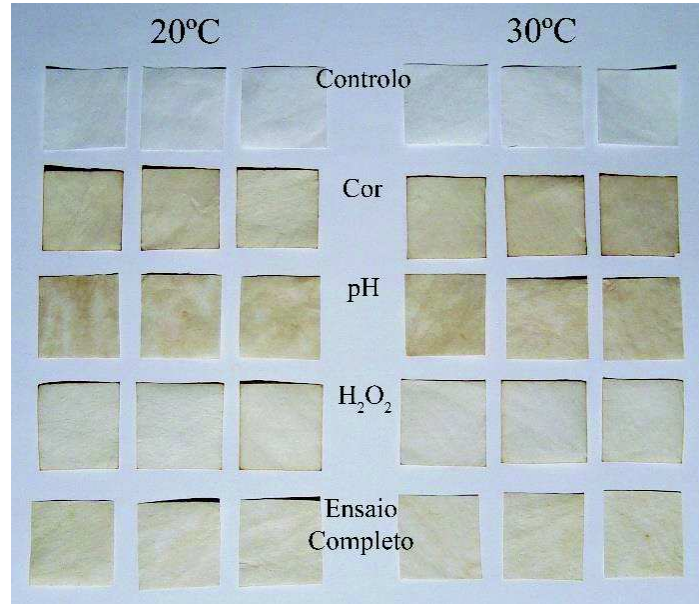
**Figura 76.** Ensaio de descoloração enzimática do protocolo por deposição, com 50 µl de suspensão de melanina sem diluição em rectângulo de papel de filtro autoclavado. ©2015, A Autora



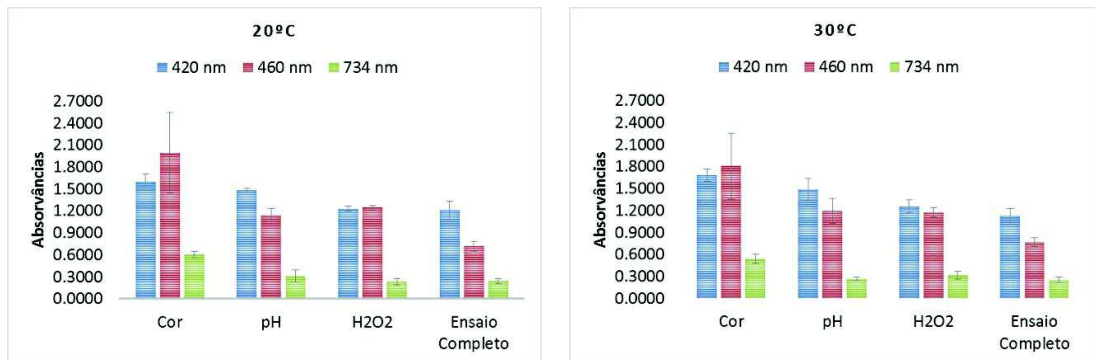
**Figura 77.** Ensaio de descoloração enzimática (iii) do protocolo por imersão, para controlo do pH à temperatura ambiente. ©2015, A Autora



**Figura 78.** Soluções de ensaios de actividade enzimática do protocolo por imersão: (A) Controlo da cor. (B) Controlo do pH. (C) Controlo do peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). (D) Ensaio completo. ©2015, A Autora



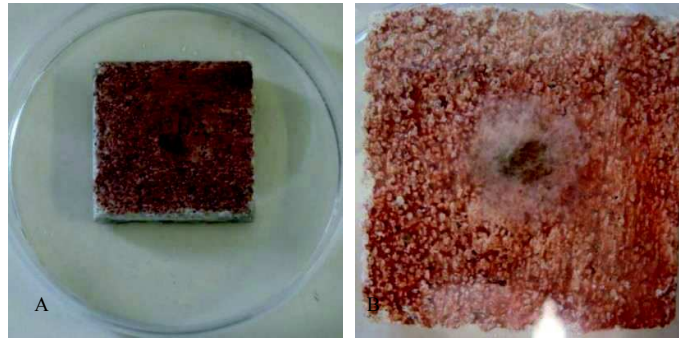
**Figura 79.** Diferença de cor (como observado a olho nu) resultante de ensaios em papel para descoloração enzimática, a 20°C e a 30°C. ©2015, A Autora



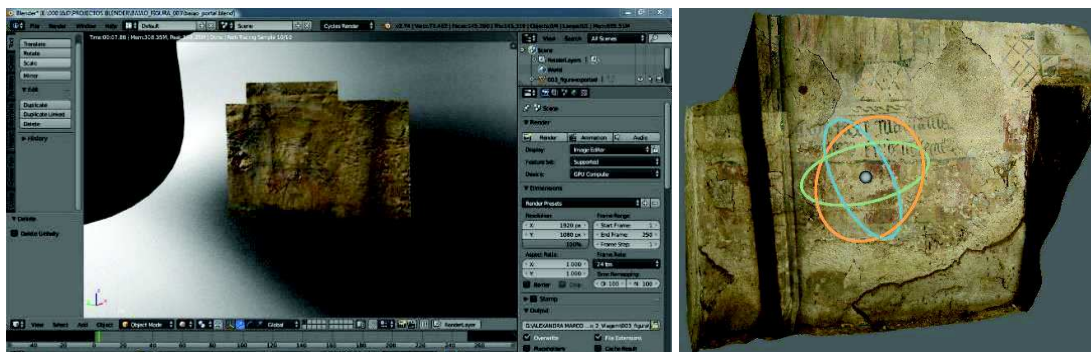
**Figura 80.** Medição dos sobrenadantes nas absorvâncias de 420, 460 e 734 nm a partir dos ensaios de actividade enzimática do protocolo por imersão, à temperatura ambiente e na incubadora. ©2015, A Autora



**Figura 81.** Pré-maquete de pintura mural (DP) com 500 µl de meio PDB inoculada com *plug*, onde se observa uma mancha negra à superfície.



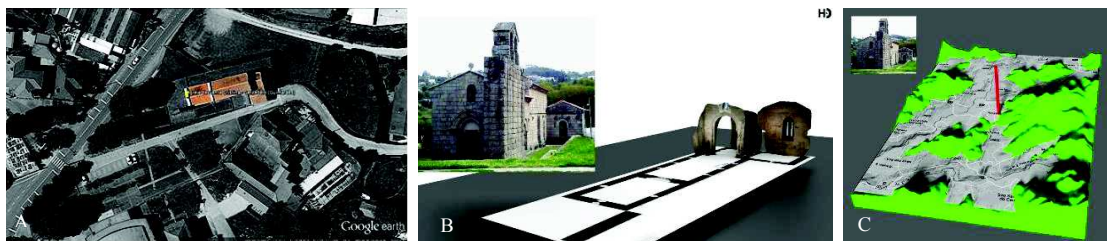
**Figura 82.** Ensaio com protótipo final: (A) Após espalhamento de meio PDB e inoculação de *plug* do fungo TZ4.2.2. (B) Após 7 dias com visível crescimento de hifas incolores. ©2015, A Autora



**Figura 83.** Processamento de imagens digitais através de programa informático com recurso à fotogrametria digital. HD, ©2015 Frederico Henriques



**Figura 84.** (A) Fotografia de satélite com a implantação da Igreja de Santa Eulália, Arnoso, V.N. de Famalicão (fonte: Google Earth). (B) Planta da Igreja (fonte: ©1958 SIPA/DGPC) com a localização das pinturas na nave, do pórtico principal à cabeceira (capela-mor), direcção Oeste-Este em 3D. HD, ©2015 Frederico Henriques



**Figura 85.** (A) Fotografia de satélite com a implantação da Igreja de Santa Cristina, Serzedelo, Guimarães (fonte: Google Earth). (B) Planta ao nível das frestas (fonte: ©1959 SIPA/DGPC) com localização das pinturas murais em 3D. (C) Representação gráfica do relevo topográfico à cota da estrada nacional 105 e da nacional 206, na envolvente geográfica da Igreja (fonte: Terrain 2STL). HD, ©2015 Frederico Henriques



**Figura 86.** (A) Fotografia de satélite com a implantação da Igreja de S. Tiago, Valadares, Baião (fonte: Google Earth). (B) Planta térrea (fonte: ©Rota do Românico) com localização das pinturas murais em 3D. HD, ©2015 Frederico Henriques



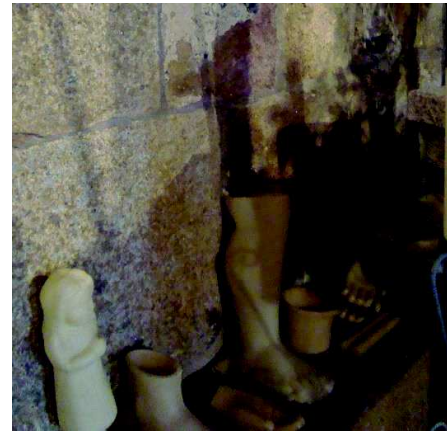
**Figura 87.** (A) Pórtico principal, fachada Oeste. (B) Fachada lateral Sul. (C) Fachada lateral Norte. (D) Cabeceira (Capela-mor), fachada Este. (E) Sepultura escavada no granito sem tampa. (F) Sepultura escavada no granito com tampa. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 88.** Elementos arquitectónicos e decorativos diferenciados, com material distinto do original, colocados possivelmente durante as intervenções de restauro anteriores. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 89.** Planta verdadeira em contacto com o granito e a pintura mural, no canto da fachada N. com o arco triunfal (lado do Evangelho). © 2012, Eduarda Vieira



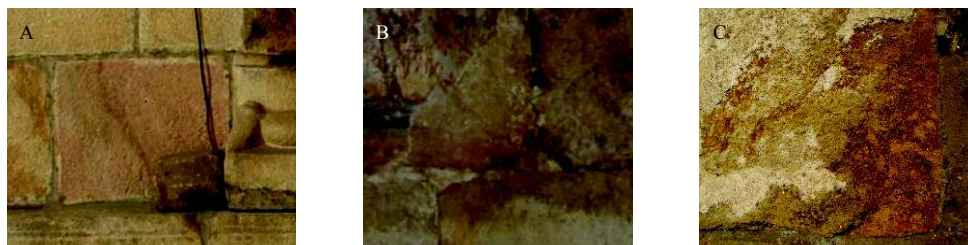
**Figura 90.** Ex-votos em cera encostados à pintura mural da Coroação da Virgem (lado da Epístola). © 2012, Eduarda Vieira



**Figura 91.** Ex-votos no local onde actualmente se encontram, sob o púlpito, na fachada S., assentes em papel. © 2015, Frederico Henriques

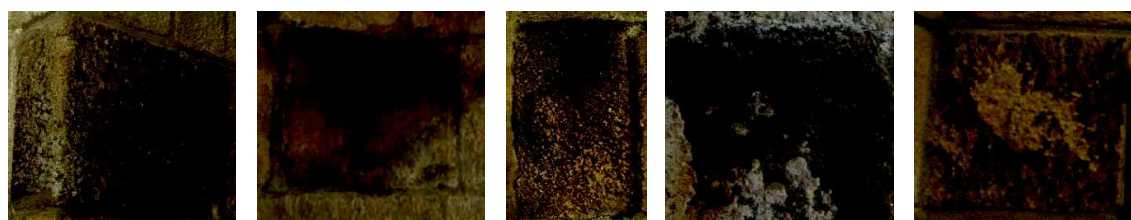


**Figura 92.** Dejectos de morcego depositados sobre a toalha na mesa de altar, na capela-mor. © 2015, A Autora



**Figura 93.** Blocos graníticos com coloração: (A) e (B) Avermelhada, provavelmente por oxidação dos elementos metálicos constituintes da rocha; (C) Amarela por provável hidrólise dos silicatos em pulverulência.

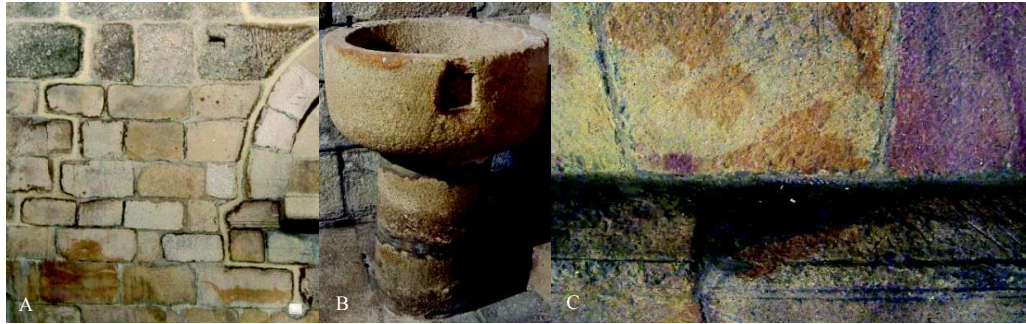
© 2015, Frederico Henriques



**Figura 94.** Blocos graníticos com coloração negra por biocolonização da rocha. © 2015, Frederico Henriques



**Figura 95.** Eflorescências de sais, observáveis nas linhas brancas que aparecem à superfície do granito: (A) Parede N. da capela-mor; (B) Parede sul da nave; (C) Parede N da nave, arco triunfal e escadas para a capela-mor (lado do Evangelho); (D) Parede S., arco triunfal e escadas para a capela-mor (lado da Epístola). © 2015, Frederico Henriques



**Figura 96.** Aplicação inadequada das argamassas: (A) Escorrências castanhas no contorno das argamassas calcárias aplicadas para ocultar a instalação eléctrica. Argamassas de cimento (tipo Portland) aplicadas nas juntas: (B) Da pia baptismal © 2015, Frederico Henriques; (C) do murete da parede N., com excesso de material sobre o bloco de granito. © 2012, A Autora



**Figura 97.** Desgaste da policromia nos elementos inferiores mais salientes (plano mais próximo do observador). © 2015, Frederico Henriques



**Figura 98.** Escultura em madeira de Cristo Crucificado com lacunas e destacamentos da policromia. © 2015, A Autora



**Figura 99.** Púlpito em madeira com inúmeras fracturas, algumas lacunas de material como as do ornamento central, e desvanecimento da policromia. Os ornamentos salientes denotam desgaste e acumulação de pó generalizado. © 2013, Frederico Henriques



**Figura 100.** Quadro eléctrico à vista (sem porta), com ligações precárias. © 2015, A Autora  
**Figura 101.** Cabo de corrente eléctrica que chega ao quadro pela fresta da fachada oriental, a partir do exterior. © 2015, Frederico Henriques



**Figura 102.** A entrada de luz é efectuada por quatro frestas e duas cruzes em x vazadas: (A) Fachada O.; (B) Fachada S.; (C) Fachada E.; (D) Fachada N.; (E) Fachada O.; (F) Fachada S. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 103.** Fissuras da camada pictórica nas áreas de juntas do suporte granítico. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 104.** Aspecto das pinturas na parede do lado da Epístola, junto ao arco triunfal na Igreja de Sta. Eulália: (A) Estado das pinturas em 1958, alguns anos após a remoção dos altares (fonte: Boletim N° 94 da DGEMN, 1958). (B) Estado das pinturas em 2015. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 105.** Aspecto das pinturas na parede do lado do Evangelho, junto ao arco triunfal na Igreja de Sta. Eulália: (A) Estado das pinturas em 1958, alguns anos após a remoção dos altares (fonte: Boletim N° 94 da DGEMN, 1958). (B) Estado das pinturas em 2015. ©2015, Frederico Henriques

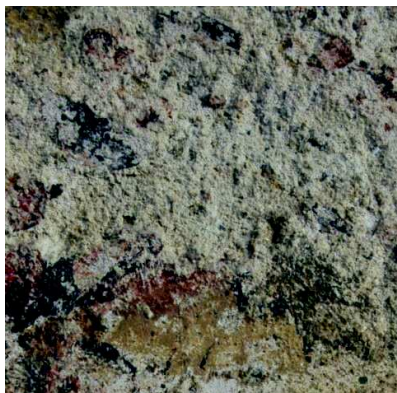


Figura 106. Reboco pulverulento e com falta de coesão. ©2015, Frederico Henriques

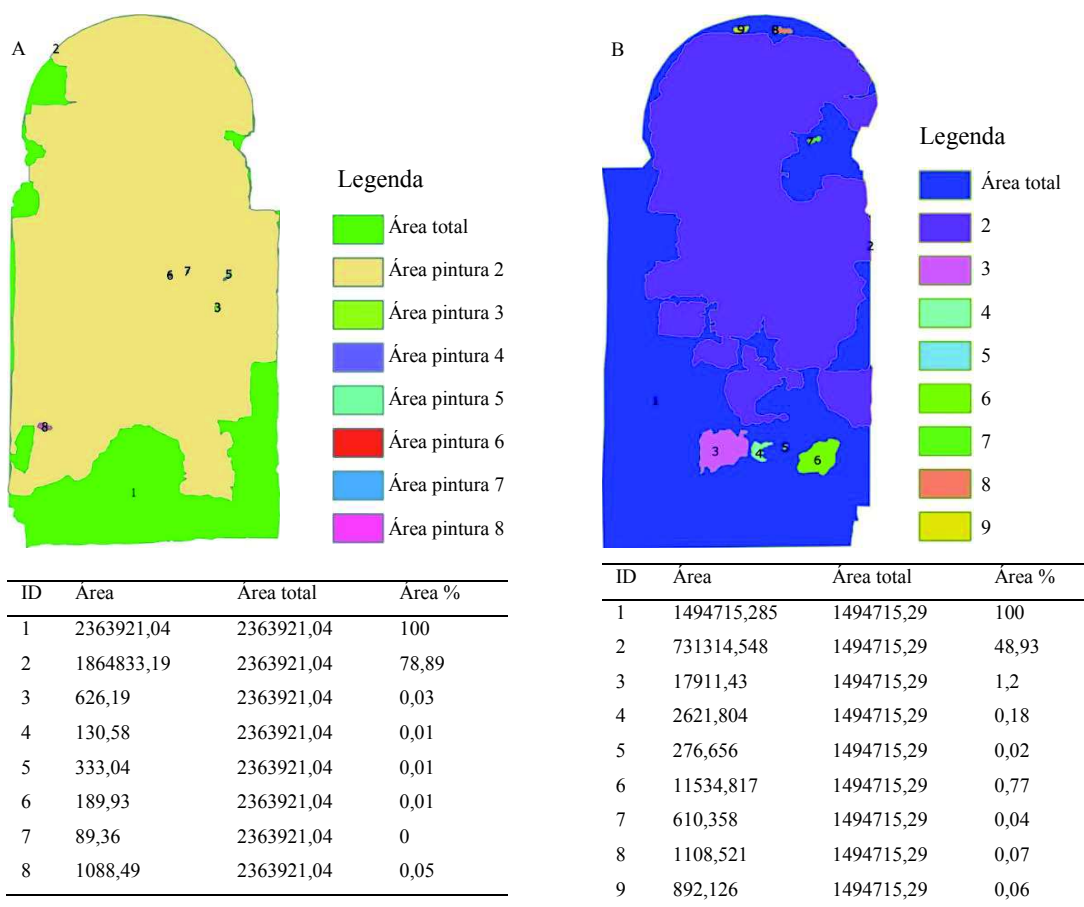


Figura 107. Mapas da distribuição pictórica da Igreja de Santa Eulália, Mosteiro de Arnosó: (A) No arco do lado do Evangelho. (B) No arco do lado da Epístola. Processamento de dados com o programa informático QGIS. ©2015, Frederico Henriques e Ana Bailão



**Figura 108.** Representação gráfica 3D com indicação da área pictórica total, da pintura da primeira campanha, da pintura da segunda campanha e da biocolonização. ©2015, Frederico Henriques



**Figura 109.** Eflorescências de sais sobre biofilmes negros, no painel mural do lado do Evangelho. ©2015, Frederico Henriques



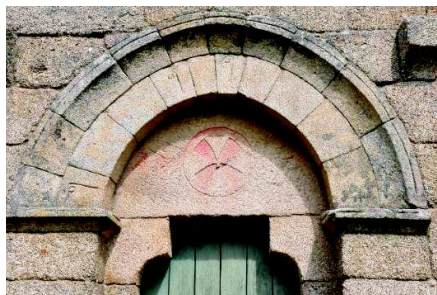
**Figura 110.** Fachada principal (oriental) com alterações pontuais nos elementos arquitectónicos salientes e na lateral do campanário. ©2013, A Autora



**Figura 111.** Escorrências com biocolonização negra e quatro zonas de escorrências de coloração alaranjada, possivelmente devidas à oxidação dos elementos metálicos existentes (sinos) e dos removidos (acesso aos sinos por escada e patamar em ferro). ©2013, A Autora



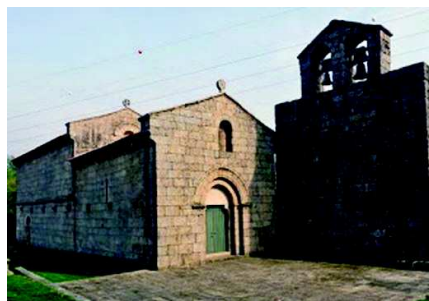
**Figura 112.** Biocolonização do rodapé por musgos, líquenes e plantas predominantemente nas juntas e solo. ©2013, Eduarda Vieira



**Figura 113.** Vestígios de coloração vermelha, possível remanescência de policromia no tímpano do pórtico lateral esquerdo da fachada S. ©2013, Eduarda Vieira



**Figura 114.** Biocolonização pontual nas juntas horizontais e maior incidência no parapeito da janela da sacristia, no pingadouro na união dos telhados e no cachorro sob a fresta da capela-mor. Fachada Este. ©2013, Eduarda Vieira



**Figura 115.** Biocolonização circunscrita ao rodapé e à parede do campanário, com extensa biocolonização (Fonte: *Sigillum Militum Christi*)



**Figura 116.** Sepulturas escavadas em blocos de granito, assentes em traves sem contacto directo com o terreno relvado. Colonização biológica mais acentuada nas sepulturas sem tampa (Fonte: *Sigillum Militum Christi*).



**Figura 117.** Elementos inerentes à Igreja de Santa Cristina em diversos materiais: Madeira, madeira policromada, folha de ouro, metal, pintura mural, contraplacado, granito. ©2013, Eduarda Vieira



**Figura 118.** Humidade no canto superior NO. devido a infiltrações da cobertura de madeira. ©2013, Eduarda Vieira



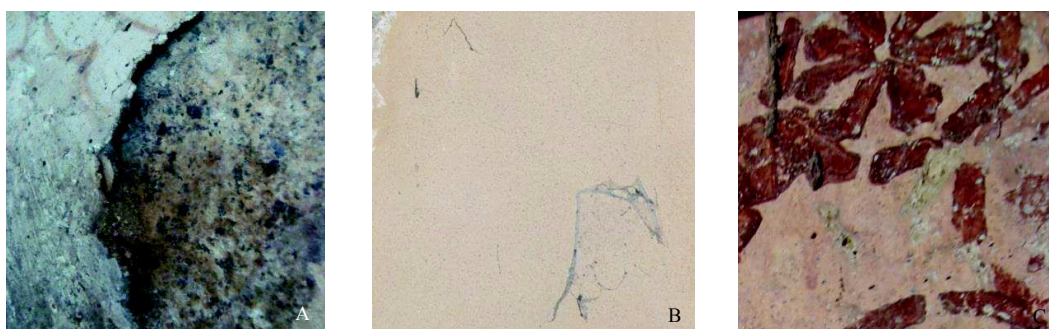
**Figura 119.** Água a brotar do interior do granito na fachada Sul: (A) *Pitting* e escamação; (B) Escorrências laranja, devido possivelmente à água entrar em contacto com os metais constituintes da rocha. ©2013, A Autora



**Figura 120.** Alterações do granito: (A) Eflorescências salinas e biocolonização. ©2013, Eduarda Vieira; (B) Enegrhecimento da superfície por colonização fúngica (C) Plaquetas e enegrecimento da superfície por colonização biológica. ©2013, Eduarda Vieira e Frederico Henriques



**Figura 121.** Aberturas para entrada de luz na Igreja de Santa Cristina: (A) Fresta no portal axial (O.); (B) Cruz em x vazada encimando o pórtico lateral esquerdo da fachada N.; (C) Fresta sobre o arco triunfal da nave; (D) Fresta da capela-mor na fachada N.; (E) Fresta na parede fundeira da capela-mor (Este); (F) Fresta na parede fundeira da sacristia (Este); (G) Cruz em x vazada encimando o pórtico lateral direito da fachada S.; (H) Frestas da nave na fachada S.; (I) Fresta do nártex na fachada S. ©2013, Eduarda Vieira e Frederico Henriques

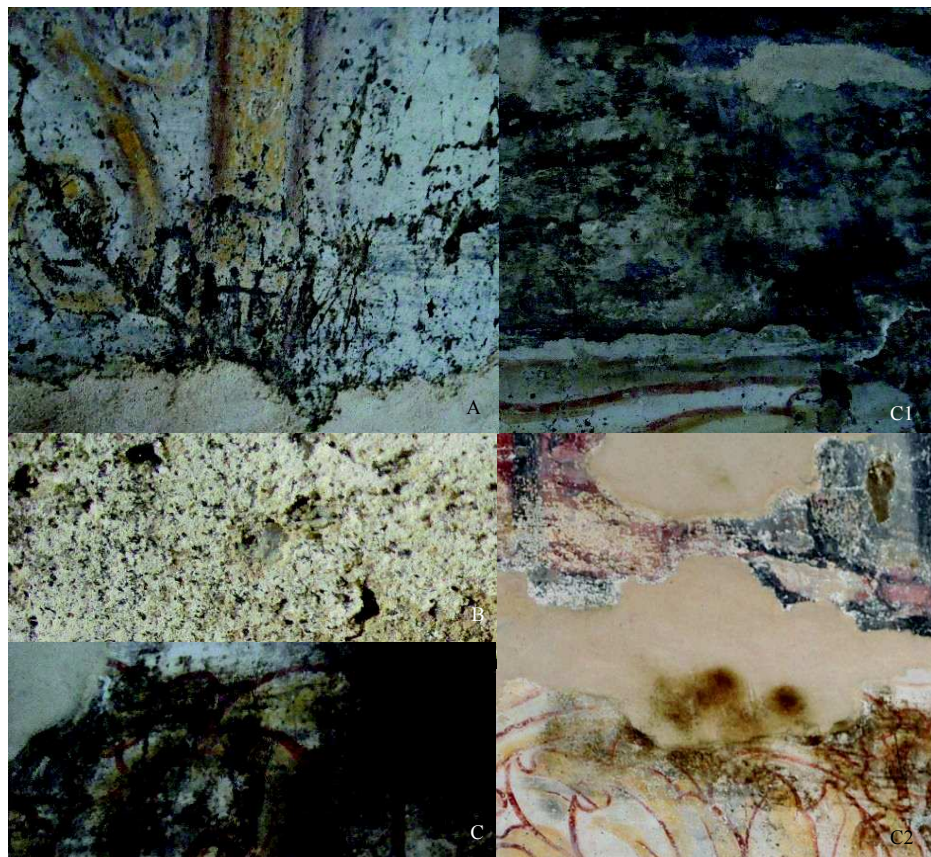


**Figura 122.** (A) Poeiras e sujidade acumulada entre a camada de reboco em destacamento e o suporte de granito; (B) Teias de aranha pendendo do reboco de restauro e da pintura mural. ©2013, A Autora



**Figura 123.** Biocolonização do reboco de restauro, possivelmente por contaminação advinda do suporte.

©2013, Frederico Henriques



**Figura 124.** Alterações da pintura mural: (A) Lacunas de camada cromática por acção humana; (B) Pulverulência; (C; C1 e C2) Manchas escuras causadas por biocolonização fúngica. ©2013, A Autora



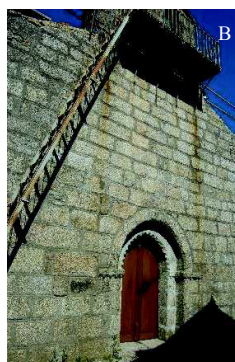
**Figura 125.** Curso de água a passar sob a igreja, pela fachada Sul. ©2015, Frederico Henriques



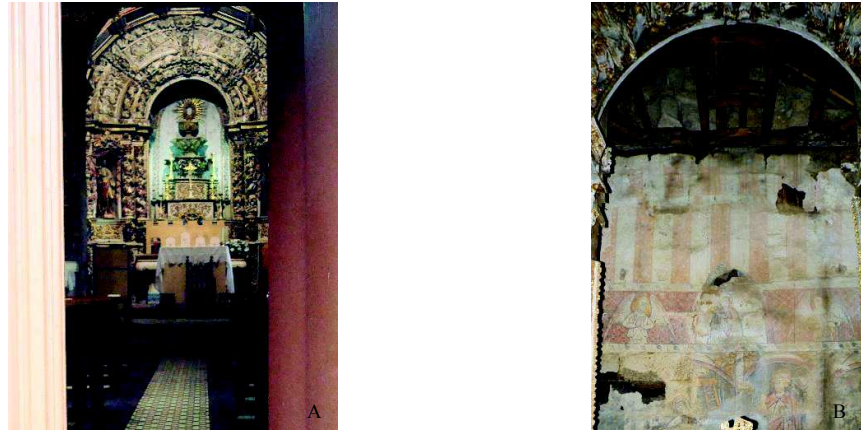
**Figura 126.** Manchas negras nas fachadas: (A) Fachada Norte (sacristia); (B) Fachada Este (capela-mor); (C) Fachada Sul (com canteiro adjacente). ©2013, A Autora



**Figura 127.** Diferente biocolonização das fachadas entre musgos e líquenes. (A) Fachada Norte (nave). (B) Fachada Este (sacristia). (C) Fachada Norte (altar-mor). (D) Fachada Norte (sacristia). ©2013, A Autora



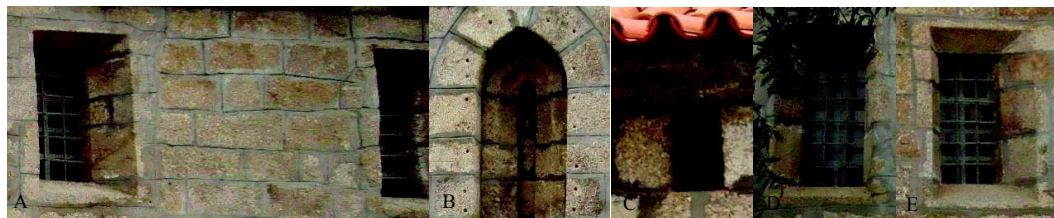
**Figura 128.** (A) Escorrência de água com biocolonização, efectuando o caminho das juntas de cimento. (B) Escorrências laranja por oxidação dos elementos metálicos do campanário. ©2013, A Autora



**Figura 129.** (A) Multitude de materiais que revestem a igreja desde madeira nas suas diversas variantes, mosaico e granito, entre outros ©2013, A Autora. (B) Um dos três painéis de pintura mural existentes – outro dos revestimentos da igreja só observável com a desmontagem do altar-mor (fonte: ©2015, Rota do Românico).



**Figura 130.** Aplicação de argamassa de cimento no chão da igreja à entrada do pórtico principal (fachada Oeste): (A) Aos pés da pia baptismal, no canto da fachada O com a N. (B) Sob a pia de água benta no lado direito do pórtico principal conjuntamente com mancha de humidade entre o chão e a parede. ©2013, A Autora



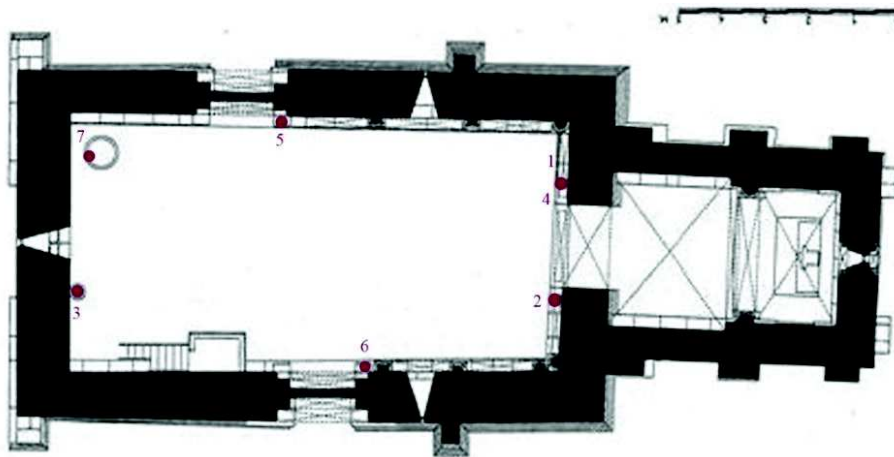
**Figura 131.** Aberturas para entrada de luz: (A) Janelas na fachada N. (B) Fresta na fachada E. (capela-mor). (C) Pequeno janelo na fachada E. (sacristia). (D) e (E) Janelas da fachada S., idênticas à da fachada N. (nave). ©2013, A Autora



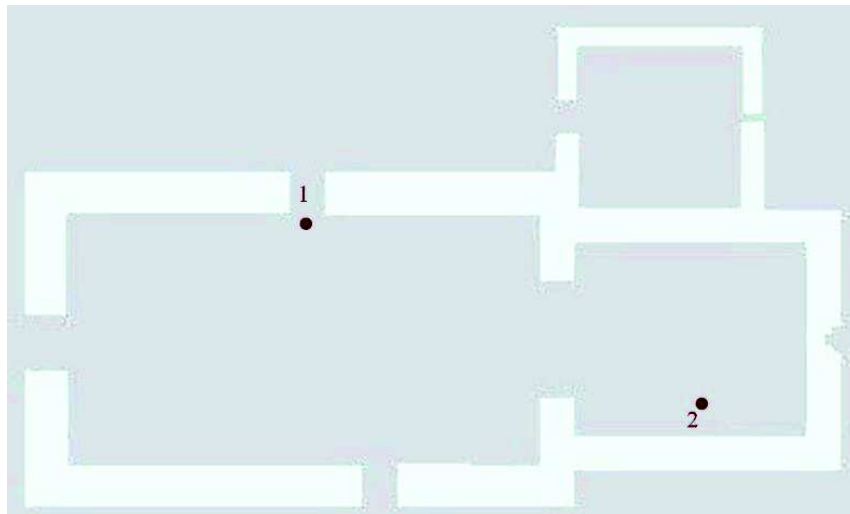
**Figura 132.** Alterações na camada cromática: (A) Sujidade e poeiras. (B) Teias de aranha. (C) lacunas da camada cromática e reboco. (D) Lacunas por acção humana. (E) Destacamentos da camada cromática por mau isolamento da cobertura. (F) Cal aplicada sobre as pinturas murais para colocação de altares no séc. XVIII. (G) Escorrências de uma junta aberta. (H) Eflorescências. (I) Manchas acastanhadas devidas a biocolonização. (A), (D), (E), (F) e (I) ©2015, Frederico Henriques. (B), (C), (G) e (H) ©2013, A Autora



**Figura 133.** (A) Manchas negras no granito por biocolonização. (B) Perda de suporte em local de fixação dos altares. (C) Mancha laranja no granito por oxidação do elemento metálico. ©2015, Frederico Henriques.



**Figura 134.** Localização das monitorizações com higrómetro da Temperatura e Humidade Relativa na Igreja de Sta. Eulália: 1. Parapeito na base do Pentecostes. 2. Parapeito na base da Coroação da Virgem. 3. Pia de água benta. 4. Parapeito na base do Pentecostes. 5. Parede N. 6. Parede S. 7. Pia baptismal.



**Figura 135.** Localização das monitorizações com higrómetro da Temperatura e Humidade Relativa na Igreja de S. Tiago: 1. Pórtico lateral na parede Norte. 2. Altar-mor.

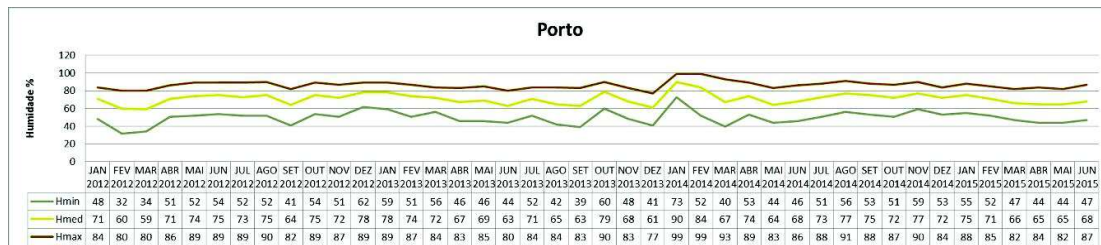


Figura 136. Monitorização da H<sub>min</sub>, H<sub>med</sub> e H<sub>max</sub> entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de Sta. Eulália através da Estação Meteorológica do Porto (fonte: IPMA). ©2015, A Autora.

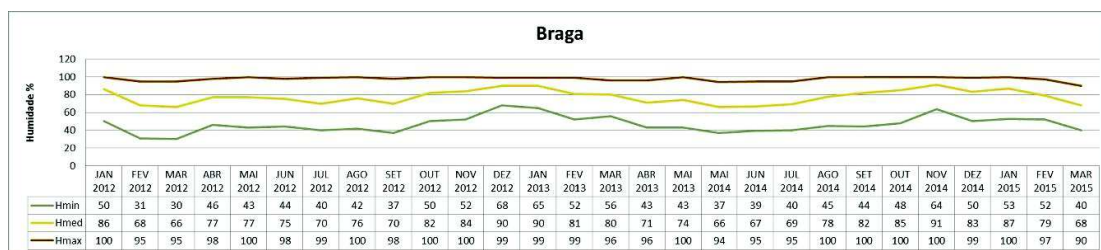


Figura 137. Monitorização da H<sub>min</sub>, H<sub>med</sub> e H<sub>max</sub> entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de Sta. Cristina através da Estação Meteorológica de Braga (fonte: IPMA). ©2015, A Autora.

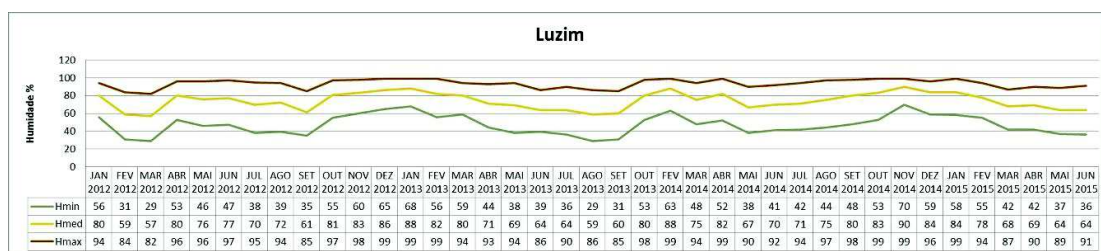


Figura 138. Monitorização da H<sub>min</sub>, H<sub>med</sub> e H<sub>max</sub> entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de S. Tiago através da Estação Meteorológica de Luzim (fonte: IPMA). ©2015, A Autora

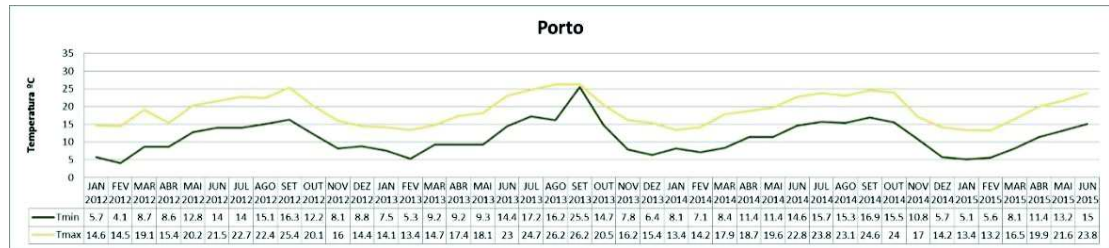


Figura 139. Monitorização da  $T_{min}$  e  $T_{max}$  entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de Sta. Eulália através da Estação Meteorológica do Porto (fonte: IPMA). ©2015, A Autora.

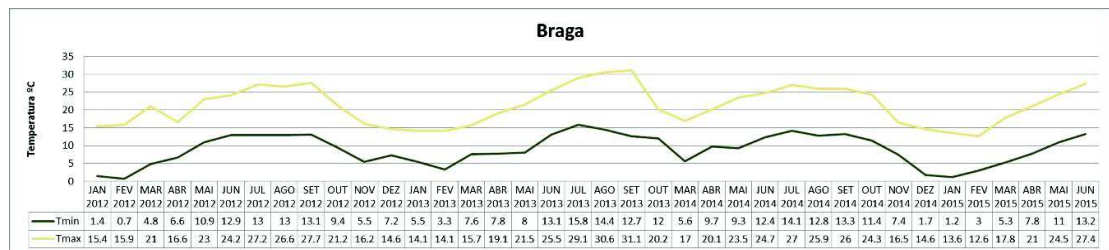


Figura 140. Monitorização da  $T_{min}$  e  $T_{max}$  entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de Sta. Cristina através da Estação Meteorológica de Braga (fonte: IPMA). ©2015, A Autora.

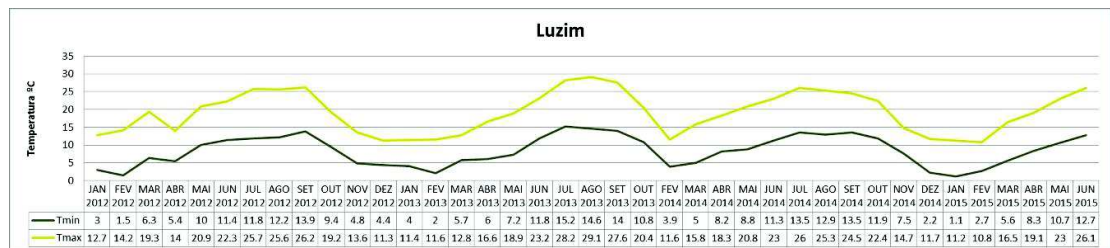


Figura 141. Monitorização da  $T_{min}$  e  $T_{max}$  entre Janeiro de 2012 e Junho de 2015, na envolvente da Igreja de S. Tiago através da Estação Meteorológica de Luzim (fonte: IPMA). ©2015, A Autora



## APÊNDICE DE MATERIAIS



<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Acetona	
<b>Natureza do Produto:</b> Cetona alifática	
<b>Sinónmia:</b> Dimetilcetona, propanona	
<b>Categoria:</b> Solvente	
<b>Características</b>	
Composto sintético líquido incolor. Com um odor adocicado e sabor característico, menos denso que a água. Não é facilmente oxidável e é estável sob condições normais de uso e armazenamento. Evapora facilmente e produz vapores inflamáveis. Muito polar.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b> C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O/CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>3</sub>	<b>Índice de refração:</b> 1,3588
<b>Peso molecular:</b> 58,08	<b>Calor latente de vaporização:</b> 123,3 cal/g
<b>Ponto de ebulição:</b> 56,2°C	<b>Calor específico a 20°C:</b> 0,511 cal/g°C
<b>Tensão superficial (20°C):</b> 23,7dina/cm	<b>Parâmetros de solubilidade:</b> N=47 D=32 H=21
<b>Densidade:</b> 0,7899 (a 20°C) g/cm <sup>3</sup>	<b>Ponto de fusão:</b> -94,6°C
<b>Solubilidade:</b> Solúvel em qualquer proporção em água, álcool, éter, benzeno e clorofórmio, dimetilformamida e na maioria dos óleos.	
<b>Aplicações</b>	
Utilizado como solvente de produtos orgânicos e minerais, agente de limpeza e removedor de resíduos de consolidantes (por ex. o poliacetato de vinil). Pura ou em soluções para remoção de verniz, repintes, fitas adesivas, crepes, gomas.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20°C: 186,0mmHg Densidade de vapor a 20°C (ar=1): 2,00 Velocidade de evaporação a 30°C: 0,43g/min Taxa de evaporação: 2,1 (ABNT) Limite de tolerância: TLV 780 ppm (1,870mg/m <sup>3</sup> ) Índice de risco: 3 (ABNT)	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: -19°C; Limite de explosividade (%vol.): 13,0; Auto combustão: 538°C	
<b>Condições de armazenamento:</b> Colocar grandes ou pequenas quantidades em recipientes ou armários à prova de fogo. Conservar o recipiente em lugar bem ventilado.	
<b>Precauções:</b> Incompatível com materiais oxidantes e ácidos. Pode ser explosivo com hidrocarbonetos clorados. Pode ser desaconselhável misturar acetona com tricloroetano. Manter afastado de fontes de calor. É moderadamente tóxico. Não fumar. Não inalar o vapor. O contacto directo nos olhos pode causar irritação, lesão séria, deve-se lavar imediatamente com água. Procurar assistência médica caso a irritação persista. Contacto com a pele pode ser perigoso, assim como pode causar secura da pele. Lavar com sabão ou detergente e água. Remover a roupa contaminada. Procurar assistência médica caso a irritação persista após a lavagem. A inalação provoca dor de cabeça, torpor e sensação de depressão, dificuldade de respirar, perda de consciência e coma. É tóxico para ingestão.	
<b>Fabricantes:</b> Grupo Química; Yetec; Merck; Olifan; Farnos; EXXON; Quimibrás; Medical; B.Herzog.	

**Ficha técnica 1. Acetona**

Caracterização da Colonização Microbiana da Pintura Mural de Três Igrejas (N. Portugal): Estudo preliminar do crescimento microbiano, avaliação da actividade de biocidas e proposta de intervenção futura

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Ácido clorídrico	
<b>Natureza do Produto:</b> Ácido inorgânico	
<b>Sinónmia:</b> Ácido muriático; cloreto de hidrogénio	
<b>Categoria:</b> Reagente	
<b>Espécie:</b>	
<b>Características</b>	
Solução aquosa do gás cloreto de hidrogénio. O ácido clorídrico é um líquido incolor, pungente, venenoso e altamente corrosivo, no entanto, algumas soluções de ácido podem ser amareladas devido a impurezas dissolvidas de ferro.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b> HCl	<b>Índice de refração:</b>
<b>Forma:</b> líquido	<b>Odor:</b> pungente
<b>Peso molecular:</b> 36,46	<b>pH (solução concentrada):</b> 0.1
<b>Ponto de ebulição:</b> -84,9°C (do gás)	<b>Viscosidade (20°C):</b>
<b>Tensão superficial (20°C):</b>	<b>Parâmetros de solubilidade:</b>
<b>Densidade:</b> 1,187 g/cm <sup>3</sup> (do gás)	<b>Ponto de fusão:</b> -114,8°C
<b>Solubilidade:</b> Solúvel em éter e benzeno. Água: 82,3-56,1. Alcool: 327 cm <sup>3</sup>	
<b>Aplicações</b>	
Utilizado na preparação de diversas soluções para o processamento e tratamento de conservação de emulsões fotográficas, componente de reactivos para identificação de fibras, lignina e cargas minerais em papéis. Usado em solução a 5% no tratamento de enzimas.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor: 14.1 kPa Densidade de vapor a 20°C: Taxa de evaporação: Limite de tolerância: 7 mg/m <sup>3</sup>	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: Limite de explosividade (%vol.): Auto combustão:	
<b>Condições de armazenamento:</b> Armazenar em local bem ventilado. Manter o recipiente bem fechado. Armazenar em recipiente resistente à corrosão com um revestimento interior resistente.	
<b>Precauções:</b> Reage violentamente com substâncias alcalinas fortes. Tóxico por ingestão e inalação. Usar apenas ao ar livre ou em uma área bem ventilada. Usar luvas de protecção/vestuário de protecção/protecção ocular e facial. É corrosivo em contacto com a pele. Irrita os órgãos respiratórios.	
<b>Fabricantes:</b> Vetec/B. Herzog/Farmos/Proquímica	

Ficha técnica 2. Ácido clorídrico

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Ácido etilenodiamino tetracético (EDTA)	
<b>Natureza do Produto:</b> Composto orgânico ácido	
<b>Sinónmia:</b> Ácido edético	
<b>Categoria:</b> Agente quelante	
<b>Espécie:</b>	
<b>Características</b>	
Composto orgânico que age como agente quelante, criando complexos muito estáveis com diversos iões metálicos. Apresenta-se em pó ou sob a forma de cristais brancos.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Forma:</b> pó branco	<b>Odor:</b> inodoro
<b>Fórmula:</b> C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	<b>Índice de refração:</b>
<b>Peso molecular:</b> 292.24 g/mol	<b>Calor latente de vaporização:</b>
<b>Ponto de ebulição:</b>	<b>pH (em solução):</b> 2.0 – 3.0
<b>Tensão superficial (20°C):</b>	<b>Parâmetros de solubilidade:</b>
<b>Densidade (20°C):</b> 860 mg/mL	<b>Ponto de fusão:</b> 237°C
<b>Solubilidade:</b> ligeiramente solúvel em água e insolúvel em solventes orgânicos.	
<b>Aplicações</b>	
O EDTA é um forte agente quelante usado para remover sais metálicos de soluções. A utilização do EDTA na limpeza de manchas e crostas da pedra tem tido algum sucesso. É utilizado em análises químicas, para fazer detergentes e compostos de limpeza, entre outros usos.	
Indústria alimentícia: preservante, sequestrante, antioxidante. Indústria farmacêutica: agente quelante, anti-coagulante, entre outros.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20 ° C: Densidade de vapor a 20 ° C: Taxa de evaporação: Limite de tolerância:	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: não inflamável Limite de explosividade (%vol.): Auto combustão:	
<b>Condições de armazenamento:</b> Manter em embalagem fechada, em local seco e arejado, separado de oxidantes fortes, metais, alimentos e rações.	
<b>Precauções:</b> Evitar a inalação do pó. Usar luvas e óculos de protecção.	
<b>Fabricantes:</b> AVA Chemicals PVT LTD; Merck; Mitsuya Boeki USA Inc.	

Ficha técnica 3. Ácido etilenodiamino tetracético (EDTA)

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Água, água desionizada, água destilada	
<b>Natureza do Produto:</b> Solvente inorgânico	
<b>Sinónmia:</b> Óxido de Hidrogénio, Água desmineralizada	
<b>Categoria:</b> Solvente	
<b>Espécie:</b>	
<b>Características</b>	
Líquido. Substância quimicamente inerte e estável. Expande quando congelada. Água desionizada: tipo de água isenta de sais minerais, que são removidos por meio de materiais poliméricos naturais ou artificiais, chamados zeólitos ou resinas permutadoras de iões. O processo de desionização ou desmineralização não isenta a água de matéria orgânica ou partículas em suspensão, bem como de gases dissolvidos. Água destilada: é um tipo de água isenta de gases, sais e matéria orgânica, removidos por meio de destilação.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b> H <sub>2</sub> O	<b>Índice de refração:</b> 1.3330
<b>Peso molecular:</b> 18.0016	<b>Ponto de ebulição:</b> 100°C
<b>Temperatura de densidade máxima:</b> 3.98°C	<b>Ponto de fusão:</b> 0°C
<b>Temperatura crítica:</b> 374°C	<b>Constante dieléctrica (0°C):</b> 87.740
<b>Massa de litro de vapor saturado, a 100°C e 760 mm:</b> 0,5974 g	<b>Constante de ionização para água pura (25°):</b> 1.008 x 10 <sup>-14</sup>
<b>Densidade (3.98°C):</b> 1.000000 g/ml (0,999972 g/cm <sup>3</sup> )	<b>Pressão crítica:</b> 218 atm
<b>Densidade (25°C):</b> 0,917 g/cm <sup>3</sup>	<b>Calor específico (líq. 14°):</b> 1000 cal/g°C
<b>Densidade (0°C) (gelo):</b> 0,917 g/cm <sup>3</sup>	<b>Calor latente de fusão:</b> 1.436 Kcal/mol
<b>Densidade (4°C) (líquido):</b> 0,999868	<b>Calor latente de vaporização:</b> 9.717 Kcal/mol
<b>Momento dipolar (25°C):</b> em Benzeno: 1.76; em Dioxano: 1.86	
<b>Solubilidade: (parâmetro de fraccionais):</b> 23.50 Fa: 19, Fp: 22, Fh: 58	
<b>Aplicações</b>	
Solvente em geral. Solvente para veículos aquosos, colas, gomas, proteínas, etc. Diluente para emulsões como por ex.: gema de ovo. Solvente para corantes e sais inorgânicos. Água desionizada ou destilada são normalmente utilizadas na preparação de soluções e reagentes, mas não necessariamente em todas as etapas de tratamentos de conservação (como por exemplo na lavagem onde muitas vezes a água filtrada é a mais adequada).	

Ficha técnica 4. Água destilada

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> CaSoPaL®	
<b>Natureza do Produto:</b> Hidróxido de cálcio dispersado; nanocal em etanol	
<b>Sinónmia:</b>	
<b>Categoria:</b> Biocida	
<b>Espécie:</b>	
<b>Características</b>	
<p>Contém nano-partículas estáveis de hidróxido de cálcio (cal hidratada) dispersas em etanol. As partículas têm tamanhos na gama de 300-400 nm. O tamanho fino das partículas de hidróxido de cálcio resulta da sua preparação, baseada em síntese química. CaSoPaL® contém 15 g/L de nano-cal. O tratamento com CaSoPaL® combina as seguintes vantagens: 1. Álcool etílico, que é um dos mais eficazes desinfetantes, actua como um agente de desidratação danificando as membranas celulares das algas e fungos. Adicionalmente, ocorre a rápida desnaturalização das proteínas. Ambos os efeitos garantem o fim das actividades microbiológicas nas áreas tratadas. 2. A cal cria condições alcalinas nas quais se torna improvável um novo crescimento biológico. O produto está isento de cloro ou compostos à base de cloro e não contém compostos de amónia quaternária ou materiais relacionados.</p>	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b> Ca(OH) <sub>2</sub>	<b>Forma:</b> líquido
<b>Cor:</b> branco	<b>Odor:</b> semelhante ao álcool
<b>Ponto de ebulição:</b> 78°C	<b>Ponto de fusão:</b> -114°C
<b>Valor do pH:</b> (50 g/L em H <sub>2</sub> O) > 12	<b>Densidade:</b> 0,8 g/cm <sup>3</sup>
<b>Solubilidade em água:</b> solúvel, formação de pasta de hidróxido de cálcio aquoso	
<b>Aplicações</b>	
<p>Remoção segura de crescimento microbiológico. Recomenda-se um tratamento em duas fases das áreas infectadas. Um primeiro tratamento com CaSoPaL® seguido de remoção mecânica de material solto e danificado é usado para destruir fungos e esporos. O segundo tratamento com CaSoPaL® dá proteção a longo prazo contra novo crescimento biológico. Por fim, recomenda-se pintar a superfície com cal. A quantidade de CaSoPaL® requerida irá depender da dimensão da área a ser tratada, a extensão do crescimento microbiológico presente e o carácter do material que necessite de reforço/consolidação. Em geral 100 mL/m<sup>2</sup> são suficientes. Em substratos altamente porosos a quantidade necessária de CaSoPaL® será superior.</p>	
Aplicar 100 ml/m <sup>2</sup> .	
<p><b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20 ° C: 59 hPa  Densidade de vapor a 20 ° C:  Taxa de evaporação:  Limite de tolerância:</p>	
<p><b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: 12°C  Limite de explosividade (%vol.): inferior 3,5; superior: 15  Auto combustão: 425°C</p>	
<b>Condições de armazenamento:</b> Armazenável por pelo menos 2 anos no recipiente original fechado. Manter afastado de humidade e ar. O CaSoPaL® deve ser armazenado entre 5°C e 30°C.	
<b>Precauções:</b> CaSoPaL® removedor de fungos é fortemente alcalino e inflamável /combustível. Manter afastado de oxidantes, calor, faíscas e chamas. Evitar derramamento, e contacto com pele e olhos. Ventilar bem, evitar respirar vapores. Usar luvas e óculos de segurança.	
<b>Fabricantes:</b> IBZ-Salzchemie GmbH & Co. KG	

Ficha técnica 5. CaSoPaL®

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Cloreto de benzalcónio	
<b>Natureza do Produto:</b>	
<b>Sinónmia:</b> Cloreto de alquil – dimetil – benzil – amónia	
<b>Categoria:</b> Fungicida	
<b>Espécie:</b>	
<b>Características</b>	
O cloreto de benzalcónio é um agente de tensão superficial para aumentar o contacto nitrogenoso e catiónico pertencente ao grupo de compostos de amónia quaternária. É um sal facilmente solúvel em água, álcool e acetona.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b>	<b>Índice de refração:</b>
<b>Forma:</b> líquido límpido	<b>Cor:</b> Incolor
<b>Peso molecular:</b>	<b>pH:</b> 6-9 (solução 100g/l)
<b>Ponto de ebulição:</b> 100°C	<b>Viscosidade (20°C):</b>
<b>Tensão superficial (20°C):</b>	<b>Parâmetros de solubilidade:</b> Diluir a 10%
<b>Densidade (20°C):</b> 0,97-0,99 g/cm <sup>3</sup>	<b>Ponto de fluidez:</b> ≈ -5°C
<b>Solubilidade:</b> Totalmente solúvel em água. Solúvel em etanol, isopropanol, acetona, metiletilcetona	
<b>Aplicações</b>	
Biocida contra o ataque de algas, cianobactérias, bactérias, fungos e líquenes em substratos de pedra, metal e substratos orgânicos.	
Aplicar diluído a 10% em H <sub>2</sub> O.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20°C: Densidade de vapor a 20°C: Taxa de evaporação: Limite de tolerância:	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: 250°C Limite de explosividade (%vol.): Auto combustão:	
<b>Condições de armazenamento:</b> Sensível a congelamento. Caso o produto fique congelado, turvo ou denso por acção do frio, deve ser descongelado lentamente à temperatura ambiente e misturado por curto tempo. Armazenar a temperatura não superior a 35°C.	
<b>Precauções:</b> Produto nocivo à saúde. Em contacto com a pele e olhos pode provocar queimaduras. Se inalado pode causar irritação às vias respiratórias, encaminhar-se para local ventilado.	
<b>Fabricantes:</b> AN.T.A.RES srl /B. Herzog/Casquímica.	

Ficha técnica 6. Cloreto de benzalcónio

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Clorofórmio	
<b>Natureza do Produto:</b> Hidrocarboneto clorado	
<b>Sinónmia:</b> Tricloro metano	
<b>Categoria:</b> Solvente	
<b>Espécie:</b>	
<b>Características</b>	
Solvente líquido, transparente e muito volátil.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b> CHCl <sub>3</sub>	<b>Índice de refração:</b> 1.4459
<b>Peso molecular:</b> 119.4	<b>Calor latente de vaporização:</b> 58,8 cal/g
<b>Ponto de ebulição:</b> 61.7°C	<b>Viscosidade (20°C):</b> 4,13 cp
<b>Tensão superficial (20°C):</b> 27,16 dina/cm	<b>Parâmetros de solubilidade:</b> N=67, D=12, H=21
<b>Densidade:</b> 1.4832 g/cm <sup>3</sup>	<b>Ponto de fusão:</b> -63.5°C
<b>Solubilidade:</b> Levemente solúvel em água, solúvel em qualquer proporção de álcool e éter. Solúvel em acetona e completamente solúvel em benzeno e ligroína.	
<b>Aplicações</b>	
Utilizado puro ou em solução na remoção de repintes e vernizes.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20°C: 159,6 mmHg Densidade de vapor a 20°C (ar=1): 4, 13 Taxa de evaporação: 2,2 (ABNT) Limite de tolerância:	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: Limite de explosividade (%vol.): Auto combustão:	
<b>Condições de armazenamento:</b> Evitar calor.	
<b>Precauções:</b> Inflamável e tóxico. Prejudicial à saúde se inalado. Evitar contacto com pele e olhos. Se houver contacto, lavar com água abundantemente e procura auxílio médico. O contacto com a pele pode produzir irritação crónica com ressecamento. A inalação do vapor pode causar dor de cabeça, sonolência, náusea, vômito, vertigem, inconsciência, taquicardia e morte. Pode causar lesões no fígado e rins. Carcinogéneo. Trabalhar em local ventilado.	
<b>Fabricantes:</b> Vetec/Merck/Farmos/B. Herzog/Dow Química.	

Ficha técnica 7. Clorofórmio

Caracterização da Colonização Microbiana da Pintura Mural de Três Igrejas (N. Portugal): Estudo preliminar do crescimento microbiano, avaliação da actividade de biocidas e proposta de intervenção futura

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> DMSO – Dimetilsulfóxido	
<b>Natureza do Produto:</b> Produto orgânico	
<b>Sinónmia:</b> Metil sulfóxido; metilsulfínmetano	
<b>Categoria:</b> Solvente	
<b>Características</b>	
Líquido limpo, incolor e de odor característico que é utilizado como solvente. Muito higroscópico.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> SO	<b>Índice de refração:</b> 1.476
<b>Forma:</b> líquido	<b>Odor:</b> sulfuroso
<b>Peso molecular:</b> 78.13 g/mol	<b>pH (solução 5% H<sub>2</sub>O):</b> 7,0
<b>Ponto de ebulição:</b> 183°C	<b>Viscosidade (20°C):</b> 1.996 cP
<b>Tensão superficial (20°C):</b>	<b>Parâmetros de solubilidade:</b>
<b>Densidade:</b> 1.10 g/cm <sup>3</sup>	<b>Ponto de fusão:</b> 18.5°C
<b>Solubilidade:</b> Solúvel em água.	
<b>Aplicações</b>	
Usado em soluções para remoção de vernizes e repintes e limpeza de pintura.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20°C: 0.1 kPa Densidade de vapor a 20°C: 2.71 (Ar = 1) Taxa de evaporação: Limite de tolerância:	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: recipiente fechado: 89°C. Recipiente aberto: 95°C Limite de explosividade (%vol.): Inferior: 2,6% Superior: 42% Auto combustão: 215°C	
<b>Condições de armazenamento:</b> Deve ser armazenado em recipientes à prova de fogo e guardado em local bem ventilado. Deve ser mantido em frasco hermeticamente fechado.	
<b>Precauções:</b> Inflamável e moderadamente tóxico. Manter afastado de fontes de calor. Não fumar. Irritante em contacto com a pele (manipulação com luvas).	
<b>Fabricantes:</b> Sigma-Aldrich Química, S.L./B. Herzog/Vetec.	

Ficha técnica 8. DMSO – Dimetilsulfóxido

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Duroolith® Bioclean L	
<b>Natureza do Produto:</b> Hidróxido de lítio	
<b>Sinónmia:</b>	
<b>Categoria:</b> Biocida	
<b>Espécie:</b>	
<b>Características</b>	
Solução aquosa de substâncias inorgânicas.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b> LiOH	<b>Índice de refração:</b>
<b>Forma:</b> líquido	<b>pH:</b> 14 (20°C)
<b>Peso molecular:</b> 23.95 g/mol	<b>Calor latente de vaporização:</b>
<b>Ponto de ebulição:</b> > 100°C	<b>Viscosidade (20°C):</b>
<b>Tensão superficial (20°C):</b>	<b>Parâmetros de solubilidade:</b>
<b>Densidade (20°C):</b> 1,1 g/cm <sup>3</sup>	<b>Ponto de fusão:</b> 462°C
<b>Solubilidade:</b> solúvel em água.	
<b>Aplicações</b>	
Duroolith® Bioclean L é removedor de longa duração do crescimento microbiano como líquenes, algas ou fungos, em edifícios e esculturas. Igualmente, pode ser utilizado para o tratamento preventivo em betão, gesso, pedra natural e artificial. É particularmente adequado para o tratamento de esculturas, uma vez que não altera o aspecto visual das superfícies.	
Aplicar 100 ml de Bioclean / 1 litro H <sub>2</sub> O.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20°C: não aplicável Densidade de vapor a 20°C: Taxa de evaporação: sem informação disponível. Limite de tolerância:	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: não aplicável Limite de explosividade (%vol.): sem informação disponível. Auto combustão: sem informação disponível.	
<b>Condições de armazenamento:</b> Armazenar em recipientes bem fechados em local seco. Manter afastado de fontes de ignição - não fumar. Não armazenar em conjunto com ácidos. Não armazenar em conjunto com metais.	
<b>Precauções:</b> Decomposição térmica: evitar o calor. Materiais incompatíveis: ácidos, evitar o contacto com metais como alumínio, zinco e chumbo. Causa queimaduras. Usar vestuário de protecção, óculos e luvas.	
<b>Fabricantes:</b> Kremer Pigmente GmbH & Co. KG.	

Ficha técnica 9. Duroolith® Bioclean L

Caracterização da Colonização Microbiana da Pintura Mural de Três Igrejas (N. Portugal): Estudo preliminar do crescimento microbiano, avaliação da actividade de biocidas e proposta de intervenção futura

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Etanol	
<b>Natureza do Produto:</b> Solvente orgânico alifático	
<b>Sinónmia:</b> Álcool etílico	
<b>Categoria:</b> Solvente	
<b>Espécie:</b> Álcool alifático	
<b>Características</b>	
Líquido transparente muito inflamável. Solvente higroscópico de odor característico. Reactivo, incompatível com percloratos, peróxidos, ácido crómico e ácido nítrico. Solvente, utiliza-se na limpeza de matérias frágeis. Componente industrial de derivados de metilo.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	<b>Índice de refração:</b> 1,3615
<b>Peso molecular:</b> 46,07	<b>Tensão superficial (20°C):</b> 22,3 dina/cm
<b>Ponto de ebulição:</b> 78,5°C	<b>Ponto de fusão:</b> -117,03°C/ -114,0°C
<b>Densidade:</b> 0,7893 g/cm <sup>3</sup>	<b>Viscosidade (20°C):</b> 1,17 cp
<b>Calor específico (20°C):</b> 0,579 cal/g°C	<b>Parâmetros de solubilidade:</b> M=36 D=18 H=46
<b>Calor latente de vaporização:</b> 200,6 cal/g	
<b>Solubilidade:</b> Miscível em água, álcool, éter, acetona, clorofórmio, ácido acético. Solúvel em Benzeno.	
<b>Aplicações</b>	
Solvente em geral. Utilizado para diminuir a tensão superficial (agente tensoactivo). Usado puro ou em soluções para eliminação de vernizes e repintes. Serve também como agente acelerador de evaporação da água. Solvente de produtos orgânicos, antigel. Utilizado no primeiro banho (após testes) para melhorar a absorção da água pelo papel, facilitando uma limpeza mais profunda. Desinfecção. Fungicida. Remoção de fitas adesivas (Filmoplast e fita “mágica”).	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20°C: 44 mmHg Densidade de vapor a 20°C (ar=1): 1,59 Taxa de evaporação: 1,8 AFNOR Limite de tolerância: TLV 200 ppm (260 mg/m <sup>3</sup> )	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: 12,8°C Limite de explosividade (%vol.): 4,3–19 Auto combustão: 426°C	
<b>Condições de armazenamento:</b> Em armazéns, armários ou recipientes à prova de fogo. Não deve ser armazenado com Percloratos, Peróxidos, Ácido Nítrico e Ácido Clorídrico.	
<b>Precauções:</b> Conservar os recipientes hermeticamente fechados. Manter afastado de fontes de calor. Não fumar. O vapor em contacto com os olhos pode causar irritação. Contacto directo causa lesão e queimadura. Contacto repetido ou prolongado com a pele pode causar desidratação. Se inalado pode causar irritação do trato respiratório superior, dor de cabeça, tensão intraocular, torpor, fadiga e sonolência. O vapor de álcool em altas concentrações é anestésico. A ingestão é perigosa; mas o etanol em soluções diluídas é usado em bebidas alcoólicas. Possibilidade de envenenamento causado pelo agente desnaturante de álcoois desnaturados especiais. Incompatibilidade com Percloratos, Peróxidos, Ácido Clorídrico, Ácido Nítrico. Pode reagir vigorosamente com materiais oxidantes.	
<b>Fabricantes:</b> Yetec; Olifaz; B.Herzog; Famos; Quimibrás; Medical; Merck.	

Ficha técnica 10. Etanol

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Hidróxido de sódio	
<b>Natureza do Produto:</b> Base inorgânica	
<b>Sinónmia:</b> Soda cáustica, lixívia	
<b>Categoria:</b> Reagente	
<b>Espécie:</b> Hidróxido	
<b>Características</b>	
Sólido fusível com fractura cristalina, em blocos, escamas ou grãos. Inodoro. Absorve rapidamente dióxido de carbono e água do ar. Muito corrosivo sobre tecidos animais, vegetais e alumínio, na presença de humidade. Gera calor considerável enquanto dissolve ou quando a solução é misturada a um ácido.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b> NaOH	<b>Índice de refração:</b>
<b>Estado físico:</b> sólido	<b>Forma:</b> escamas ou blocos
<b>Cor:</b> branco	<b>Odor:</b> inodoro
<b>Peso molecular:</b> 40,01	<b>pH:</b> 12 (a 0,05%); 13 (a 0,5%); 14 (a 5%)
<b>Ponto de ebulição:</b> 1390°C	<b>Viscosidade (20°C):</b>
<b>Tensão superficial (20°C):</b>	<b>Parâmetros de solubilidade:</b>
<b>Densidade (25°C):</b> 2,13 g/cm <sup>3</sup>	<b>Ponto de fusão:</b> 318°C
<b>Solubilidade:</b> 1g dissolve em 0,9ml de água fria; 0,3ml de água a ferver; 7,2ml de álcool absoluto; 4,2ml de metanol. Também dissolve em glicerol. Insolúvel em acetona e éter.	
<b>Aplicações</b>	
Na preparação de polpa de papel, mercerização de fios, clareador de papéis (em soluções diluídas) e como reagente de laboratório.	
<b>Toxicidade:</b> Dosagem letal oral: 500mg/kg (em coelhos) (sol. 10%) (Fazekas) Limite de tolerância: TWA 2 mg/m <sup>3</sup>	
<b>Inflamabilidade:</b> Não é inflamável	
<b>Condições de armazenamento:</b> Armazenar em recipientes bem fechados, em local seco e separados de metais, ácidos, peróxidos orgânicos e materiais facilmente inflamáveis. Soluções para titulação com hidróxido de sódio utilizadas em laboratório devem ser protegidas do ar para evitar a formação de carbono.	
<b>Precauções:</b> Em contacto com os olhos causa desde irritações até queimaduras severas, com possível cegueira. Tanto soluções concentradas como diluídas provocam rápida destruição dos tecidos. Em contacto com a pele é altamente corrosivo, em qualquer forma (sólido ou soluções). A inalação provoca desde irritação suave a sérios danos aos pulmões e aparelho gastrointestinal, com queimaduras severas na boca, garganta (com escamação posterior) e estômago, podendo resultar em morte. Não deve ser usado com equipamento feito de ferro, cobre, liga metálica, estanho, zinco ou alumínio. Em contacto com água, ácidos, líquidos inflamáveis e compostos orgânicos halogenados, especialmente tricloroetileno, pode causar fogo e explosões. O contacto com metais como alumínio, estanho e zinco, forma gás hidrogénio inflamável. É compatível também com compostos nitrogenados. Reacção muito exotérmica com qualquer quantidade de água. Reage vigorosamente com clorofórmio e metanol. Explode quando reage com zircónio.	
<b>Fabricantes:</b> Vetec; Merck; B. Herzog.	

**Ficha técnica 11.** Hidróxido de sódio

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Isopropanol	
<b>Natureza do Produto:</b> Álcool alifático	
<b>Sinónímia:</b> Álcool Isopropílico; 2-Propanol; Pronalab; Dimetil Carbinol, Isopropil álcool.	
<b>Categoria:</b> Solvente	
<b>Características</b>	
Solvente líquido, incolor.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b> C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	<b>Índice de refração:</b> 1,3776
<b>Peso molecular:</b> 60,10	<b>Viscosidade (20°C):</b> 2,43 cp
<b>Calor específico (20°C):</b> 0,596 cal	<b>Calor latente de vaporização:</b> 159,4 cal/g°C
<b>Ponto de ebulição:</b> 81–83°C	<b>Ponto de fusão:</b> -89,5°C
<b>Tensão superficial (20°C):</b> 21,7 dina/cm	<b>Parâmetros de solubilidade:</b> 11,5
<b>Densidade:</b> 0,7855 g/cm <sup>3</sup>	
<b>Solubilidade:</b> Completamente solúvel em água, álcool, éter. Solúvel em acetona e muito solúvel em benzeno.	
<b>Aplicações</b>	
Utilizado em soluções para remoção de vernizes, repintes oleosos, remoção de colas e repintes polissacarídeos. Dissolve resinas naturais.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20°C: 32,4mmHg Densidade de vapor a 20°C (ar=1): 2,11 Taxa de evaporação: 21,0 (ABNT) Limite de tolerância: TLV 400ppm (980mg/m <sup>3</sup> ) Índice de risco: 68 (ABNT)	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: 11,7°C (tcc) Limite de explosividade (%vol.): 2,2–12,0	
<b>Condições de armazenamento:</b> Deve ser armazenado em recipientes à prova de fogo e guardado em local bem ventilado.	
<b>Precauções:</b> Líquido volátil, muito inflamável e moderadamente tóxico. Conservar os recipientes hermeticamente fechados. Manter afastado de fontes de calor. Não fumar. Irritante em contacto com a pele. É um agente degenerativo. Exposições prolongadas podem resultar em ressecamento, rachaduras e dermatites. O Isopropanol pode ser absorvido através da pele. Exposições a altas concentrações de vapor podem causar irritações leves no trato respiratório superior, assim como sonolência, dor de cabeça e descoordenação. Concentrações mais altas resultam em ataxia, seguida de profunda narcosis e morte. A ingestão causa sonolência, inconsciência e morte. Dor gastro-intestinal, cãimbra, náusea, vômitos e diarreia. O contacto com oxidantes fortes pode causar incêndios e explosões. Pode reagir com alumínio metálico em altas temperaturas. Vapores e gases tóxicos, tais como monóxido de carbono podem ser libertados num incêndio de álcool isopropílico.	
<b>Fabricantes:</b> Vetec; Rhodia; B. Herzog; Farnos; Merck; Grupo Química.	

Ficha técnica 12. Isopropanol

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Parafilm® M	
<b>Natureza do Produto:</b> Homopolímero de polietileno	
<b>Sinóníma:</b>	
<b>Categoria:</b> Polímero sintético	
<b>Espécie:</b> Cera de hidrocarboneto	
<b>Características</b>	
É basicamente composto por poliolefinas e cera de parafina. Extensível até 200% e adere mesmo em torno de formas e superfícies irregulares. Termoplástico. Garante perda mínima de humidade e alta permeabilidade ao oxigénio e dióxido de carbono. É resistente a ácidos e bases até 48 horas. Após esse período, pode tornar-se frágil.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b> – (CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> )–	<b>Cor:</b> translúcido a branco
<b>Estado físico:</b> sólido	<b>Odor:</b> débil, leve odor a hidrocarboneto
<b>Embalagem:</b> Rolo com 10,2cm x 38,1m; 5cm x 76.2m; 10cm x 76.2m; 50.8cm x 15.2m	<b>Permeabilidade:</b> Oxigénio – 50 cc/m <sup>2</sup> a 23°C e 50% HR; Dióxido carbono – 1200 cc/m <sup>2</sup> a 23°C e 0% HR; Vapor água – 1 g/m <sup>2</sup> a 38°C e 90% HR
<b>Espessura:</b> 127µm	<b>Ponto de fusão:</b> torna-se pegajoso a 55–66°C
<b>Solubilidade:</b> Ligeiramente solúvel em tetracloreto de carbono. Insolúvel em etanol e água.	
<b>Aplicações</b>	
Plástico flexível, maleável, com acção aderente, próprio para vedação de frascos, vidrarias, placas de Petri, tubos de ensaio, tubos de cultura, provetas, <i>erlenmeyers</i> , balões, etc. Protege a amostra contra a contaminação ou evaporação e impede o derramamento em caso de derrube de vasilhames.	
<b>Toxicidade:</b> Não é tóxico.	
<b>Inflamabilidade:</b> É inflamável.	
<b>Condições de armazenamento:</b> Pode ser armazenado até 3 anos sem perda de qualidade, em condições de armazenamento entre 7 e 32°C e uma humidade relativa de 50%. Manter o recipiente seco. Armazenar longe do calor excessivo e afastado de agentes oxidantes fortes.	
<b>Precauções:</b> Manter afastado do calor, faíscas, chamas e fontes de ignição. Prevenir acumulações de poeira e nuvens de poeira.	
<b>Fabricantes:</b> Pechiney Plastic Packaging.	

Ficha técnica 13. Parafilm® M

Identificação do produto	
<b>Nome do produto:</b> Peróxido de hidrogénio	
<b>Natureza do Produto:</b> Reagente inorgânico	
<b>Sinónmia:</b> Água oxigenada	
<b>Categoria:</b> Reagente	
<b>Espécie:</b>	
Características	
Líquido incolor e instável, de características	
Propriedades físico-químicas	
<b>Fórmula:</b> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	<b>Índice de refração:</b> 1,414
<b>Peso molecular:</b> 34.01	<b>Calor latente de vaporização:</b>
<b>Ponto de ebulição:</b> 150,2°C	<b>Viscosidade (20°C):</b>
<b>Tensão superficial (20°C):</b>	<b>Parâmetros de solubilidade:</b>
<b>Densidade:</b> 1.4422 g/cm <sup>3</sup>	<b>Ponto de fusão:</b> 0,41°C
<b>Solubilidade:</b> Completamente solúvel em água. Solúvel em álcool e insolúvel em éter de petróleo.	
Aplicações	
Utilizado como “branqueador” em papel. Regeneração da cor do pigmento branco de chumbo quando este escurece devido à poluição atmosférica.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20°C: Densidade de vapor a 20°C: Taxa de evaporação: Limite de tolerância: TLV-TWA 1 ppm (1,5 mg/m <sup>3</sup> ). STEL 2 ppm: 3 mg/m <sup>3</sup>	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: Limite de explosividade (%vol.): Auto combustão:	
<b>Condições de armazenamento:</b> Armazenar longe do calor. Os sistemas de manuseamento devem excluir ferro, latão, cobre, níquel e chumbo. Manter afastado de materiais facilmente oxidantes, substâncias orgânicas e combustíveis	
<b>Precauções:</b> Provoca queimaduras na pele. Em caso de contacto, lavar com água em abundância. Utilizar óculos protectores e escudo protector facial. Prejudicial à saúde se inalado ou ingerido, podendo causar lesões.	
<b>Fabricantes:</b> B. Herzog/Farmos/Merck.	

Ficha técnica 14. Peróxido de hidrogénio

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Preventol® RI 80	
<b>Natureza do Produto:</b> Sal de amónia quaternária	
<b>Sinónmia:</b> Cloreto de amónia alquil-dimetil-benzil; cloreto de benzalcónio	
<b>Categoria:</b> Biocida	
<b>Espécie:</b>	
<b>Características</b>	
Líquido viscoso incolor, ligeiramente amarelado.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b>	<b>Índice de refração:</b>
<b>pH:</b> 7-8 (solução a 1% H <sub>2</sub> O)	<b>Ponto de solidificação:</b> 6°C
<b>Peso molecular:</b>	<b>Calor latente de vaporização:</b>
<b>Ponto de ebulição:</b> ≈100°C	<b>Viscosidade (20°C):</b>
<b>Tensão superficial (20°C):</b>	<b>Parâmetros de solubilidade:</b>
<b>Densidade (20°C):</b> 0,98 g/cm <sup>3</sup>	<b>Ponto de fusão:</b> >100°C
<b>Solubilidade:</b> Solúvel em qualquer concentração de água e alcalis. Baixa solubilidade em álcoois e cetonas.	
<b>Aplicações</b>	
Como desinfectante de superfícies e materiais: metais, materiais em pedra, cerâmica, numa concentração de 1-2% (10-20 g/l) para a eliminação de fungos, algas e líquenes. Como conservante de soluções aquosas de substâncias orgânicas (colas, pastas, fibras naturais) numa concentração de 0,05-0,2%. O Preventol R80 também exerce uma acção de limpeza significativa pelas suas características tensioactivas: usado nas soluções de limpeza: utilizado em solução química, promove o humedecimento do suporte e, assim, uma melhor penetração e eficácia.	
Concentração mínima inibitória: 80 mg/l para <i>Aspergillus niger</i> (fungo filamentosos)	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20°C: ≈54 mbar Densidade de vapor a 20°C: Taxa de evaporação: Limite de tolerância:	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: ≈345°C Limite de explosividade (%vol.): Auto combustão:	
<b>Condições de armazenamento:</b> Conservar a 30-40°C.	
<b>Precauções:</b> Produto corrosivo e irritante para a pele. Inflamável. Usar luvas, óculos e roupas de protecção. Em caso de contacto com a pele, lavar imediatamente com água em abundância.	
<b>Fabricantes:</b> AN.T.A.RES srl/Lanxess	

Ficha técnica 15. Preventol RI 80

Caracterização da Colonização Microbiana da Pintura Mural de Três Igrejas (N. Portugal): Estudo preliminar do crescimento microbiano, avaliação da actividade de biocidas e proposta de intervenção futura

<b>Identificação do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Technovit™ 4004 líquido	
<b>Natureza do Produto:</b> Metilmetacrilato	
<b>Sinóníma:</b>	
<b>Categoria:</b> Solvente, catalizador	
<b>Características</b>	
Produto à base de metacrilatos.	
<b>Propriedades físico-químicas</b>	
<b>Fórmula:</b>	<b>Índice de refração:</b>
<b>Estado físico:</b> líquido	<b>Forma:</b> fluida
<b>Cor:</b> incolor	<b>Odor:</b> característico
<b>Teor de solvente:</b> 97,5% (solventes orgânicos)	<b>Teor de sólidos:</b> 1,0%
<b>Ponto de ebulição:</b> 100°C	<b>Viscosidade (20°C):</b> 1 mPas
<b>Tensão superficial (20°C):</b>	<b>Parâmetros de solubilidade:</b>
<b>Densidade (20°C):</b> 0.940 g/cm <sup>3</sup>	<b>Ponto de fusão:</b> não determinado
<b>Solubilidade em água:</b> não miscível ou difícil de solubilizar.	
<b>Aplicações</b>	
Resina para testes metalográficos.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20°C: 47 hPa Densidade de vapor: Taxa de evaporação: Limite de tolerância:	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: 10°C Limite de explosividade (%vol.): inferior: 2,1 Vol%; superior: 12,5 Vol% Auto combustão: 430.0°C	
<b>Condições de armazenamento:</b> Armazenar em local fresco (não superior a 25°C) e seco, em recipientes bem fechados.	
<b>Precauções:</b> Manter o recipiente hermeticamente fechado. Manter afastado de fontes de ignição - não fumar. Proteger contra cargas electrostáticas.	
<b>Fabricantes:</b> Heraeus Kulzer GmbH & Co. KG; Micro Star 2000 Inc.	

Ficha técnica 16. Technovit™ 4004 líquido

Identificação do produto	
<b>Nome do produto:</b> Technovit™ 4004 pó	
<b>Natureza do Produto:</b> Metilmetacrilato	
<b>Sinónmia:</b>	
<b>Categoria:</b> Resina	
Características	
Produto à base de copolímeros de metacrilato.	
Propriedades físico-químicas	
<b>Fórmula:</b>	<b>Índice de refração:</b>
<b>Estado físico:</b> sólido	<b>Forma:</b> pó
<b>Cor:</b> branco	<b>Odor:</b> inodoro
<b>Peso molecular:</b>	<b>Calor latente de vaporização:</b>
<b>Teor de solvente:</b> 0,0% (solventes orgânicos)	<b>Teor de sólidos:</b> 100,0%
<b>Ponto de ebulição:</b> não determinado	<b>Viscosidade (20°C):</b>
<b>Tensão superficial (20°C):</b>	<b>Parâmetros de solubilidade:</b>
<b>Densidade:</b> não determinado	<b>Ponto de fusão:</b> não determinado
<b>Solubilidade em água:</b> insolúvel.	
Aplicações	
Resina para testes metalográficos.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20°C: Densidade de vapor: Taxa de evaporação: Limite de tolerância:	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: não aplicável Limite de explosividade (%vol.): Auto combustão: 400.0°C	
<b>Condições de armazenamento:</b> Conservar em lugar fresco (não superior a 25°C).	
<b>Precauções:</b> Não são necessárias medidas especiais.	
<b>Fabricantes:</b> Heraeus Kulzer GmbH & Co. KG	

Ficha técnica 17. Technovit™ 4004 pó

Caracterização da Colonização Microbiana da Pintura Mural de Três Igrejas (N. Portugal): Estudo preliminar do crescimento microbiano, avaliação da actividade de biocidas e proposta de intervenção futura

Identificação do produto	
<b>Nome do produto:</b> Tris (hidroximetil) aminometano	
<b>Natureza do Produto:</b>	
<b>Sinónmia:</b> Trometamina; trisamina.	
<b>Categoria:</b> Tampão	
<b>Espécie:</b>	
Características	
Tris é um composto orgânico que contém uma amina primária	
Propriedades físico-químicas	
<b>Fórmula:</b> C <sub>4</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>3</sub>	<b>pH (pka):</b> 8.07
<b>Forma:</b> Transparente. Cristais incolores	<b>Odor:</b> característico
<b>Peso molecular:</b> 121.14 g·mol <sup>-1</sup>	<b>Calor latente de vaporização:</b>
<b>Ponto de ebulição:</b> 219 C	<b>Viscosidade (20°C):</b>
<b>Tensão superficial (20°C):</b>	<b>Parâmetros de solubilidade:</b> 550 mg/mL
<b>Densidade:</b> 1.328g/cm <sup>3</sup>	<b>Ponto de fusão:</b> >175-176°C
<b>Solubilidade:</b>	
Aplicações	
Tris é amplamente utilizado em bioquímica e biologia molecular. Em bioquímica, Tris é usado como um componente de soluções tampão, especialmente para soluções de ácidos nucleicos. O pH do Tris para tampão situa-se na gama (7-9) neutro. Isto e o seu baixo custo fazem dele um dos tampões de uso mais comum em laboratórios de biologia/bioquímica.	
<b>Toxicidade:</b> Pressão de vapor a 20 ° C: Densidade de vapor a 20 ° C: Taxa de evaporação: Limite de tolerância:	
<b>Inflamabilidade:</b> Ponto de fulgor: Limite de explosividade (%vol.): Auto combustão:	
<b>Condições de armazenamento:</b> Manter o recipiente bem fechado, armazenado em local fresco, seco e ventilado.	
<b>Precauções:</b> Proteger a embalagem contra danos físicos. Isolar de qualquer fonte de calor ou de ignição e de materiais oxidantes.	
<b>Fabricantes:</b> Sigma-Aldrich Química, S.L.	

Ficha técnica 18. Tris (hidroximetil) aminometano

## APÊNDICE A



## Estirpes de fungos identificadas neste trabalho

### *Alternaria alternata* [keissl. (1912)]

A *Alternaria alternata* é um saprófita comum que cresce formando colónias escuras geralmente sobre a vegetação e outros substratos, incluindo os géneros alimentícios, têxteis e outros materiais húmidos. Entre os fungos alergénicos, é um dos mais importantes. Exibe distribuição mundial<sup>8</sup>.

É um colonizador secundário e cresce em vários materiais de construção e substratos de interior, frequentemente encontrado na água condensada dos caixilhos das janelas, chão, carpetes e tapetes, paredes e tectos, papel de parede, tintas acrílicas<sup>9</sup>.

A *Alternaria* é predominantemente um fungo de ambiente exterior que prefere locais húmidos, e a maioria das concentrações no interior podem derivar de fontes primárias ao ar livre<sup>10</sup>. A dispersão dos esporos da *Alternaria alternata* ocorre durante os períodos secos<sup>11</sup> e efectua-se através de correntes de ar<sup>12</sup>. No entanto, o nível interior de esporos fúngicos no ar é influenciado pela actividade nos espaços, as flutuações de temperatura e humidade relativa e o grau de ventilação<sup>13</sup>.

---

<sup>8</sup> STEWART, Jane E. [et al.] – Discord between morphological and phylogenetic species boundaries: incomplete lineage sorting and recombination results in fuzzy species boundaries in an asexual fungal pathogen. *BMC Evolutionary Biology* 38, 2014, pp. 1–14.

<sup>9</sup> INSPQ, Institut national de santé publique Québec – *Alternaria alternata* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:https://www.inspq.qc.ca/en/moulds/fact-sheets/alternaria-alternata>.

<sup>10</sup> MBL, Mold & Bacteria Consulting Laboratories - *Alternaria: A well recognized allergy causing fungus* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.moldbacteria.com/mold/alternaria.html>.

<sup>11</sup> WOUDEBERG, J.H.C. [et al.] – Diversity and movement of indoor *Alternaria alternata* across the mainland USA. *Fungal Genetics and Biology*, Vol. 81, August 2015, pp. 62–72; *Thermo scientific* (2012) – *Alternaria alternata* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.phadia.com/da/Products/Allergy-testing-products/ImmunoCAP-Allergen-Information/Molds-and-other-Microorganisms/Allergens/Alternaria-alternata-/>.

<sup>12</sup> SCHÜLKE, Steinhauer K.; MAYR GmbH (2004) – *Alternaria alternata* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.schuelke.com/download/pdf/cint\_len\_Alternaria\_\_alternata\_engl\_broch.pdf>.

<sup>13</sup> WOUDEBERG, J.H.C. [et al.] – *Ob. cit.*

As suas colónias são de crescimento rápido, de cor acizentada, preta ou verde-azeitona escura e de pulverulentas a “felpudas”<sup>14</sup>.

Estes fungos são caracterizados pela sua pigmentação negra que se deve à melanina. A melanina também é responsável pela resistência destes fungos aos UV, protegendo-os de danos causados pela radiação<sup>15</sup>.

Microscopicamente, os conidióforos surgem de hifas septadas. Os conídios multicelulares são produzidos em cadeias geralmente compostas por mais de 5 conídios. Os esporos vão de piriforme a ovoide ou elipsoidal<sup>16</sup>, grandes, castanho escuro e são septados transversal e longitudinalmente<sup>17</sup>.

#### ***Alternaria Tenuissima* [(Kunze) Wiltshire, (1933)]**

A *Alternaria tenuissima* encontra-se numa grande diversidade de espécies de plantas. As suas colónias são de cor verde-azeitona escura com amplo micélio felpudo.

Microscopicamente, os conídios são em forma de bastão e visivelmente septados, apresentando septo tanto transversal e curto, como longitudinal. Reproduzem-se individualmente ou em cadeias curtas de conidióforos imperceptíveis.

A *Alternaria tenuissima* não apresenta estado sexual conhecido e os conídios podem ser considerados como o seu único meio de dispersão e sobrevivência. Como num número de outros fungos de vegetação de superfície assexuados, os conídios têm paredes espessas, estrutura pigmentada e complexa, adaptados para a sobrevivência a longo prazo, em

---

<sup>14</sup> ELLIS, David – Descriptions of medical fungi, Second edition. Australia: Nexus Print Solutions, 2007; *LIFE, Leading International Fungal Education – Fungal infections: Alternaria alternata* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.life-worldwide.org/fungal-diseases/alternaria-alternata>>.

<sup>15</sup> SCHÜLKE, Steinhauer K.; MAYR GmbH (2004) – *Ob. cit.*

<sup>16</sup> *LIFE, Leading International Fungal Education – Ob. cit.*

<sup>17</sup> SCHÜLKE, Steinhauer K.; MAYR GmbH (2004) – *Ob. cit.*

contraste com as espécies que produzem um maior número de conídios incolores, mais pequenos, de paredes finas, adaptados para germinação rápida<sup>18</sup>.

### ***Aspergillus Versicolor* [Vuillemin (1903); Tiraboschi (1908)]**

O *Aspergillus versicolor* é um fungo filamentosos de crescimento lento, geralmente encontrado em ambientes interiores húmidos e em produtos alimentares. Tem um odor característico a mofo, associado a casas húmidas<sup>19</sup>.

A espécie é ubíqua e altamente resiliente, com uma vasta distribuição global numa variedade de condições ambientais diferentes<sup>20</sup>. Está entre os mais comuns fungos de interior, reportado no pó e em materiais de construção danificados pela água<sup>21</sup>. Os isolados podem produzir metabólitos voláteis<sup>22</sup>. O padrão, o diâmetro e a cor das colónias dos isolados interiores pode variar dependendo das características de crescimento, mas a micromorfologia tende a ser sempre semelhante<sup>23</sup>. As colónias começam inicialmente por ter cor branca e depois vão-se alterando para amarelo, amarelo-alaranjado, amarelo-esverdeado, e muitas vezes misturado com tons rosa<sup>24</sup>.

---

<sup>18</sup> lastdragon.org. Biodiversity Reference – *Alternaria tenuissima* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://bioref.lastdragon.org/anamorphic\_fungi/Alternaria\_tenuissima.html>.

<sup>19</sup> BJURMAN, Jonny; KRISTENSSON, Jan – Volatile production by *Aspergillus versicolor* as a possible cause of odor in houses affected by fungi. *Mycopathologia*, Vol. 118 (3), June 1992, pp 173–178; ENGELHART, Steffen [et al.] – Occurrence of toxigenic *Aspergillus versicolor* isolates and sterigmatocystin in carpet dust from damp indoor environments. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 68, No. 8, Aug. 2002, pp. 3886–3890.

<sup>20</sup> FOMICHEVA, G.M.; VASILENKO, O.V.; MARFENINA, O.E. – Comparative morphological, ecological, and molecular studies of *Aspergillus versicolor* (Vuill.) Tiraboschi strains Isolated from Different Ecotopes. *Microbiology*, Vol. 75, No. 2, 2006, pp. 186–191.

<sup>21</sup> LIANG, Yinan [et al.] – Characterization of two related exoantigens from the biodeteriogenic fungus *Aspergillus versicolor*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, Vol. 65 (1), January 2011, pp. 217–226; NIELSEN, Kristian Fog – Mycotoxin production by indoor molds. *Fungal Genetics and Biology*, Vol 39 (2), July 2003, Pages 103–117.

<sup>22</sup> PASANEN, Pertti [et al.] – Growth and volatile metabolite production of *Aspergillus versicolor* in house dust. *Environment International*, Vol. 23 (4), 1997, pp. 425–432.

<sup>23</sup> *Aspergillus versicolor* (Vuill.) Tiraboschi [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:http://www.mycobank.org/BioMICS.aspx?Link=T&TableKey=1468261600000063&Rec=15156&Fields=Al>.

<sup>24</sup> SAMSON, R.A.; HOEKSTRA, E.S.; FRISVAD, J.C. – *Introduction to food and airborne fungi*. 7th ed. Centraalbureau Voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands, 2004.

O *Aspergillus versicolor* tem hifas longas e septadas de aparência vítrea e transparente. Os conidióforos, que são hastes de hifas especializadas para reprodução assexuada, terminam em pequenas vesículas (sacos) que são bisseriadas (isto é, com duas camadas sucessivas de células de interposição da vesícula e conídios). As vesículas são variáveis na forma, de globular a elipsoidal. Os conídios são esféricos, e podem ter superfícies lisas ou ligeiramente rugosas<sup>25</sup>.

É um biodeteriogéneo de papel, obras de arte, películas fotográficas, polímeros e madeira recém-cortada<sup>26</sup>.

### ***Penicillium Chrysogenum* [Charles Thom (1910)]**

*Penicillium notatum* Westling, *P. meleagrinum* Biourge e *P. cyaneofulvum* Biourge são colocados em sinonímia com *Penicillium chrysogenum*.

O *Penicillium chrysogenum* é um fungo da família *Trichocomaceae*. É um dos fungos mais comuns e ocorre numa grande variedade de habitats – na vegetação, solo, ar, vários produtos alimentares e ambientes interiores. Aprecia particularmente ambientes fechados, especialmente em edifícios húmidos ou danificados pela água. É decompositor de matéria orgânica e causa apodrecimento destrutivo na indústria alimentar<sup>27</sup> onde produz uma vasta gama de micotoxinas<sup>28</sup>.

As colónias do *Penicillium sp.* são geralmente de crescimento rápido, de tom verde, e por vezes branco, na sua maioria constituídas por um denso tapete de conidióforos. Microscopicamente, as cadeias de conídios unicelulares são produzidos em sucessão a partir de uma célula conidiógena especializada denominada de fiálide. No *Penicillium*, as fiálide

---

<sup>25</sup> FOMICHEVA, G.M.; VASILENKO, O.V.; MARFENINA, O.E. – *Ob. cit.*

<sup>26</sup> LIANG, Yinan [*et al.*] – *Ob. cit.*

<sup>27</sup> FRISVAD, J.C.; SAMSON, R.A. – Polyphasic taxonomy of *Penicillium subgenus Penicillium*. A guide to identification of food and air-borne terverticillate *Penicillia* and their mycotoxins. *Studies in Mycology*, 49, 2004, pp. 1–174; PITT, J.I.; HOCKING, A.D. – *Fungi and Food Spoilage*. New York: Springer, 2009.

<sup>28</sup> FRISVAD, J.C. [*et al.*] – Mycotoxins, drugs and other extrolites produced by species in *Penicillium subgenus Penicillium*. *Studies in Mycology*, 49, 2004, pp. 201–241.

podem ser produzidas isoladamente ou em grupos ramificados de hifas, dando a aparência de um pincel<sup>29</sup>.

### ***Penicillium Spinulosum* [Charles Thom (1910)]**

Os esporos do género *Penicillium* spp. estão comumente presentes no ar interior, tanto em edifícios referenciados como em edifícios degradados pela humidade, ainda que a quantidade destes seja significativamente mais elevada nos últimos.

As colónias apresentam sulcos radiais, aveludadas, com margem exterior branca a branca-amarelada, pulverulentas; micélio branco; conidiogénese visível, caules septados e conídios esféricos e pode ir de sem exsudados, a exsudados verde-claro a acinzentados e ausência de pigmentos solúveis. O reverso das colónias apresentam centro verde-amarelado, amarelo-acinzentado, ou verde-acastanhado<sup>30</sup>.

---

<sup>29</sup> ELLIS, David [*et al.*] – *Ob. cit.*

<sup>30</sup> *Penicillium spinulosum* [Em linha]. [Consult.: 22.06.2015] Disponível em: WWW:<URL:[http://www.bcrc.firdi.org.tw/fungi/fungal\\_detail.jsp?id=FU200802270016](http://www.bcrc.firdi.org.tw/fungi/fungal_detail.jsp?id=FU200802270016)>.



## APÊNDICE B



## **Meios de crescimento de microorganismos em laboratório**

### ***Potato Dextrose Agar (Lab M)***

O meio *Potato Dextrose Agar* (PDA) é utilizado para o crescimento microbiológico de fungos e produzido a partir de infusão de batata e dextrose. A sua base nutricional incentiva a esporulação e a produção de pigmento em alguns dermatófitos.

### ***Nutrient Agar (Merck)***

O *Nutrient Agar* (NA) é um meio geral de isolamento microbiológico em que o azoto, carbono, vitaminas e aminoácidos são fornecidos pela digestão enzimática da gelatina e extracto de carne bovina.

### ***Czapek Dox Agar (Modified) (Oxoid)***

O meio *Czapek Dox Agar (Modified)* (CDA) tem composição idêntica à do meio CDB, mas contém agar por forma a solidificar o meio.

### ***Czapek Dox Liquid Medium (Modified) (Oxoid)***

O *Czapek Dox Liquid Medium (Modified)* (CDB) é um meio líquido mínimo para o cultivo de fungos e bactérias capazes de utilizar nitrato de sódio como única fonte de azoto e a sacarose como única fonte de carbono. O meio é recomendado por diferentes autores nos estudos de *Aspergillus*, *Penicillium* e actinomicetes<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> THOM, C.; CHURCH, M. B. – *The Aspergilli*. Williams and Wilkins Co.: Baltimore, 1926; THOM, C. – *The Penicillia*. Williams and Wilkins Co.: Baltimore, 1930; RAPER, K. B.; THOM, C. – *Manual of Penicillia*. Williams and Wilkins Co.: Baltimore, 1949; WAKESMAN, S. A. – *Principles of Soil Microbiology*, Bailliere Tindall and Co.: London, 1931.

### ***Optimal Haematococcus Medium***

O *Optimal Haematococcus Medium* (OHM) proporciona um ambiente adequado para o crescimento e reprodução de um grupo específico de microalgas sendo inibidor ou letal para organismos não-alvo. A composição geral das algas *Haematococcus* consiste em carotenóides comuns, ácidos gordos, proteínas, hidratos de carbono e minerais<sup>32</sup>. O meio é composto por 18 macro e micro-nutrientes<sup>33</sup>.

### ***Meio Potato Dextrose Broth (Conda)***

O meio *Potato Dextrose Broth* (PDB) é utilizado para crescimento de fungos em meio líquido. A sua formulação é idêntica à do meio PDA, omitindo o agar. O seu baixo pH inibe o crescimento bacteriano.

### ***Meio Nutrient Broth “E” (Lab M)***

O meio *Nutrient Broth “E”* (NB) à base de proteína e extracto de carne é um meio adequado para crescimento em meio líquido de organismos nutricionalmente pouco exigentes.

---

<sup>32</sup> LORENZ, T. – A technical review of Haematococcus algae. *Nature Technical Bulletin* 060, 1999.

<sup>33</sup> A fórmula otimizada do meio OHM é: (em g l<sup>-1</sup>) KNO<sub>3</sub> 0,41, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,03, MgSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O 0,246, CaCl<sub>2</sub> x 2H<sub>2</sub>O 0,11, (em mg l<sup>-1</sup>) citrato Fe (III) x H<sub>2</sub>O 2,62, CoCl<sub>2</sub> x 6H<sub>2</sub>O 0,011, CuSO<sub>4</sub> x 5H<sub>2</sub>O 0,012, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,075, MnCl<sub>2</sub> x 4H<sub>2</sub>O 0,98, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> x 2H<sub>2</sub>O 0,12, SeO<sub>2</sub> 0,005 e (em µg l<sup>-1</sup>) biotina 25, tiamina 17,5 e B12 15. FÁBREGAS, J. [*et al.*] – Optimization of culture medium for the continuous cultivation of the microalgae *Haematococcus pluvialis*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 53, 2000, pp. 530-535.

## Referências bibliográficas

*Aspergillus versicolor* (Vuill.) Tiraboschi [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL: <http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Link=T&TableKey=1468261600000063&Rec=15156&Fields=Al>>.

*Crime scene investigator network – Fluorescence photography* [Em linha]. [Consult. 16.04.2013]. Disponível em: WWW:<URL: <http://www.crime-scene-investigator.net/flouresc.html>>.

*Forte de Sacavém*. Sistema de Informação para o Património Arquitectónico. Direcção-Geral do Património Cultural. – *Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso/Igreja de São Salvador* [Em linha]. [Consult. 21.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL: [http://www.monumentos.pt/Site/APP\\_PagesUser/SIPA.aspx?id=309](http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=309)>.

*Forte de Sacavém*. Sistema de Informação para o Património Arquitectónico. Direcção-Geral do Património Cultural. – *Igreja Paroquial de Serzedelo/Igreja de Santa Cristina*. [Em linha]. [Consult. 21.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL: [http://www.monumentos.pt/Site/APP\\_PagesUser/SIPA.aspx?id=1921](http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=1921)>.

*INSPQ, Institut national de santé publique Québec – Alternaria alternata* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL: <https://www.inspq.qc.ca/en/moulds/fact-sheets/alternaria-alternata>>.

*lastdragon.org. Biodiversity Reference – Alternaria tenuissima* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL: [http://bioref.lastdragon.org/anamorphic\\_fungi/Alternaria\\_tenuissima.html](http://bioref.lastdragon.org/anamorphic_fungi/Alternaria_tenuissima.html)>.

*LIFE, Leading International Fungal Education – Fungal infections: Alternaria alternata* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL: <http://www.life-worldwide.org/fungal-diseases/alternaria-alternata>>.

*LNEG (2010) – Carta Geológica de Portugal na escala 1:200 000 (vetor)* [Em linha]. [Consult. 12.02.2014]. Disponível em: WWW:<URL: <http://geoportal.lneg.pt/geoportal/mapas/index.html>>.

*MBL, Mold & Bacteria Consulting Laboratories – Alternaria: A well recognized allergy causing fungus* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://www.moldbacteria.com/mold/alternaria.html>>.

*Penicillium spinulosum* [Em linha]. [Consult.: 22.06.2015] Disponível em: WWW:<URL:[http://www.bcrc.firdi.org.tw/fungi/fungal\\_detail.jsp?id=FU200802270016](http://www.bcrc.firdi.org.tw/fungi/fungal_detail.jsp?id=FU200802270016)>.

[*sigillum Militum Christi* (2011). *Templo de Santa Cristina de Serzedelo* [Em linha]. 28 de Março. [Consult.: 21.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://sigillum-militum-christi2.blogspot.pt/2011/03/templo-de-santa-cristina-de-serzedelo.html>>.

*SIPA/IHRU* (1958) – *Igreja de Santa Eulália do Mosteiro de Arnoso/Igreja de São Salvador* [Em linha]. [Consult. 21.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.monumentos.pt/Site/APP\\_PagesUser/SIPA.aspx?id=309](http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=309)>.

*SIPA/IHRU – Igreja Paroquial de Serzedelo/Igreja de Santa Cristina* [Em linha]. [Consult. 21.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.monumentos.pt/Site/APP\\_PagesUser/SIPA.aspx?id=1921](http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=1921)>.

*Terrain 2STL* [Em linha]. [Consult. 30.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:<http://jthatch.com/terrain2stl/>>.

RAMOS, José Angel Badás (2012) – *4.2.2.- Iluminación - el éxito y el fracaso de la regla general* [Em linha]. [Consult.: 16.04.2013]. Disponível em: WWW:<URL:[http://josebadas.blogspot.pt/2012\\_06\\_01\\_archive.html](http://josebadas.blogspot.pt/2012_06_01_archive.html)>.

SCHÜLKE, Steinhauer K.; MAYR GmbH (2004) – *Alternaria alternata* [Em linha]. [Consult. 22.06.2015]. Disponível em: WWW:<URL:[http://www.schuelke.com/download/pdf/cint\\_len\\_Alternaria\\_\\_alternata\\_engl\\_broch.pdf](http://www.schuelke.com/download/pdf/cint_len_Alternaria__alternata_engl_broch.pdf)>.

WEAVER, Gawain – *Deterioration of fiber-base gelatin silver prints* [Em linha]. In: George Eastman House (2006) – *Notes On Photographs*. [Consult.: 16.04.2013]. Disponível em: WWW:<URL:[http://notesonphotographs.org/index.php?title=Weaver,\\_Gawain.\\_%22Deterioration\\_of\\_Fiber-base\\_Gelatin\\_Silver\\_Prints%22](http://notesonphotographs.org/index.php?title=Weaver,_Gawain._%22Deterioration_of_Fiber-base_Gelatin_Silver_Prints%22)>.

AGRAWAL, O.P. [*et al.*] – *Biodeterioration of Ajanta Wall Paintings. Project Report, NRLC, Lucknow, 1991.*

AGRAWAL, O.P. [et al.] – Study of Biodeterioration of the Ajanta Wall Paintings. *Int. Biodeter.* 24, 1988, pp. 121–129.

BERNER, Michaela; WANNER, Gerhard; LUHITZ, Werner – A comparative study of the fungal flora present in medieval wall paintings in the Chapel of the Castle Herberstein and in the Parish Church of St Georgen in Styria, Austria. *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 40 (1), 1997, pp. 53–61.

BJURMAN, Jonny; KRISTENSSON, Jan – Volatile production by *Aspergillus versicolor* as a possible cause of odor in houses affected by fungi. *Mycopathologia*, Vol. 118 (3), June 1992, pp 173–178.

DAKAL, Tikam Chand; CAMEOTRA, Swaranjit Singh – Microbially induced deterioration of architectural heritages: routes and mechanisms involved. *Environmental Sciences Europe* 24, 2012.

DHAWAN, S. [et al.] – Laboratory evaluation of *ortho*-phenyl-phenol and *p*-chloro-*m*-cresol for the control of some fungal forms of Ajanta wall paintings. In AGRAWAL, O.P.; DHAWAN, S., eds. – Biodeterioration of Cultural Property. New Delhi: Macmillan, 1991, pp. 313–338.

ELLIS, David – Descriptions of medical fungi, Second edition. Australia: Nexus Print Solutions, 2007.

EMOTO, Y. – Prevention from fungi of reproducing polychromed wall painting panels in the main hall of Horyuji Temple. *Sci. Conserv.* 7, 1971, pp. 99–106.

EMOTO, Y.; EMOTO, Y. – Microbiological investigation of ancient tombs with paintings. *Sci. Conserv.* 12, 1974, pp. 95–102.

ENGELHART, Steffen [et al.] – Occurrence of toxigenic *Aspergillus versicolor* isolates and sterigmatocystin in carpet dust from damp indoor environments. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 68, No. 8, Aug. 2002, pp. 3886–3890.

FÁBREGAS, J. [et al.] – Optimization of culture medium for the continuous cultivation of the microalgae *Haematococcus pluvialis*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 53, 2000, pp. 530-535.

FERREIRA, António Miguel Pereira Jorge – *Dados geoquímicos de base de sedimentos fluviais de amostragem de baixa densidade de Portugal Continental: Estudo de factores de variação regional*. Aveiro: [s.n.], 2000. Dissertação de Doutoramento, Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.

FOMICHEVA, G.M.; VASILENKO, O.V.; MARFENINA, O.E. – Comparative Morphological, Ecological, and Molecular Studies of *Aspergillus versicolor* (Vuill.) Tiraboschi Strains Isolated from Different Ecotopes. *Microbiology*, vol. 75 (2), 2006, pp. 186–191.

FRISVAD, J.C.; SAMSON, R.A. – Polyphasic taxonomy of *Penicillium subgenus* *Penicillium*. A guide to identification of food and air-borne terverticillate *Penicillia* and their mycotoxins. *Studies in Mycology*, 49, 2004, pp. 1–174.

FRISVAD, J.C. [et al.] – Mycotoxins, drugs and other extrolites produced by species in *Penicillium subgenus* *Penicillium*. *Studies in Mycology*, 49, 2004, pp. 201–241.

GARG, K.L.; DHAWAN, S. – Biodeterioration of wall paintings - the Indian experience. In: SINGH, J. (ed.) – *Building Mycology*. London: E & FN Spon, 1994, pp. 239–259.

GARG, K.L.; DHAWAN, S.; BHATNAGAR, I.K. – Microbicides for preservation of wall paintings. In ROSSMOORE, H.W. (ed.) – *Biodeterioration and Biodegradation* 8. Barking: Elsevier Applied Science, 1991, pp. 505–507.

[34] GARGANI, G. – Fungus contamination of Florence art master pieces before and after the 1966 disaster. In WALTERS, A.H.; ELPHICK, J.J. (eds.) – *Biodeterioration of Materials*. Barking: Elsevier Applied Science, 1968, pp. 252–257.

GAYLARDE, Christine C.; MORTON, L.H. Glyn – Deteriogenic Biofilms on Buildings and their Control: a review. *Biofouling*, vol. 14 (1), 1999, pp. 59–74.

[36] GUGLIELMINETTI, M. [et al.] – Mycological and ultrastructural studies to evaluate biodeterioration of mural paintings. Detection of fungi and mites in frescoes of the monastery of St. Damian in Assisi. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 1994, pp. 269–283.

[37] ISTUDOR, I.; LAZAR, I.; DUMITRU, L. – Un ele consideratii a supra fenomenului de eflorescenta a picturilor murale. *Revista Muzeelor Monumentelor*, Ser. Monumente Istorice de Arte, 45, 1976, pp. 87–89.

KURITZYNA, D. – Mould fungi destroying old Russian mural paintings and the struggle with them (in Russian). *Vestnik Moskovskogo Universiteta*, 4, 1968, pp. 31–41.

LIANG, Yinan [et al.] – Characterization of two related exoantigens from the biodeteriogenic fungus *Aspergillus versicolor*. *International Biodeterioration & Biodegradation* 65, 2011, pp. 217–226.

- LORENZ, T. – A technical review of Haematococcus algae. *Nature Technical Bulletin* 060, 1999.
- MILANESI, Claudio [et al.] – Fungal deterioration of medieval wall fresco determined by analysing small fragments containing copper. *International Biodeterioration & Biodegradation* Vol. 57, Issue 1, January 2006, pp. 7–13.
- NIELSEN, Kristian Fog – Mycotoxin production by indoor molds. *Fungal Genetics and Biology* 39, 2003, pp. 103–117.
- PANGALLO, Domenico [et al.] – Analysis and comparison of the microflora isolated from fresco surface and from surrounding air environment through molecular and biodegradative assays. *World J Microbiol Biotechnol* 28, 2012, pp. 2015–2027.
- PASANEN, Pertti [et al.] – Growth and volatile metabolite production of *Aspergillus versicolor* in house dust. *Environment International*, Vol. 23 (4), 1997, pp. 425–432.
- PEPE, Olimpia [et al.] – Characterization in the archaeological excavation site of heterotrophic bacteria and fungi of deteriorated wall painting of Herculaneum in Italy. *J. Environ. Biol.* 32, 2011, pp. 241–250.
- PIMENTEL, N. – As Formas de Relevô e a Sua Origem. Portugal Geográfico. Lisboa: Editorial Estampa, 1994, pp. 29–50. In CARDOSO, Frederico Santos – *Estudo da deterioração da pedra na igreja de paço de Sousa – Proposta de tratamento*. Porto: [s.n.], 2008. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- PITT, J.I.; HOCKING, A.D. – *Fungi and Food Spoilage*. New York: Springer, 2009.
- RAPER, K. B.; THOM, C. – *Manual of Penicillia*. Williams and Wilkins Co.: Baltimore, 1949.
- REBRICOVA, N.L. – Micromycetes taking part in deterioration of old Russian wall paintings. In GARG, K.L.; GARG, N.; MUKERJI, K.G. – Recent advances in biodeterioration and biodegradation, Vol. 1. *Biodeterioration of cultural heritage*, 1993 pp. 205–232.
- REBRICOVA, N.L. – Some ecological aspects of protection of old Russian wall paintings from microbiological deterioration. In AGRAWAL, O.P.; DHAWAN, S. (eds.) – *Biodeterioration of Cultural Property*. New Delhi: Macmillan, 1991, pp. 294–306.

RIPKA, Katrin – *Identification of microorganisms on stone and mural paintings using molecular methods*. Viena: Magistra rerum naturalium, Fakultät für Lebenswissenschaften der Universität Wien, 2005.

RÖLLEKE, S. [et al.] – Identification of bacteria in a biodegraded wall painting by denaturing gradient gel electrophoresis of PCR-amplified gene fragments coding for 16S rRNA. *Applied and Environmental Microbiology* vol. 62 (6), June 1996, pp. 2059–2065.

SAARELA, Maria [et al.] – Heterotrophic microorganisms in air and biofilm samples from Roman catacombs, with special emphasis on actinobacteria and fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation* 54, 2004, pp. 27–37.

SAIZ-JIMENEZ, C.; SAMSON, R.A. – Microorganisms and environmental pollution as deteriorating agents of the frescos of the Monastery of “Santa Maria de la Rabida”, Huelva, Spain. *In ICOM, 6th Triennial Meeting of the International Council of Museums*, Ottawa, 1981b.

SAMPŮ, Simonetta; MOSCA, Anna Maria Luppi – A study of the fungi occurring on 15th century frescoes in Florence, Italy. *International Biodeterioration* 25, 1989, pp. 343–353.

SAMSON, R.A.; HOEKSTRA, E.S.; FRISVAD, J.C. – Introduction to food and airborne fungi. 7th ed. Centraalbureau Voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands, 2004.

SAVULESCU, A.; IONITA, I. – Contributions to the study of the biodeterioration of the works of art and historical monuments. I. Species of fungi isolated from frescoes. *Rev. Roum. Biol. Ser. Bot.* 16, 1971, pp. 201–208.

STEWART, Jane E. [et al.] – Discord between morphological and phylogenetic species boundaries: incomplete lineage sorting and recombination results in fuzzy species boundaries in an asexual fungal pathogen. *BMC Evolutionary Biology* 38, 2014, pp. 1–14.

STUPAR, Milos [et al.] – A Sub-aerial Biofilms Investigation and New Approach in Biocide Application in Cultural Heritage Conservation: Holy Virgin Church (Gradac Monastery, Serbia). *Indoor Built Environ* 2012; pp. 1–10.

STUPAR, Miloš Č. [et al.] – Mold attack on frescoes and stone walls of Gradac Monastery. *Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad*, N° 120, 2011, pp. 337–341.

THOM, C. – *The Penicillia*. Williams and Wilkins Co.: Baltimore, 1930.

THOM, C.; CHURCH, M. B. – *The Aspergilli*. Williams and Wilkins Co.: Baltimore, 1926.

WAKESMAN, S. A. – *Principles of Soil Microbiology*, Bailliere Thindall and Co.: London, 1931.

WEYER, Angela [*et al.*] (eds) – EwaGlos – European illustrated glossary of conservation terms for wall paintings and architectural surfaces. Germany: Michael Imhof Verlag GmbH & Co. KG, 2015, p.19.

WOUDENBERG, J.H.C. [*et al.*] – Diversity and movement of indoor *Alternaria alternata* across the mainland USA. *Fungal Genetics and Biology*, Vol. 81, August 2015, pp. 62–72.

