U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Estudo diagnóstico, cartografia e proposta de tratamento das deteriorações do granito do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo

ANASTÁCIA DE CARVALHO SILVA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM MATERIAIS E PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

Orientador: Professor Doutor Arlindo Jorge Sá de Begonha

JUNHO DE 2012

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌍 http://www.fe.up.pt

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

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

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

AGRADECIMENTOS

Ao terminar este trabalho, desejo expressar os meus agradecimentos às pessoas e entidades que, de várias formas, contribuíram para que os objectivos propostos fossem cumpridos. Em particular desejo agradecer:

Ao Professor Doutor Arlindo Begonha, sob cuja orientação decorreu este trabalho, pelos seus ensinamentos e rigor científico, empenho, amizade e apoio entusiástico constante, em todos os momentos;

Ao Senhor Provedor da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, Engenheiro José Vitorino Reis, e ao Senhor Dr. Alfredo Meira pela simpatia, facilidade e auxílio prestados sempre que solicitados;

Ao Presidente do LEMC, Professor Doutor Afonso Serra Neves pelo apoio prestado na realização de ensaios e extracção dos tarolos de granito por corte à rotação;

Ao Engenheiro Filipe Ferreira pelo tempo disponibilizado e ensinamentos transmitidos;

Ao Senhor Dr. João Alpuim Botelho, Chefe de Divisão de Museus da Câmara Municipal de Viana do Castelo e Responsável pelo Museu do Traje, pelo valioso auxílio na recolha de fotografias antigas de Viana do Castelo e de informação sobre o Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo;

Ao Senhor Dr. Maranhão Peixoto, Director do Arquivo Municipal de Viana do Castelo, pela ajuda e amabilidade em ceder fotografias antigas do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo;

Ao Senhor Belmiro Xavier da firma AOF – Augusto de Oliveira Ferreira & Ca. Lda. pela amabilidade em realizar o orçamento;

À Senhora Dr[a] Daniela Silva do Centro de Materiais da Universidade do Porto (CEMUP) pelo apoio no trabalho com o Microscópio Electrónico de Varrimento;

Ao Senhor Manuel Carvalho do Departamento de Engenharia Civil da FEUP pelos esclarecimentos prestados no que refere ao *software* AutoCad 2010;

Aos Senhores Manuel Cardoso e Paulo Oliveira do LEMC pela recolha e corte dos provetes;

Às Senhoras funcionárias do Arquivo Distrital de Viana do Castelo pela orientação e ajuda na interpretação de documentos redigidos no século XVI;

Ao Senhor Professor Doutor Luís Filipe Juvandes pela amizade e estímulo permanente;

Aos meus Colegas e Amigos pelos momentos de descontracção e, em particular, ao meu amigo Luís Santos pelas ideias que contribuíram para a valorização deste trabalho;

Ao João pelo incentivo, encorajamento, disponibilidade, carinho e momentos de descontracção que tanto me ajudaram a levar a cabo esta dissertação;

Não podia deixar de agradecer à minha família, em especial à minha mãe, por em todos os momentos da minha vida me apoiar incondicionalmente;

À Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo e à Câmara Municipal de Viana do Castelo pelo financiamento do presente trabalho.

RESUMO

O presente trabalho tem como principais objectivos o diagnóstico do estado de conservação da pedra e uma proposta de metodologia de intervenção e manutenção no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo.

Inicialmente, fez-se uma breve abordagem aos estudos sobre a patologia da pedra efectuados por diversos autores. Realizou-se uma introdução histórica que inclui temas como a autoria do projecto do Hospital da Misericórdia, descrição arquitectónica do monumento e intervenções a que o mesmo foi submetido ao longo do tempo.

São descritos macroscopicamente os dois tipos de granito empregues no Hospital da Misericórdia, bem como as deteriorações observadas. Apresenta-se a cartografia das litologias e das deteriorações executada em *software* AutoCad 2010.

Foram recolhidas diversas amostras para análise e identificação dos minerais constituintes do granito de grão fino e dos minerais de sais solúveis presentes nas deteriorações da pedra, com recurso à microscopia electrónica de varrimento e à difracção dos raios X, assim como a extracção de provetes para caracterização petrofísica do granito de grão fino, o que permitiu compreender os mecanismos de degradação da pedra no Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo.

O meio poroso do granito de grão fino foi estudado através da realização de ensaios petrofísicos, nomeadamente de determinação da porosidade livre às quarenta e oito horas, densidade aparente, porometria com o porosímetro de mercúrio, absorção de água por capilaridade e evaporação.

O trabalho experimental permitiu ainda comparar o granito do Hospital da Misericórdia com vários granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal e determinar correlações entre os diversos parâmetros obtidos.

Realizado o estudo diagnóstico, procedeu-se à elaboração de uma proposta de intervenção no granito, incluindo o seu orçamento, bem como de um plano de manutenção.

PALAVRAS-CHAVE: Granito, deteriorações da pedra, minerais de sais solúveis, cartografia das deteriorações, ensaios petrofísicos, proposta de intervenção, plano de manutenção.

ABSTRACT

The present work has as main objectives the diagnosis of the state of conservation of stone and a proposed methodology for intervention and maintenance of the Hospital da Santa Casa da Misericordia de Viana do Castelo.

Initially, it was made the state of art concerning the studies of stone pathology. An historical introduction was developed including the authorship of the Hospital da Misericórdia project, the architectural description of the monument and the interventions in the building over time.

The two types of granite used in the Hospital da Misericórcia, as well as the stone deteriorations observed are described macroscopically. Mapping of the lithologies and stone deteriorations was done in AutoCad 2010 software.

Several samples were taken for analysis and identification of the constituent minerals of the fine-grained granite and of the minerals of soluble salts present in the stone deteriorations, using for that purpose the scanning electron microscopy and X-ray diffraction techniques, as well as the extraction of specimens for the petrophysical characterization of the fine-grained granite, which allowed the understanding of the mechanisms of stone decay in the Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo.

Free porosity, bulk density, porosimetry by mercury, water absorption by capillarity and evaporation tests were carried out in order to characterize the porous network of the fine-grained granite.

The experimental work also allowed to compare the granite applied in the Hospital da Misericórdia with several other granites used in monuments and buildings in Portugal and to establish correlations between the petrophysical parameters.

After the diagnosis study, a proposal for intervention in the granite, including its budget, as well as a maintenance plan is presented.

KEY WORDS: Granite, stone deterioration, minerals of soluble salts, petrophysical tests, deterioration mapping, intervention proposal, maintenance plan.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i

RESUMO iii

ABSTRACT v

1 INTRODUÇÃO 1

1.1. ESTUDOS SOBRE A PATOLOGIA DA PEDRA **1**

1.2. O EDIFÍCIO DO HOSPITAL DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO **3**

1.2.1. A NECESSIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UM HOSPITAL 3

1.2.1. AUTORIA DO PROJECTO 3

1.2.2. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO 5

1.2.3. INTERVENÇÕES NO EDIFÍCIO 15

1.2.3.1. A problemática do motivo almofadado 15

1.2.3.2. Outras intervenções 16

1.2.4. NECESSIDADE DE INTERVENÇÃO 22

2 CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA E CARTOGRAFIA DAS LITOLOGIAS 27

3 CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA E CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES 35

3.1. DESAGREGAÇÃO GRANULAR **35**

3.2. PLACAS **41**

3.3. PLAQUETAS **44**

3.4. CROSTAS NEGRAS **47**

3.5. FILMES **49**

3.6. EFLORESCÊNCIAS PULVERULENTAS **50**

3.7. COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA **51**

3.8. FISSURAS **57**

3.9. FENDAS **59**

3.10. ELEMENTOS DESTACADOS **59**

3.11. JUNTAS 62
3.12. LACUNAS 65
3.13. LACUNAS PREENCHIDAS COM ARGAMASSAS 67
3.14. ELEMENTOS METÁLICOS NÃO FUNCIONAIS 70
3.15. DEPÓSITOS DE GUANO 72
3.16. CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES 74

4 AMOSTRAGEM E TÉCNICAS EXPERIMENTAIS 113
4.1. AMOSTRAGEM 113
4.2. TÉCNICAS EXPERIMENTAIS 131
4.2.1. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA 132
4.2.1.1. Difracção por raios X 132
4.2.1.2. Microscopia Electrónica de Varrimento 132
4.2.2. ENSAIOS PETROFÍSICOS 133
4.2.2.1. Porosidade livre às quarenta e oito horas 133
4.2.2.2. Densidade aparente 133
4.2.2.3. Porosímetro de Mercúrio 134
4.2.2.4. Absorção de água por capilaridade 134
4.2.2.5. Evaporação 136

5 ESTUDO DO GRANITO DE GRÃO FINO 139
5.1. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA 139
5.1.1. DIFRACÇÃO DE RAIOS X 139
5.1.2. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE VARRIMENTO 143
5.2. RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS 147
5.2.1. POROSIDADE LIVRE ÀS QUARENTA E OITO HORAS 148
5.2.2. DENSIDADE APARENTE 151
5.2.3. POROMETRIA 157
5.2.4. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE 168
5.2.5. EVAPORAÇÃO 182

6 ESTUDO MINERALÓGICO DAS DETERIORAÇÕES DO GRANITO DE GRÃO FINO 203

6.1. FACHADA PRINCIPAL E *LOGGIAS*.....203

6.1.1. DESAGREGAÇÃO GRANULAR 207

6.1.2. PLACAS 220

6.1.3. PLAQUETAS 221

6.1.4. CROSTAS NEGRAS 233

6.1.5. MATERIAL PULVERULENTO SOB AS CROSTAS NEGRAS 241

6.1.6. EFLORESCÊNCIAS PULVERULENTAS 243

6.1.7. FILME CASTANHO CLARO 249

6.1.8. FILME CASTANHO ESCURO 250

6.1.9. ARGAMASSA ANTIGA DAS JUNTAS 255

6.1.10. CONCHAS UTILIZADAS NAS JUNTAS 255

6.2. PORTAS DAS CHAGAS.....255

6.2.1. DESAGREGAÇÃO GRANULAR 255

6.2.2. PLAQUETAS 257

6.3. ASSOCIAÇÃO DE MINERAIS COM SOLUBILIDADES MUITO DIFERENTES.....257

7. CONCLUSÕES DO ESTUDO DIAGNÓSTICO DA PEDRA.....267

8 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NO GRANITO E SEU ORÇAMENTO 269

8.1. PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NO GRANITO 269

8.1.1. REDUÇÃO/ELIMINAÇÃO DA HUMIDADE ASCENSIONAL NA *LOGGIA* DO RÉS-DO-CHÃO E FACHADA DA PORTA DAS CHAGAS 270

8.1.2. ALTERAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE DRENAGEM DOS PAVIMENTOS DAS *LOGGIAS* 271

8.1.3.LLIMPEZA DA PEDRA 271

8.1.4. REMOÇÃO DOS ELEMENTOS METÁLICOS NÃO FUNCIONAIS 271

8.1.5. REMOÇÃO DAS ARGAMASSAS DE CIMENTO DAS JUNTAS, LIMPEZA DAS MESMAS E SEU PREENCHIMENTO COM ARGAMASSAS DE CAL 271

8.1.6. REMOÇÃO DAS ARGAMASSAS DE CIMENTO DE COLMATAÇÃO DE LACUNAS 272

8.1.7. REMOÇÃO DOS FILMES CASTANHO ESCUROS 272

8.1.8. REMOÇÃO DAS CROSTAS NEGRAS E DAS EFLORESCÊNCIAS PULVERULENTAS QUE AS BORDEJAM 273

8.1.9. ELIMINAÇÃO DA COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA 274

8.1.10. COLAGEM DE ELEMENTOS DESTACADOS, PEDRAS FRACTURADAS, FENDAS, FISSURAS OU PLACAS .. 275

8.1.11. CONSOLIDAÇÃO DAS ÁREAS MAIS INTENSAMENTE AFECTADAS POR DESAGREGAÇÃO GRANULAR 275

8.1.12. APLICAÇÃO DE UM PRODUTO HIDRÓFUGO 276
8.1.13. COLOCAÇÃO DE CHAPAS DE ZINCO 277
8.1.14. COLOCAÇÃO DE DISPOSITIVOS ELECTROSTÁTICOS ANTI-POMBOS 278
8.1.15. PROTECÇÃO DA *LOGGIA* DO RÉS-DO-CHÃO E DA PORTA DAS CHAGAS 278
8.2. ORÇAMENTO DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO 278

9 PLANO DE MANUTENÇÃO DO EDIFÍCIO 283
9.1. EVENTUAL REAPARECIMENTO DA COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA 284
9.2. COMPORTAMENTO DAS COLAS 284
9.3. COMPORTAMENTO DAS FENDAS 284
9.4. COMPORTAMENTO DO CONSOLIDANTE 284
9.5. EFICÁCIA DO PRODUTO HIDRÓFUGO 284
9.6. ESTABILIDADE E EFICÁCIA DAS CHAPAS DE ZINCO 284
9.7. FUNCIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS ELECTROSTÁTICOS ANTI-POMBOS 284
9.8. FUNCIONAMENTO DO EVENTUAL SISTEMA DE VENTILAÇÃO 285

BIBLIOGRAFIA 287

ANEXO A1 RESULTADOS DO ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE 305

ANEXO A2 RESULTADOS DO ENSAIO DE EVAPORAÇÃO 313

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo – vistas gerais. 6

Figura 1.2 – *Loggia* do rés-do-chão – Colunata jónica com impostas decoradas com bustos de homens de turbante. 7

Figura 1.3 – Portal rusticado de acesso lateral à *loggia* do rés-do-chão. 8

Figura 1.4 – *Loggia* do 1º andar – Esculturas de Hermes e bustos nas colunas. 9

Figura 1.5 – Escudo inserido no friso que separa as *loggias* do rés-do-chão e a do 1º andar. 10

Figura 1.6 – *Loggia* do 2º andar – Cariátides, figuras da nobreza e mascarões nas colunas. 11

Figura 1.7 – Frontão, Cristo cruxificado e imagem antropomórfica do Sol. 12

Figura 1.8 – Porta das Chagas – Hermes, bustos e brasão com as Chagas de Cristo. 13

Figura 1.9 – Primeira planta com a localização do Hospital da Misericórdia na Praça do Forno, actual Praça da República – corte horizontal ao nível da *loggia* do rés-do-chão. Álbum das plantas de tudo o que contém a Misericórdia (Arquivo Distrital de Viana do Castelo). 16

Figura 1.10 – Planta do segundo plano – Corte horizontal ao nível da *loggia* do primeiro andar. Álbum das plantas de tudo o que contém a Misericórdia (Arquivo Distrital de Viana do Castelo). 17

Figura 1.11 – Planta do terceiro plano – Corte horizontal ao nível da *loggia* do segundo andar. Álbum das plantas de tudo o que contém a Misericórdia (Arquivo Distrital de Viana do Castelo). 18

Figura 1.12 – Alçado Sul dos edifícios do Hospital e da Igreja da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo. Álbum das plantas de tudo o que contém a Misericórdia (Arquivo Distrital de Viana do Castelo). 18

Figura 1.13 – Marcas de oxidação nos arcos da *loggia* do rés-do-chão. Fotografia nº 39 Arcadas da Misericórdia cedida pelo Arquivo Municipal de Viana do Castelo datada de 1930. 19

Figura 1.14 – Gradeamento na *loggia* do rés-do-chão. Postais não circulados com fotografias obtidas entre 1910 e 1940 Novo (2008). 20

Figura 1.15 – Tecto em betão da *loggia* do 2º andar. (2012-01-06) 21

Figura 1.16 – Porta das Chagas com escudo com as Chagas de Cristo completo ou inexistente. 21

Figura 1.17 – Terceiro arco da *loggia* do rés-do-chão. 22

Figura 1.18 – Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo em 1930. Fotografia nº 32 Praça da República cedida pelo Arquivo Municipal de Viana do Castelo. 23

Figura 1.19 – Bustos da *loggia* do rés-do-chão. Aspectos tais como observados em Oliveira (2002) e em 2011-11-20. 24

Figura 1.20 – Bustos da *loggia* do rés-do-chão. Aspectos tais como observados em Oliveira (2002) e em 2011-11-20. 25

Figura 2.1 – Aspecto macroscópico do granito de grão fino. 28

Figura 2.2 – Aspecto macroscópico dos granitos de grão fino e de grão médio. 29

Figura 2.3 – Litologias da Fachada Principal. 31
Figura 2.4 – Litologias dos alçados interiores das *loggias*. 33

Figura 3.1 – Desagregação granular – Fachada Principal. 36
Figura 3.2 – Desagregação granular – Fachada Principal e Porta das Chagas. 37
Figura 3.3 – Desagregação granular – Fachada Principal e Porta das Chagas. 38
Figura 3.4 – Desagregação granular – Fachada Principal. 39
Figura 3.5 – Desagregação granular – Fachada Principal. 40
Figura 3.6 – Placas – Fachada Principal. 41
Figura 3.7 – Placas – Fachada Principal. 42
Figura 3.8 – Placas – Fachada Principal. 43
Figura 3.9 – Plaquetas – Fachada Principal. 44
Figura 3.10 – Plaquetas – Fachada Principal. 45
Figura 3.11 – Plaquetas – Fachada Principal. 46
Figura 3.12 – Crostas negras – Fachada Principal. 47
Figura 3.13 – Crostas negras – Fachada Principal. 48
Figura 3.14 – Filmes – Fachada Principal. 49
Figura 3.15 - Filme castanho claro formado sobre placa no frontão. 50
Figura 3.16 – Eflorescências – Fachada Principal – cornija sob o frontão. 50
Figura 3.17 – Eflorescências – Fachada Principal. 51
Figura 3.18 – Colonização biológica – Líquenes – Fachada Principal. 52
Figura 3.19 – Colonização biológica – Líquenes – Fachada Principal. 53
Figura 3.20 – Colonização biológica – Líquenes – Fachada Principal. 54
Figura 3.21 – Colonização biológica – Líquenes – Fachada Principal. 55
Figura 3.22 – Colonização biológica – Plantas herbáceas, fetos e algas – Fachada Principal. 56
Figura 3.23 – Fissuras – Fachada Principal. 57
Figura 3.24 – Fissuras na Fachada Principal e Porta das Chagas. 58
Figura 3.25 – Fendas – Fachada Principal. 60
Figura 3.26 – Fendas – Fachada Principal. 61
Figura 3.27 – Elementos destacados – Fachada Principal. 61
Figura 3.28 – Juntas – Fachada Principal. 62
Figura 3.29 – Juntas – Fachada Principal. 63
Figura 3.30 – Juntas – Fachada Principal. 64

Figura 3.31 – Lacunas – Fachada Principal e Porta das Chagas. 65

Figura 3.32 – Lacunas – Fachada Principal. 66

Figura 3.33 – Lacunas – Porta das Chagas. 67

Figura 3.34 – Lacunas preenchidas com argamassas de cimento – Fachada Principal. 68

Figura 3.35 – Lacunas preenchidas com argamassas de cimento – Fachada Principal e Porta das Chagas. 69

Figura 3.36 – Elementos metálicos não funcionais – Pregos e arames – Fachada Principal. 70

Figura 3.37 – Elementos metálicos não funcionais – Fachada Principal. 71

Figura 3.38 – Permanência de pombos – Fachada Principal. 72

Figura 3.39 – Depósitos de guano de pombos – Fachada Principal – Portas das *loggias* dos 1º e 2º andares. 73

Figura 3.40 – Cartografia das deteriorações: Fachada Principal. Desagregação granular e crostas negras. 77

Figura 3.41 – Cartografia das deteriorações: Fachada Principal. Placas e plaquetas 79

Figura 3.42 – Cartografia das deteriorações: Fachada Principal. Filmes escuros e eflorescências pulverulentas. 81

Figura 3.43 – Cartografia das deteriorações: Fachada Principal. Colonização biológica. 83

Figura 3.44 – Cartografia das deteriorações: Fachada Principal. Fissuras, fendas e elementos metálicos não funcionais. 85

Figura 3.45 – Cartografia das deteriorações: Fachada Principal. Juntas. 87

Figura 3.46 – Cartografia das deteriorações: Fachada Principal. Lacunas, lacunas preenchidas com argamassas e fragmentos destacados de pedra. 89

Figura 3.47 – Cartografia das deteriorações: Alçados interiores das *loggias*. Desagregação granular, filmes escuros e guano. 91

Figura 3.48 – Cartografia das deteriorações: Alçados interiores das *loggias*. Placas, plaquetas, lacunas e lacunas preenchidas com argamassas. 93

Figura 3.49 – Cartografia das deteriorações: Alçados interiores das *loggias*. Fissuras, fendas e elementos metálicos não funcionais. 95

Figura 3.50 – Cartografia das deteriorações: Alçados interiores das *loggias*. Juntas. 97

Figura 3.51 – Cartografia das deteriorações: Portas das Chagas. Desagregação granular e crostas negras. 99

Figura 3.52 – Cartografia das deteriorações: Porta das Chagas. Placas, plaquetas, fissuras e elementos metálicos não funcionais. 101

Figura 3.53 – Cartografia das deteriorações: Porta das Chagas. Colonização biológica. 103

Figura 3.54 – Cartografia das deteriorações: Porta das Chagas. Juntas. 105

Figura 3.55 – Cartografia das deteriorações: Porta das Chagas. Lacunas e lacunas preenchidas com argamassas. 107

Figura 4.1 – Amostragem na Fachada Principal. 125

Figura 4.2 – Amostragem nos alçados interiores das *loggias*..... 127

Figura 4.3 – Amostragem na Porta das Chagas. 129

Figura 4.4 – Tarolos HMV 58 e HMV 59 extraídos no interior do edifício da Misericórdia de Viana do Castelo..... 131

Figura 4.5 – Aspecto dos provetes durante o ensaio de determinação da porosidade livre às 48 horas. 133

Figura 4.6 – Aspecto dos provetes durante o ensaio de absorção de água por capilaridade. 135

Figura 4.7 – Ensaio de absorção de água por capilaridade. Exemplo de amostra com rede porosa unimodal. 136

Figura 4.8 – Ensaio de absorção de água por capilaridade. Exemplo de amostra com rede porosa bimodal. 136

Figura 4.9 – Aspecto dos provetes durante o ensaio de evaporação. 137

Figura 5.1 – Difractograma dos raios X das amostras HMV 59 e HMV 58 – rocha total. 140

Figura 5.2 – Difractogramas dos raios X da amostra HMV 59 – Fracção < 2 µm – Normal, glicol e aquecimento. 140

Figura 5.3 – Difractogramas dos raios X da amostra HMV 58 – Fracção < 2 µm – Normal, glicol e aquecimento. 141

Figura 5.4 – Plagióclase sódica meteorizada – Imagens obtidas por MEV. 144

Figura 5.5 – Caulinite resultante da meteorização da moscovite, biotite, feldspato potássico e plagióclase sódica – Imagens e espectro obtidos por MEV. 145

Figura 5.6 – Gibsite resultante da meteorização da moscovite e da biotite – Imagens e espectro obtidos por MEV. 146

Figura 5.7 – Correlação obtida entre N48 e d para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia. 154

Figura 5.8 – Correlação entre a densidade (d) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 156

Figura 5.9 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra HMV 59 de um fragmento de tarolo de granito de grão fino meteorizado, mas não deteriorado. 163

Figura 5.10 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra HMV 58 de um fragmento de tarolo de granito de grão fino meteorizado e afectado por desagregação granular intermédia. ... 163

Figura 5.11 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra HMV 20 de um fragmento de granito de grão fino com desagregação granular intensa. 164

Figura 5.12 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra HMV 41 de uma placa de granito de grão fino meteorizado. 164

Figura 5.13 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra HMV 04 de um fragmento de granito de grão fino com desagregação granular de intensidade intermédia e que resultou de queda provocada por oxidação de uma peça metálica. 165

Figura 5.14 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade do provete HMV 59.2 de granito de grão fino meteorizado, não deteriorado. 169

Figura 5.15 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade do provete HMV 58.2 de granito de grão fino meteorizado, afectado por desagregação granular intermédia. 169

Figura 5.16 – Correlação obtida entre A e N_{48} para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.....

.....172

Figura 5.17 – Correlação entre o coeficiente de capilaridade (A) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.....174

Figura 5.18 – Correlação obtida entre B e N_{48} para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.....

.....177

Figura 5.19 – Correlação entre o coeficiente de capilaridade (B) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.....179

Figura 5.20 – Correlação obtida entre os coeficientes de capilaridade B e A para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia. 180

Figura 5.21 – Correlação entre os coeficientes de capilaridade B e A de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 181

Figura 5.22 – Diagrama do ensaio de evaporação. Provete HMV 59.2 de granito de grão fino meteorizado, não deteriorado. 183

Figura 5.23 - Diagrama do ensaio de evaporação. Provete HMV 58.2 de granito de grão fino meteorizado, afectado por desagregação granular intermédia. 183

Figura 5.24 – Correlação obtida entre q e N_{48} para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia. .....

.....185

Figura 5.25 – Correlação entre o fluxo de evaporação de vapor de água (q) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 186

Figura 5.26 – Correlação obtida entre Sc e N_{48} para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.....

.....188

Figura 5.27 – Correlação entre a saturação crítica (Sc) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 189

Figura 5.28 – Correlação obtida entre t_{Sc} e N_{48} para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia .....

.....192

Figura 5.29 – Correlação entre o tempo de saturação crítica (t_{Sc}) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 193

Figura 5.30 – Correlação obtida entre t_{Sc} e A para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia .194

Figura 5.31 – Correlação entre o coeficiente de capilaridade A e o tempo de saturação crítica (t_{Sc}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 195

Figura 5.32 – Correlação obtida entre t_{Sc} e B para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia. 196

Figura 5.33 – Correlação entre o coeficiente de capilaridade B e o tempo de saturação crítica (t_{Sc}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 197

Figura 5.34 – Correlação obtida entre t_{Sc} e q para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia. 198

Figura 5.35 – Correlação entre o fluxo de evaporação (q) e o tempo de saturação crítica (t_{Sc}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 199

Figura 5.36 – Correlação obtida entre t_{Sc} e Sc para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.....

..... 200

Figura 5.37 – Correlação entre o tempo de saturação crítica (t_{Sc}) e a saturação crítica (Sc) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 201

Figura 6.1 – Cristalização de minerais de sais solúveis (gesso) no interior da rede porosa do granito – Imagens obtidas por MEV. 205

Figura 6.2 – Cristalização de minerais de sais solúveis (gesso, halite e oxalato de cálcio) no interior da rede porosa do granito – Imagens obtidas por MEV. 206

Figura 6.3 – Desagregação granular – Halite – Cristais cúbicos não ou parcialmente dissolvidos – Imagens e espectro obtidos por MEV. 208

Figura 6.4 – Desagregação granular – Halite – Cristais com as formas simples cubo+octaedro – Imagens obtidas por MEV. 209

Figura 6.5 – Desagregação granular – Halite – Cristais com as formas simples cubo+octaedro pouco ou medianamente dissolvidos – Imagens obtidas por MEV. 210

Figura 6.6 – Desagregação granular – Halite – Cristais com as formas simples cubo+octaedro muito dissolvidos – Imagens obtidas por MEV. 211

Figura 6.7 – Desagregação granular – Halite – Cristais prismáticos com as formas simples cubo+octaedro sem indícios de dissolução ou pouco a medianamente dissolvidos – Imagens obtidas por MEV. 212

Figura 6.8 – Desagregação granular – Halite – Cristais prismáticos sem indícios de dissolução ou pouco a muito dissolvidos – Imagens obtidas por MEV. 213

Figura 6.9 – Desagregação granular – Halite – Cristais parcial ou integralmente delimitados por figuras de dissolução, “véus” e cristais segundo um padrão compatível com a evaporação de gotas de soluções aquosas de cloreto de sódio – Imagens obtidas por MEV. 214

Figura 6.10 – Desagregação granular – Gesso – Cristais tabulares – Imagens obtidas por MEV..... 215

Figura 6.11 – Desagregação granular – Gesso – Cristais tabulares e cristais lamelares com hábito pseudo-hexagonal – Imagens obtidas por MEV. 216

Figura 6.12 – Desagregação granular – Gesso – Cristais lamelares com hábito pseudo-hexagonal, lamelares, em ponta de lança, prismáticos, isométricos subédricos e anédricos com figuras de dissolução – Imagens obtidas por MEV. 217

Figura 6.13 – Desagregação granular – Gesso – Cristais lamelares com hábito pseudo-hexagonal, subédricos ou anédricos com figuras de dissolução – Imagens obtidas por MEV. 218

Figura 6.14 – Desagregação granular – Nitratite – Cristais anédricos integralmente delimitados por figuras de dissolução – Imagens e espectro obtidos por MEV. 219

Figura 6.15 – Desagregação granular – Oxalato de cálcio – Cristais subédricos isométricos e cristais aciculares – Imagens e espectro obtidos por MEV. 220

Figura 6.16 – Placas – Gesso – Cristais aciculares, em ponta de lança, lamelares com hábito pseudo-hexagonal, lamelares, isométricos subédricos ou anédricos e anédricos com figuras de dissolução – Imagens e espectro obtidos por MEV. 222

Figura 6.17 – Placas – Gesso – Cristais anédricos ou subédricos com figuras de dissolução – Imagens obtidas por MEV. 223

Figura 6.18 – Placas – Gesso – Cristais anédricos ou subédricos com figuras de dissolução, lamelares com hábito pseudo-hexagonal, tabulares e prismáticos sem ou com figuras de dissolução– Imagens obtidas por MEV. 224

Figura 6.19 – Placas – Oxalato de cálcio – Cristais aciculares e prismáticos subédricos – Imagens e espectro obtidos por MEV. 225

Figura 6.20 – Placas – Oxalato de cálcio (O) – Cristais aciculares e prismáticos subédricos associados a material biológico (Mb) – Imagens obtidas por MEV. 226

Figura 6.21 – Placas – Halite – Cristais com as formas simples cubo+octaedro não ou parcialmente dissolvidos – Imagens e espectro obtidos por MEV. 227

Figura 6.22 – Placas – Halite sob a forma de cristais com as formas simples cubo+octaedro parcialmente dissolvidos e brushite sob a forma de agregado de pequenos cristais anédricos de forma arredondada – Imagens obtidas por MEV. 228

Figura 6.23 – Plaquetas – Gesso – Cristais isométricos e tabulares – Imagens e espectro obtidos por MEV. 229

Figura 6.24 – Plaquetas – Gesso – Cristais tabulares, lamelares com hábito pseudo-hexagonal, em forma de ponta de lança e anédricos com figuras de dissolução – Imagens obtidas por MEV. 230

Figura 6.25 – Plaquetas – Gesso – Cristais anédricos com figuras de dissolução e agregados revestindo os minerais constituintes do granito – Imagens obtidas por MEV. 231

Figura 6.26 – Plaquetas – Oxalato de cálcio e material biológico – Imagens obtidas por MEV. 232

Figura 6.27– Crosta negra HMV 06 – Gesso sob a forma de cristais lamelares – Aspectos das rosas do deserto – Zonas mais compactas e zonas mais abertas – Imagens e espectro obtidos por MEV.234

Figura 6.28 – Crosta negra HMV 06 – Gesso sob a forma de cristais lamelares – Aspectos das rosas do deserto – Zonas mais compactas e zonas mais abertas – Imagens obtidas por MEV. 235

Figura 6.29 – Crosta negra HMV 06 – Gesso sob a forma de cristais lamelares – Aspectos das rosas do deserto – Zonas mais compactas e zonas mais abertas – Imagens obtidas por MEV. 236

Figura 6.30 – Crosta negra HMV 21 – Gesso – Diferentes aspectos das rosas do deserto – Cristais em forma de ponta de lança e lamelares com hábito pseudo-hexagonal – Imagens obtidas por MEV.

.....237

Figura 6.31 – Crosta negra HMV 43 – Gesso – Diferentes aspectos das rosas do deserto – Cristais tabulares e lamelares – Imagens obtidas por MEV. 238

Figura 6.32 – Crostas negras – Halite – Cristais euédricos com as formas simples cubo+octaedro ou cubo e cristais com figuras de dissolução – Imagens e espectro obtidos por MEV. 239

Figura 6.33 – Crosta negra HMV 43 – Calcite, halite, poeiras silicatadas e cinza volante de superfície lisa – Imagens e espectros obtidos por MEV. 240

Figura 6.34 – Material pulverulento HMV 22 – Gesso – Cristais lamelares, em forma de ponta de lança e lamelares com hábito pseudo-hexagonal – Imagens e espectro obtidos por MEV. 241

Figura 6.35 – Material pulverulento HMV 22 – Gesso – Cristais lamelares, lamelares com hábito pseudo-hexagonal, em forma de ponta de lança e anédricos com figuras de dissolução – Imagens obtidas por MEV. 242

Figura 6.36 – Eflorescência pulverulenta HMV 05 – Aspecto geral, mistura de cristais gesso e de brushite – Imagens, espectro da mistura e espectro do gesso obtidos por MEV. 244

Figura 6.37 – Eflorescência pulverulenta HMV 05 – Gesso, brushite e mistura de cristais de gesso e de brushite – Imagens e espectro da brushite obtidos por MEV..... 245

Figura 6.38 – Eflorescência pulverulenta HMV 05 – Calcite e mistura de cristais de gesso e de brushite – Imagens e espectro da calcite obtidos por MEV. 246

Figura 6.39 – Eflorescência pulverulenta HMV 18 – Aspecto geral e de brushite – Imagens e espectro da brushite obtidos por MEV. 247

Figura 6.40 – Eflorescência pulverulenta HMV 18 – Brushite e gesso – Imagens e espectro do gesso obtidos por MEV. 248

Figura 6.41 – Eflorescência pulverulenta HMV 18 – Oxalato de cálcio, gesso e material biológico – Imagens e espectro do oxalato de cálcio obtidos por MEV. 249

Figura 6.42 – Filme castanho claro – Aspecto e espectro pontual do filme – Imagens e espectros obtidos por MEV. 251

Figura 6.43 – Filme castanho escuro – Aspecto do filme – Zonas lisas e rugosas – Imagens e espectro obtidos por MEV. 252

Figura 6.44 – Filme castanho escuro – Aspecto do filme – Zonas lisas e rugosas e material biológico – Imagens e espectro obtidos por MEV. 253

Figura 6.45 – Filme castanho escuro – Material biológico e oxalato de cálcio – Imagens e espectro do oxalato de cálcio obtidos por MEV. 254

Figura 6.46 – Argamassa de cal de junta – Estrutura porosa e calcite – Imagens e espectros obtidos por MEV. 256

Figura 6.47 – Argamassa de cal de junta – Grãos de areia – Imagens obtidas por MEV. 257

Figura 6.48 – Conchas utilizadas nas juntas – Estrutura fibrosa – Imagens e espectro da concha obtidos por MEV. 258

Figura 6.49 – Conchas utilizadas nas juntas – Estrutura fibrosa das conchas e agregados de cristais de gesso formados sobre um fragmento de concha – Imagens e espectro do gesso obtidos por MEV. 259

Figura 6.50 – Conchas utilizadas nas juntas – Agregados de cristais de gesso formados sobre um fragmento de concha – Imagens obtidas por MEV. 260

Figura 6.51 – Desagregação granular – Halite e gesso – Imagens e espectro da halite obtidos por MEV. 261

Figura 6.52 – Desagregação granular – Gesso, oxalato de cálcio e material biológico – Imagens e espectro do gesso obtidos por MEV. 262

Figura 6.53 – Plaquetas – Gesso, "placas" e material biológico – Imagens obtidas por MEV. 263

Figura 6.54 – Associação de halite e gesso em amostras recolhidas em zonas sujeitas à ascensão por capilaridade de soluções salinas – Imagens obtidas por MEV. 265

Figura 6.55 – Associação de halite e gesso em amostras recolhidas em zonas não sujeitas à ascensão por capilaridade de soluções salinas ou sujeitas à acção do fenómeno anterior associado com a acção da água da chuva – Imagens obtidas por MEV. 266

Figura A1.1 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 58.1. 307

Figura A1.2 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 58.2. 308

Figura A1.3 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 58.3. 309

Figura A1.4 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 59.1. 310

Figura A1.5 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 59.2. 311

Figura A1.6 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 59.3. 312

Figura A2.1 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 58.1. 316

Figura A2.2 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 58.2. 318

Figura A2.3 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 58.3. 320

Figura A2.4 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 59.1. 322

Figura A2.5 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 59.2. 324

Figura A2.6 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 59.3. 326

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Resultados das medições obtidas no alçado da Fachada Principal e na pequena fachada orientada a Este. 109

Quadro 3.2 – Resultados das medições obtidas nas *loggias* do edifício....110

Quadro 3.3 - Resultados das medições obtidas na Porta das Chagas. 111

Quadro 4.1 – Amostras recolhidas na Fachada Principal. 113

Quadro 4.2 – Amostras recolhidas na Porta das Chagas e nas salas interiores do monumento. 114

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo. 114

Quadro 5.1 – Percentagem de minerais secundários, determinados com recurso à análise por DRX da rocha total, em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 142

Quadro 5.2 – Percentagem dos minerais secundários identificados na fracção < 2µm no granito de monumentos e edifícios de Portugal. 143

Quadro 5.3 – Resultados dos ensaios de determinação da densidade aparente (d), porosidade às 48 horas (N_{48}), absorção de água por capilaridade e evaporação. 147

Quadro 5.4 – Resultados obtidos com o porosímetro de mercúrio. 148

Quadro 5.5 – Resultados do ensaio de determinação da porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}). 149

Quadro 5.6 – Valores limite da porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}) em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 149

Quadro 5.7 – Resultados da determinação da densidade aparente d. 151

Quadro 5.8 – Valores limite da densidade aparente (d), obtidos em granitos de monumentos e edifícios de Portugal. 152

Quadro 5.9 – Correlações lineares entre d e N_{48} em monumentos e edifícios de Portugal. 155

Quadro 5.10 – Valores limite da porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}) obtidos em granito empregue em monumentos e edifícios de Portugal. 158

Quadro 5.11 – Valores limite da razão entre a microporosidade (N_{μ}) e a porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}) obtidos em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 161

Quadro 5.12 – Valores limite das aberturas de acesso das principais famílias de fissuras de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 166

Quadro 5.13 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade. 169

Quadro 5.14 – Valores limite do coeficiente de capilaridade A em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 171

Quadro 5.15 – Correlações entre A e N_{48} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal. 173

Quadro 5.16 – Valores limite do coeficiente de capilaridade B em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 175

Quadro 5.17 – Correlações entre B e N_{48} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal..... 177

Quadro 5.18 – Correlações entre B e A em granitos de monumentos e edifícios de Portugal. 180

Quadro 5.19 – Resultados do ensaio de evaporação. 182

Quadro 5.20 - Valores limite do fluxo de evaporação q em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 184

Quadro 5.21 – Valores limite da saturação crítica Sc em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 187

Quadro 5.22 – Correlações entre Sc e N_{48} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal..... 188

Quadro 5.23 – Valores limite do tempo de saturação crítica t_{Sc} em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal. 191

Quadro 5.24 – Correlações entre t_{Sc} e N_{48} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal. 192

Quadro 5.25 – Correlações entre A e t_{Sc} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal. 194

Quadro 5.26 – Correlações entre B e t_{Sc} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal. 196

Quadro 5.27 – Correlações entre t_{Sc} e Sc em granitos de monumentos e edifícios de Portugal. 200

Quadro 6.1 – Minerais de sais solúveis identificados por MEV. 204

Quadro 6.2 – Desagregação granular – Minerais de sais solúveis identificados por MEV. 207

Quadro 6.3 – Placas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV. 220

Quadro 6.4 – Plaquetas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV. 221

Quadro 6.5 – Crostas negras – Minerais de sais solúveis identificados por MEV. 233

Quadro 6.6 – Eflorescências pulverulentas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV. 243

Quadro 6.7 – Minerais de sais solúveis identificados por MEV em amostras de desagregação granular, placas e plaquetas da *loggia* do rés-do-chão e da Porta das Chagas. 264

Quadro 8.1 – Estudo económico. 279

Quadro A1.1 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 58.1. 307

Quadro A1.2 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 58.2. 308

Quadro A1.3 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 58.3. 309

Quadro A1.4 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 59.1. 310

Quadro A1.5 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 59.2. 311

Quadro A1.6 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 59.3. 312

Quadro A2.1 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 58.1 315

Quadro A2.2 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 58.2 317

Quadro A2.3 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 58.3 319

Quadro A2.4 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 59.1 321

Quadro A2.5 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 59.2. 323

Quadro A2.6 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 59.3. 325

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

A – Coeficiente de capilaridade correspondente ao aumento de peso por unidade de superfície e unidade de raiz quadrada do tempo calculado através do ensaio de absorção de água por capilaridade – ($g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$);

A_1 – Coeficiente de capilaridade correspondente ao aumento de peso por unidade de superfície e unidade de raiz quadrada do tempo, relacionado com o preenchimento da segunda família de poros no ensaio de absorção de água por capilaridade – ($g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$);

A' – Aumento de peso por unidade de superfície e unidade de raiz quadrada do tempo, relacionado com a difusão na água de bolhas de ar que permaneceram retidas na rede porosa calculado a partir do ensaio de absorção de água por capilaridade – ($g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$);

B – Coeficiente de capilaridade que traduz a progressão da ascensão da franja capilar por unidade de raiz quadrada do tempo calculado através do ensaio de absorção de água por capilaridade – ($cm \times h^{-1/2}$);

CEMUP – Centro de Materiais da Universidade do Porto;

d – Densidade aparente em amostras secas;

d_a – Diâmetro de acesso das principais famílias de fissuras ou poros obtido com o ensaio do porosímetro de mercúrio – (µm);

dW – Variação de peso nos ensaios de absorção de água por capilaridade e de evaporação – (g);

dW/S – Variação de peso por unidade de superfície nos ensaios de absorção de água por capilaridade e de evaporação – ($g \times cm^{-2}$);

DRX – Difracção dos raios X;

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;

L – Altura da franja capilar medida no ensaio de absorção de água por capilaridade – (cm);

LEMC – Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;

MEV – Microscopia Electrónica de Varrimento;

N_{Hg} – Porosidade total invadida pelo mercúrio líquido no ensaio com o porosímetro de mercúrio – (%);

N_M – Macroporosidade correspondente aos poros com diâmetros de acesso superiores a 7,5 µm, obtida no ensaio com o porosímetro de mercúrio – (%);

N_{48} – Porosidade livre às 48 horas obtida em ensaio de embebição com água à pressão e temperatura normais – (%);

N_{μ} - Microporosidade correspondente aos poros com diâmetros de acesso inferiores a 7,5 µm, obtida no ensaio com o porosímetro de mercúrio – (%);

q – Fluxo de evaporação calculado no troço inicial rectilínio no ensaio de evaporação – ($g \times cm^{-2} \times h^{-1}$);

R^2 – Coeficiente de correlação;

S – Secção – (cm^2);

Sc – Saturação crítica determinada no ensaio de evaporação – (%);

t – tempo – (h);

t_{Sc} – Tempo de saturação crítica obtido no ensaio de evaporação – (h);

V – Volume – (cm^3);

W_0 – Peso de um provete seco em estufa a 60°C – (g);

W_{48} – Peso de um provete após 48 horas de embebição em água sobre temperatura e pressão normais – (g).

1 INTRODUÇÃO

1.1. ESTUDOS SOBRE A PATOLOGIA DA PEDRA

O Homem sentiu necessidade, desde os primórdios da civilização, de perpetuar determinados acontecimentos marcantes na história dos povos, das cidades ou de uma família importante. A pedra foi sem dúvida o material de excelência utilizado na construção de edifícios e monumentos dada a sua abundância, propriedades mecânicas e decorativas e, sobretudo, pela sua durabilidade. Monumentos megalíticos, construções funerárias, templos, igrejas e catedrais, palácios e monumentos comemorativos de feitos importantes foram construídos com um ou mais tipos de rochas de natureza por vezes muito diversificada.

Os calcários e arenitos, pela sua grande distribuição à superfície da Terra, foram os dois tipos de rochas mais empregues nas construções. Para além disso, são normalmente rochas relativamente brandas, fáceis de trabalhar pelos mestres pedreiros, permitindo a execução de peças ornamentais muito pormenorizadas e por vezes extremamente delicadas.

O mármore foi amplamente usado por diversos povos, nomeadamente Gregos e Romanos, em palácios e templos, estruturas simultaneamente duráveis e de grande sentido estético, estando muitas vezes associado a uma afirmação de poder económico, social ou político.

As rochas ígneas foram menos aplicadas na construção por serem menos frequentes à superfície do que as rochas sedimentares e por serem mais duras e difíceis de trabalhar. Os basaltos e traquitos empregaram-se principalmente nos templos e construções pré colombianas das civilizações Maia, Asteca e Inca e em arquipélagos de ilhas vulcânicas, designadamente os Açores, Madeira, Canárias e Cabo Verde. Na Europa, o granito foi empregue em regiões simultaneamente com extensos afloramentos deste tipo de rocha e muito distantes de pedreiras de calcários e ou arenitos.

A degradação de edifícios e monumentos ao longo do tempo tem resultado em perdas muitas vezes irrecuperáveis do Património Edificado.

Em consequência da Revolução Industrial no século XVIII e sobretudo no século XX, em particular após a segunda guerra mundial, o aumento do consumo e queima de combustíveis fósseis como o petróleo e seus derivados e o carvão provocou um aumento substancial da poluição atmosférica.

A formação de ambientes muito ácidos em regiões urbanas e/ou industriais em resultado da poluição atmosférica mostrou ser extremamente prejudicial para a maioria dos monumentos construídos com rochas carbonatadas como calcários, mármores e arenitos calcários.

Os primeiros estudos sobre a deterioração da pedra em calcários, arenitos e mármores iniciaram-se na década de sessenta do século XX (Millot *et al*., 1967), mas foi sobretudo nas décadas de setenta e oitenta do mesmo século que se assistiu a um maior incremento destes estudos nos países mais industrializados da Europa, nomeadamente em Itália, França, Reino Unido, Alemanha, Suíça, Bélgica,

Dinamarca e Espanha (Millot e Jeannette, 1975, Beaucourt, 1975, Beaucourt e Jaton, 1975, Arnold, 1976, 1978, 1984, Fassina *et al*, 1976, Zehnder, 1979, Jeannette, 1980, 1981, 1982, Del Monte *et al*., 1981, Fritz e Jeannette, 1981, Fassina *et al*, 1982, Amoroso e Fassina, 1983, Del Monte *et al*., 1984a, 1984b, Zehnder e Arnold, 1984, 1988, 1989, Arnold e Kueng, 1985, Arnold e Zehnder, 1985, 1987, 1988, 1989, Groux, 1986, Del Monte e Sabbionni, 1987, Ordaz e Esbert, 1985, Camuffo, 1988, Camuffo *et al*., 1988, Roekens *et al*., 1988, Bromblet, 1989, Roekens e Van Grieken, 1989, Saaby *et al*., 1989, Tabasso, 1989) e também nos Estados Unidos da América (Feddema e Meierding, 1987) e Israel (Peleg *et al*., 1989), entre outros.

Os estudos sobre a degradação das pedras graníticas nas edificações só apareceram um pouco mais tarde em consequência de vários factores. Os monumentos graníticos situam-se em zonas mais periféricas da Europa com menores recursos destinados à investigação científica como o Norte e Centro de Portugal, Irlanda, Bretanha, Galiza e região de Madrid. Os investigadores consideravam ainda que o granito era um material de construção eterno em virtude da sua elevada resistência à compressão e baixa porosidade.

Em Portugal, os primeiros trabalhos sobre a patologia da pedra surgiram na década de setenta e oitenta do século XX, incluindo a caracterização e mecanismos de formação dos diversos tipos de deteriorações, o diagnóstico do estado de conservação da pedra e técnicas e metodologias de manutenção, conservação, protecção e reabilitação da pedra. (designadamente Castro, 1974, 1977, 1979a, 1979b, 1981, 1983, 1985, 1988, Delgado Rodrigues, 1978, 1991, Delgado Rodrigues e Gil Saraiva, 1985, Castro *et al*., 1985, 1987, 1988, 1990a, 1990b, 1991a, 1991b, Castro e Cravo, 1987, Castro e Delgado Rodrigues, 1987, 1989a, 1989b, Delgado Rodrigues e Castro, 1989, 1990, Aires-Barros, 1991).

No entanto, os estudos sobre a patologia da pedra em granitos tiveram maior impulso em finais da década de oitenta e principalmente na década de noventa em resultado das investigações desenvolvidas no âmbito dos projectos europeus STEP CT900101, CT900107, CT900110 que incidiram essencialmente sobre o diagnóstico do estado de conservação da pedra em monumentos e edifícios graníticos do Norte de Portugal (nomeadamente Sequeira Braga *et al*., 1993, Begonha e Sequeira Braga, 1993, 1994, 1995, 1996a, 1996b, 2000, Alves *et al*., 1993, Alves e Sequeira Braga, 1993, 1994, 1995, 1996, Begonha *et al*., 1994, Begonha *et al*., 1995, 1996, Sequeira Braga *et al*., 1996, Alves *et al*., 1996, Begonha, 1997, Alves, 1997), Sul de Portugal (Delgado Rodrigues, 1993a, 1993b, 1993c, 1996, Ferreira Pinto, 1993, Delgado Rodrigues *et al*., 1994, Ferreira Pinto *et al.*, 1994, Schiavon *et al*., 1994, 1996, Delgado Rodrigues *et al*., 1996, Rosa, 1996), Galiza (Casal Porto, 1989, Casal Porto *et al*., 1989, Casal Porto *et al*., 1991, Casal Porto *et al*., 1992, Silva Hermo *et al*., 1994, Rivas Brea *et al*., 1994, Silva Hermo *et al*., 1996a, Silva Hermo *et al*., 1996b), região de Madrid (Vicente *et al*., 1993, Fort *et al*., 1995, Vicente, 1996), Bretanha (Bernabé *et al*., 1995, Robert *et al*., 1996, Bernabé *et al*., 1996) e Irlanda (Cooper, 1989, 1993, 1994, Cooper *et al*., 1991, Haneef *et al*., 1991, Smith *et al*., 1993, O´Brien *et al*., 1993, Warke e Smith, 1994, Duffy e Perry, 1994, Jones *et al*., 1996, Young *et al*., 1996).

Mais recentemente, Freitas *et al.*, 1997, Teles e Begonha, 1999, Delgado Rodrigues, 2000, Begonha, 2000, 2001, 2002a, 2002b, 2002c, 2002d, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2004a, 2004b, 2005, 2006, 2008, 2009a, 2009b, 2009c, 2010, 2011a, 2011b, 2012, Delgado Rodrigues e Costa, 2000, Begonha e Teles, 2000, Oliveira, 2001, Ferreira, 2004, Malheiro *et al*., 2004, Moutinho, 2005, Freitas *et al*, 2005, Fojo, 2006, Begonha e Fojo, 2006, 2008, Costa 2007, Costa Leite, 2008, Cardoso, 2008, Bré, 2008, Madureira, 2008, Oliveira, 2008, Costa *et al.*, 2008, Begonha e Moutinho, 2008, Pinho *et al.*, 2009, Sousa, 2009, Resende, 2010, Sequeira Braga e Begonha, 2010, Begonha e Pinho, 2010a, 2010b, Begonha *et al.*, 2010, Sousa e Begonha, 2010a, 2010b, Castro, 2010, Begonha e Novais, 2011, Bré e

Begonha, 2011, Madureira e Begonha, 2011, Slezakova *et al,*. 2011, Begonha *et al.,* 2011 e Begonha e Silva, 2012, por exemplo, realizaram diversos estudos sobre o diagnóstico do estado de conservação da pedra e/ou o tratamento da mesma em monumentos e edifícios graníticos portugueses.

1.2. O EDIFÍCIO DO HOSPITAL DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

1.2.1. A NECESSIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UM HOSPITAL

A primeira confraria da Misericórdia foi fundada em Lisboa no ano de 1498 a pedido da rainha D. Leonor, com o objectivo de prestar auxílio e assistência aos pobres e aos doentes. Rapidamente, a Misericórdia se alastrou por todo o reino e pelos territórios ultramarinos e todos os municípios desejavam fundar uma instituição de caridade igual. Esta rápida difusão deveu-se ao facto de o modelo de irmandade apresentado fornecer às populações diversas vantagens, uma vez que a Coroa protegia as instituições locais da Misericórdia, dando-lhes privilégios. Viana da Foz do Lima promoveu a fundação de uma irmandade da Misericórdia na primeira metade do século XVI, em 1521. (Alves, 1987, Oliveira, 2002 e Instituto de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico, IGESPAR).

Segundo Oliveira (2002), através da consulta do Livro das Escrituras de Aforamento da Mizericórdia de Viana, em 1506 a população requereu ao rei D. Manuel a união, num só, dos dois hospitais que na altura existiam na vila, uma vez que o hospital concelhio estava muito degradado. O pedido foi aceite e os dois hospitais foram reunidos por ordem régia.

De acordo com a mesma autora, apesar de em meados do século XVI a irmandade da Misericórdia se encontrar já em pleno funcionamento, persistia ainda o problema da falta de um edifício onde pudesse ser prestada assistência hospitalar. Nos quinze anos seguintes, a irmandade terá conseguido alguns espaços para ambulatório todavia, eram espaços temporários e em más condições de conservação.

Deste modo, na década de oitenta, a Misericórdia de Viana decidiu dar início à construção de um hospital situado no Campo do Forno, actual Praça da República.

Conforme Oliveira (2002) e Pinho (2004), a obra de edificação do Hospital das Chagas da Misericórdia de Viana da Foz do Lima iniciou-se em 1585 com a abertura das fundações e concluiu-se em 1594. De facto, o Livro de Receita e Despesa da Mizericórdia de Viana de 1588 refere que "*no dito dia sellança mais 1 despesa ao p^{dor} quatro centos de $\overline{re}$ deu aos padres da capela por oficiar a misa segunda-feira quinze de mayo $\bar{q}$ sedise ao llançar da p^{ra} pedra nos alliceços do espritall das Chaguãs $\bar{q}$ a Casa faz*" (Arquivo Distrital de Viana do Castelo, Livro de Receita e Despesa 1588, fl 89 v^{o}). Já o Livro da Receita e Despesa dos anos de 1594 e 1595 expõe que "*Domingo onze de dezembro*" (Arquivo Distrital de Viana do Castelo, Livro de Receita e Despesa 1594-1595, fl 82) são pagos os últimos materiais empregues na obra do hospital em que "*sellança mais 1 despeza ao p^{dor} noventa $\overline{re}$ $\bar{q}$ segastarão de pregos pera huas portas $\bar{q}$ se fizeram na llogia da casa do ospritall*" (Arquivo Distrital de Viana do Castelo, Livro de Receita e Despesa 1594-1595, fl 82v)

1.2.1. AUTORIA DO PROJECTO

Apesar de se conhecerem as datas de início e de conclusão da obra, a autoria do projecto permanece, até aos dias de hoje, em dúvida, levando a opiniões distintas por diversos autores.

Pinho (2004) refere que para além de existirem vários autores propostos pelos estudiosos, o processo de escolha do projecto descrito nas actas da Misericórdia conhece várias alterações, o que dificulta a

clara identificação do papel de cada interveniente na obra. Refere ainda que, antes de avançar com uma hipótese, é importante perceber que noções como autor do projecto, executante e mestre-de-obras eram muitas vezes pouco definidas, não podendo ser vistas à luz dos métodos de trabalhos actuais.

Torna-se perceptível que os estudiosos, mesmo unanimemente concordando que são apenas hipóteses, se assentam, como possíveis autores da fachada da Misericórdia, em Fernão Dias (segundo Oliveira (2002) e Pinho (2004), como o preferido por José Rosa Araújo), Mateus Lopes (defendido por Vítor Serrão (2001) e, segundo Oliveira (2002) e Pinho (2004), por Dolores Vila Jato), João Lopes, o Moço, (eleito por Matos Reis, 1989, Fernandes, 1990 e Oliveira, 2002), toda a escola dos Lopes (segundo Oliveira (2002) e Pinho (2004), teoria defendida por Ana Goy Diz) e no provedor da altura, João Jácome de Luna (Soares, 1999).

Importa referir que em Viana da Foz do Lima singrou a escola dos Lopes, família de artistas cujos membros se mantiveram activos durante pelo menos século e meio (Matos Reis, 1989), realizando importantes obras no norte de Portugal e na Galiza. Iniciada por João Lopes, o Velho, seguiram-se os seus três filhos João Lopes, o Moço, Gonçalo Lopes e Mateus Lopes. João Lopes, o Moço (1530-act. 1595), desenvolveu a sua actividade principalmente nas margens do rio Lima, tendo iniciado a sua actividade como mestre em 1559, quando foi chamado a terminar o chafariz de Viana após a morte do pai, tomando o cargo deste. Gonçalo Lopes (1533-1603) foi desenvolvendo a sua profissão sobretudo em Guimarães e Mateus Lopes (1542-1605?) deixou a sua marca na Galiza e no Minho. Na geração seguinte evidenciaram-se Pedro Afonso de Amorim (1562 – 1605) e João Lopes de Amorim (ect. 1603-já fal. 1656) (Matos Reis, 1989 e Ruão, 1996).

Voltando à controvérsia da autoria do projecto do edifício da Misericórdia de Viana, de acordo com Pinho (2004), José Rosa Araújo baseia-se na entrega a Fernão Dias duma suposta taça de prata, registada no dia do lançamento da primeira pedra, para justificar que este tinha sido o mestre da obra. Oliveira (2002), com base em Ana Goy Diz, salienta que era comum a subcontratação de outras oficinas por parte do mestre da obra, sobretudo em empreitadas de grande envergadura. Deste modo, acredita que Fernão Dias seria de facto mestre, mas de um grupo de oficiais que laborava nos estaleiros do hospital sob as ordens de João Lopes, o Moço.

Oliveira (2002) salienta ainda que no Livro de Receita e Despesa dos anos de 1591-1592 há referência a outros pedreiros, como por exemplo, Pêro Francisco, aos quais, juntamente com Fernão Dias, terão sido efectuados pagamentos por trabalharem na obra. Consulta efectuada à folha 34 do referido Livro de Receita e Despesa no Arquivo Distrital de Viana do Castelo, com a participação das técnicas do mencionado Arquivo Distrital, não permitiu confirmar de que Pêro Francisco e Fernão Dias tenham de facto trabalhado no Hospital como pedreiros.

Vítor Serrão (2001) refere que o projecto terá sido apresentado pelo provedor João Jácome de Luna, mas não atribui a ele a sua autoria. Salienta que a abundância de hermes, outras imaginosas figurações e as fiadas de almofadas rusticadas, recordam a arte de Mateus Lopes, na altura considerado um dos melhores artistas de Viana da Foz do Lima e de todo o Noroeste Ibérico. Segundo Oliveira (2002) e Pinho (2004), Dolores Vila Jato afirma que em 1589 Mateus Lopes se deslocou a Portugal, sendo portanto possível o Hospital da Misericórdia ser da sua autoria. No entanto, salienta-se que nesta data o projecto já tinha sido elaborado e as obras estavam em andamento há dois anos, contrariando, por isso, a hipótese de Mateus Lopes ser o autor do projecto.

João Lopes, o Moço, tem sido considerado pela maior parte dos estudiosos como o possível autor do edifício da Misericórdia. De facto, o Livro de Despesa e Receita da Misericórdia de Viana de 1586 refere: «*esta feito assento a João Lopes pedreiro q̄ se fez a vinte nove do mês de setembro de quinhentos e oitenta e sinco pelo qual se obrigou fazer o frontal e arco da entrada do ospital he seus*

sobrados que seade fazer no lugar das cazas q̄ ferão de Martim cazado, a sua image de nosa srã encazamentos pera ella e entavulamento e huma cruz em sima tudo lavrado e muito benfeito per dezoito mil rē» (Arquivo Distrital de Viana do Castelo, Livro de Receita e Despesa 1585-1586, fl. 45v).

Alguns autores, como Carlos Ruão (1996), não consideram ser da autoria de João Lopes, o Moço, a traça da fachada da Misericórdia, alegando uma suposta falta de entendimento do erudito programa iconográfico. Todavia, Oliveira (2002), empenhada em defender João Lopes, refere que o mesmo efectuou a sua formação de mestre arquitecto ao lado do pai (João Lopes, o Velho), nas obras que executava na Foz do Lima, e consolidou-a através da literatura tratadística a que ia tendo acesso. Desta, a primeira obra que provavelmente leu, terá sido a de Diego de Sagredo, Medidas del Romano, tratado que João Lopes, o Velho, estudou e que guardaria na sua biblioteca particular. Ao mudar-se para o Porto para a execução da Serra do Pilar, João Lopes, o Moço, terá contactado com modelos clássicos através do conhecimento de outros artistas.

Oliveira (2002) realça ainda o facto de João Lopes, o Moço, ser o autor da Capela do Santíssimo Sacramento de Viana, uma obra perfeitamente integrada na linguagem maneirista (mesma linguagem do edifício da Misericórdia assumida por vários autores), dando mostras de um conhecimento dos modelos anti-clássicos.

Existe ainda a hipótese, levantada por Ana Goy Diz, de o projecto ter sido obra da escola dos Lopes, situação que era frequente nas obras executadas pelos irmãos. Efectivamente, poderá ter acontecido, mas durante um período limitado, uma vez que a referida viagem de Mateus Lopes a Portugal se deu em 1589 e a obra já estava a decorrer.

Pode-se afirmar que a origem de toda esta controvérsia é a realização, a 13 de Dezembro de 1587, de uma acta que regista os novos planos para o hospital, dando a entender ser o provedor João Jácome de Luna o autor do projecto: «*elle provedor (…) tinha feito huã trasa asi de repartimento das cazas dormitórios casa do consistório como de varandas portais e outras cousas q̄ trazia trasado*» (Arquivo Distrital de Viana do Castelo, «Acordo sobre o principio da obra esprital», Livro dos Acórdãos da Mizericórdia, fls. 46v-47v).

Para Oliveira (2002), esta é uma hipótese inviável, uma vez que, para além da singularidade do projecto, João Jácome de Luna, elemento da burguesia comercial local, não possuía conhecimentos técnicos para elaborar um projecto arquitectónico ou uma obra da envergadura do Hospital da Misericórdia. Além disso, era vulgar os mestres realizarem duas cópias do projecto. Uma para o acompanhamento da obra durante a execução dos trabalhos e outra para o cliente. Por isso, é possível que o Provedor tivesse em sua posse uma cópia do projecto.

Seguindo a hipótese mais amplamente aceite, a execução do projecto terá sido efectuada por João Lopes, o Moço. Em 1585, este mestre é contratado para a edificação de um novo hospital a pedido da Misericórdia. A obra terá sido executada depois de reafirmado contrato com a nova Mesa eleita em 1586, estando a sua oficina a trabalhar no Hospital da Misericórdia entre os anos de 1587 e 1594.

1.2.2. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

Com o intuito de facilitar a descrição do Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo, numeraram-se as colunas das três *loggias* (entenda-se o rés-do-chão e as varandas dos primeiro e segundo pisos) da Fachada Principal de 1 a 6 no sentido Oeste-Este (nas figuras, da esquerda para a direita) e de 1 a 5, no

mesmo sentido, os vãos nas duas *loggias* dos primeiro e segundo andares e os arcos na *loggia* do rés-do-chão.

O Hospital da Misericórdia divide-se em três registos com uma *loggia* no rés-do-chão e duas outras nos primeiro e segundo andares que funcionam como varandas rasgadas em toda a largura do edifício (Figura 1.1).

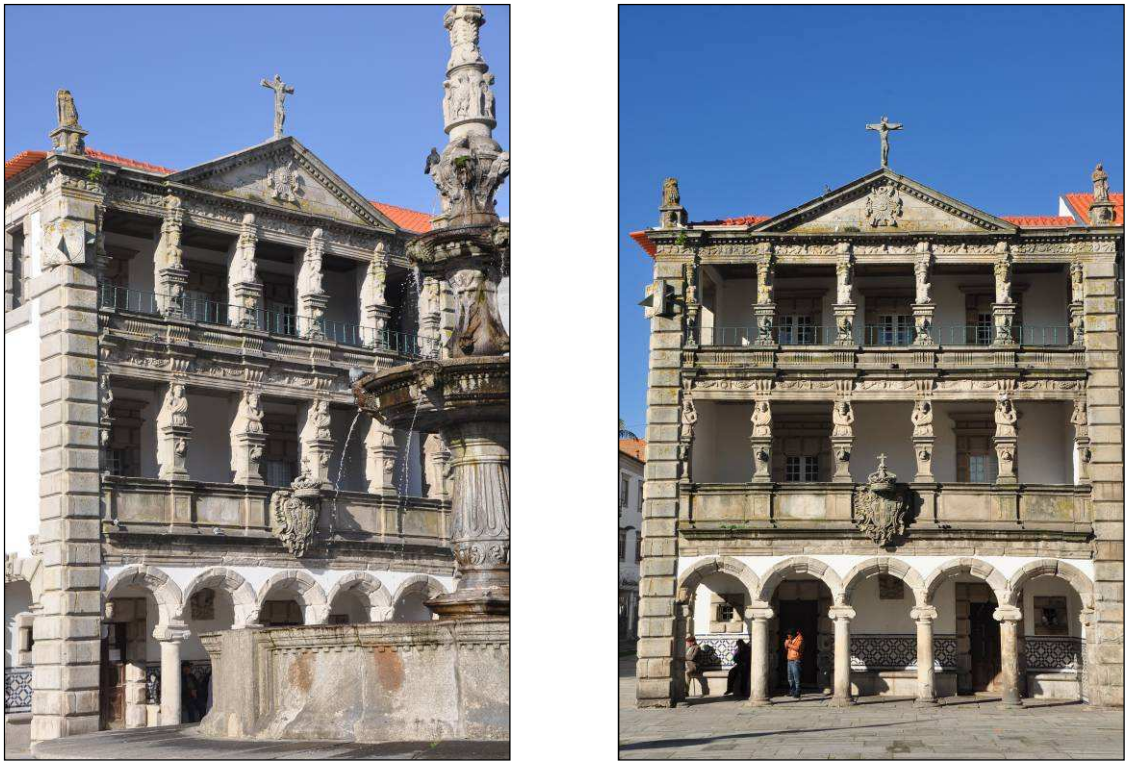


Figura 1.1 – Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo – vistas gerais.

A *loggia* do rés-do-chão é dotada de cinco arcos que assentam sobre colunas jónicas sem grande decoração, apresentando motivos estriados nos enrolamentos dos capitéis. As impostas dos arcos são decoradas com bustos de homens de turbante (o busto da 6ª coluna já não se encontra visível, Figura 1.2f), fazendo alusão ao elemento mourisco (Figura 1.2). No interior da mesma *loggia*, entre as duas portas existentes, insere-se uma *Mater Omnium* (imagem que representa a Virgem Maria), em baixo relevo. O tecto é decorado com florões e motivos em ponta de diamante.

A entrada lateral para a *loggia* do rés-do-chão apresenta-se sob a forma de um arco rusticado, encimado por três figuras antropomórficas, um busto e duas máscaras inseridas em cartelas (Figura 1.3).

Na *loggia* do primeiro andar, as pilastras encerram figuras masculinas representativas de Hermes (deus da religião e mitologia grega, filho de Zeus e da Pleíade Maia), de ar esfíngico, envoltas em panejamentos exibindo a data de execução do frontispício (Figuras 1.4a a 1.4g), estando ladeadas por gárgulas que suportam os capitéis. Efectivamente, nas quatro pilastras centrais, foi gravada a inscrição 1589. Na zona inferior dos fustes, em forma de pirâmide invertida, salientam-se bustos esculpidos em alto relevo com figuras vestidas à época, olhando para baixo ou para os lados (Figuras 1.4h e 1.4i).



a) Coluna 1 b) Coluna 2 c) Coluna 3



d) Coluna 4 e) Coluna 5 f) Coluna 6

Figura 1.2 – *Loggia* do rés-do-chão – Colunata jónica com impostas decoradas com bustos de homens de turbante.

O friso que encima o conjunto do primeiro andar está preenchido com elementos alusivos à Paixão de Cristo.



Figura 1.3 – Portal rusticado de acesso lateral à *loggia* do rés-do-chão.

Existe ainda um brasão heráldico da Santa Casa da Misericórdia de Viana que foi inserido no friso que separa as *loggias* do rés-do-chão e do 1º andar (Figura 1.5).

Na terceira *loggia*, as seis colunas (figuras 1.6a a 1.6f) são decoradas com Cariátides (colunas com a forma de estátuas humanas femininas que suportam todo o peso do entablamento e da cobertura do templo designado de Erectéion), acompanhadas por bustos de figuras da nobreza (Figura 1.6g) trajados de acordo com os costumes da época na parte inferior dos fustes e, lateralmente, por mascarões (Figuras 1.6h e 1.6i). O friso de remate da *loggia* do segundo andar é decorado por figuras humanas rodeadas de florões.

O frontispício é rematado por um frontão triangular, onde se encontra uma representação solar de feições antropomórficas, sendo encimado por uma imagem de Cristo crucificado (Figura 1.7) e pelas figuras da Virgem e de São João (únicos elementos construídos em terracota). Para além destes elementos, a Fachada Principal possui, ao nível do segundo andar, um relógio de Sol.

Nos lados da fachada e no sentido da altura, encontram-se frisos de rusticado almofadado. Nas portas e janelas do interior das diferentes *loggias*, é possível observar o mesmo trabalhado ainda que a escala diferente.


a) Hermes – Coluna 1


b) Hermes – Coluna 2


c) Hermes – Coluna 3


d) Hermes – Coluna 4


e) Hermes – Coluna 5


f) Hermes – Coluna 6


g) Hermes – Coluna 5


h) Medalhão com busto – Coluna 2


i) Busto

Figura 1.4 – *Loggia* do 1º andar – Esculturas de Hermes e bustos nas colunas.



Figura 1.5 – Escudo inserido no friso que separa as *loggias* do rés-do-chão e a do 1º andar.

Na fachada orientada a Ocidente, a Porta das Chagas (Figura 1.8a) apresenta uma estrutura decorativa semelhante à da Fachada Principal, com duas figuras de Hermes (Figuras 1.8b a 1.8e) cujos torsos são decorados com folhagem (Figuras 1.8b e 1.8c) e bustos na zona inferior das pilastras (Figura 1.8f). Sob as duas cornijas foram esculpidos diversos bustos (Figuras 1.8g e 1.8h) e, sobre o arco, inserido um escudo com as Chagas de Cristo (Figura 1.8i). No friso são repetidos os motivos decorativos de florões e figuras antropomórficas que surgem no elemento de remate da varanda.

Segundo Oliveira (2002), os elementos mouriscos que se encontram na *loggia* do res-do-chão simbolizam a alusão ao infiel e ao exotismo das culturas africanas. Este elemento do "mouro" surge na decoração de várias obras da escola dos Lopes como se pode observar, por exemplo, no Chafariz de Viana do Castelo, situado mesmo em frente ao frontispício da Misericórdia.

A *Mater Omnium* representa a Virgem, pairando sobre o crescente lunar, protegendo sobre o seu manto cinco figuras representativas da sociedade vianense.

Ainda de acordo com a mesma autora, na *loggia* do primeiro andar, as pilastras preenchidas com figuras de Hermes são símbolo da escravatura moral ou física. Os bustos dos homens representam possivelmente os irmãos mecânicos da Irmandade.

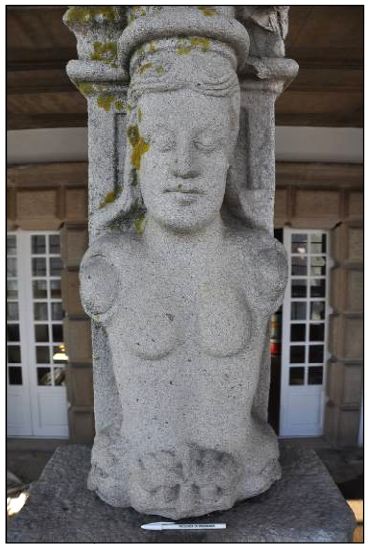
No 2º andar, as Cariátides, símbolos de virtude, são acompanhadas por bustos representando a nobreza vianense que orgulhosamente integrava a Misericórdia e participava activamente na governação da urbe.



a) Cariátide – Coluna 1



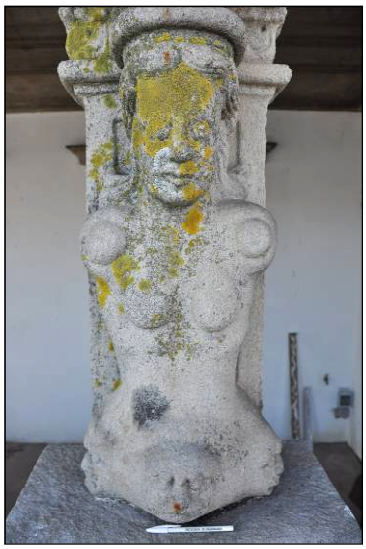
b) Cariátide – Coluna 2



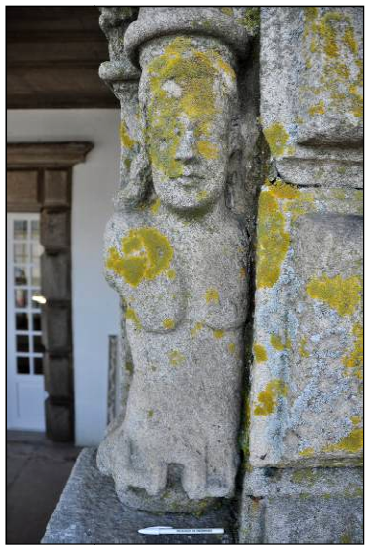
c) Cariátide – Coluna 3



d) Cariátide – Coluna 4



e) Cariátide – Coluna 5



f) Cariátide – Coluna 6



g) Figura da nobreza – Coluna 3



h) Mascarão – Coluna 1



i) Mascarão – Coluna 2

Figura 1.6 – *Loggia* do 2º andar – Cariátides, figuras da nobreza e mascarões nas colunas.

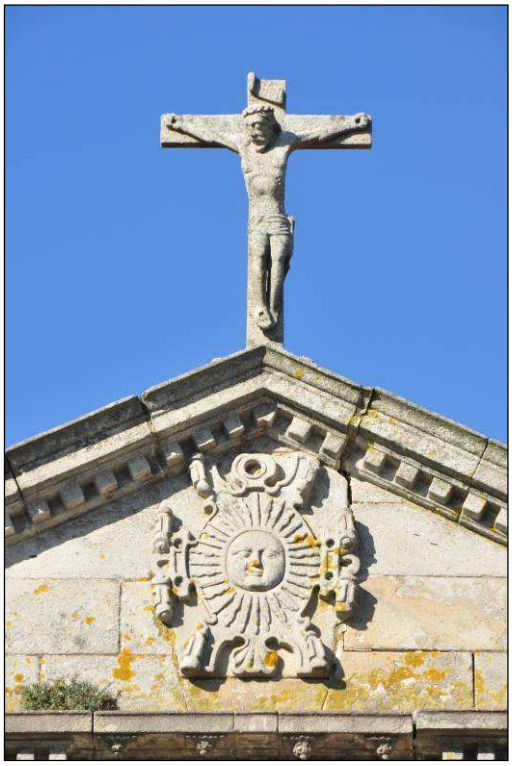


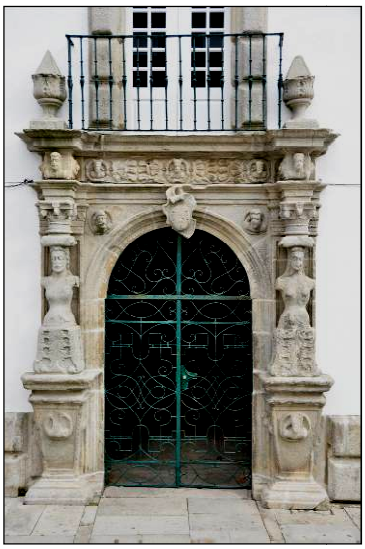
Figura 1.7 – Frontão, Cristo cruxificado e imagem antropomórfica do Sol.

A autora conclui que as *loggias* ou varandas da Misericórdia, para além das evidentes relações com os modelos decorativos utilizados na arquitectura nórdica, são representativas da sociedade de Viana da Foz do Lima, constituindo uma representação pública do grupo que patrocinou a obra.

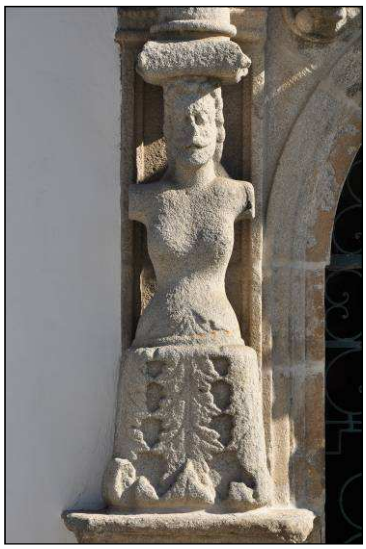
É consensual entre os estudiosos do tema, que o hospital da Misericórdia de Viana da Foz do Lima apresenta um estilo claramente maneirista. Ruão (1996) diz que os dois pilares do maneirismo no Noroeste são o flamenguismo, como programa decorativo, e o italianismo.

As influências italianas e flamengas do Renascimento, segundo Alves (1987), projectaram-se em Portugal devido à extensão do movimento literário, às relações políticas, sociais e religiosas com Itália, ao desenvolvimento das riquezas e da vida cortesã, à vinda de artistas italianos e à ida de artistas peninsulares a Itália. De facto, Viana da Foz do Lima, vila mareante, vivia numa época de intensificação das trocas comerciais, culturais e artísticas, sendo natural que tenham surgido várias influências numa mesma construção "*duma cidade aberta ao mundo pelo seu porto*" (Pinho, 2004, p. 7).

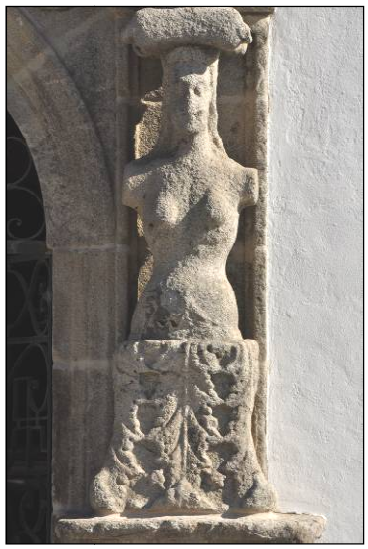
Fernandes (1990) enumera os motivos de influência italiana, nomeadamente, os contidos na *loggia* do rés-do-chão, com arcadas de colunas jónicas, e a composição volumétrica das *loggias* superiores, também denominadas por varandas alpendradas. Como motivos de influência flamenga, refere a ornamentação figurativa na face anterior dos pilares de secção quadrangular, pequenas esculturas adossadas e pedestais invertidos.



a) Porta das Chagas – Vista geral



b) Hermes



c) Hermes



d) Hermes



e) Hermes



f) Busto



g) Busto



h) Busto



i) Brasão com as Chagas de Cristo

Figura 1.8 – Porta das Chagas – Hermes, bustos e brasão com as Chagas de Cristo.

Vários são os autores que consideram que as duas meias colunas dos extremos da *loggia* do rés-do-chão, embebidas em cunhais almofadados, representam uma desarticulação clássica. Para Ruão (1996), demonstra claramente um desentendimento de proporção clássica em que o enorme capitel adquire um cânone monstruoso.

As varandas rasgadas em toda a largura do edifício, são das características mais maneiristas do hospital da Misericórdia e das mais originais estruturas da arquitectura do Noroesre Quinhentista (Pais da Silva, 1996)

Alves (1987) refere que a tradição das varandas porticadas vinha de muito longe na arquitectura religiosa militar e que quase todos os templos românicos ou possuíam, na frente, um alpendre ou, dos lados, galerias porticadas, sobretudo se se tratava de igrejas monasterias. Salienta que o facto de as varandas da Misericórdia de Viana não terem par entre os edifícios civis, militares e religiosos, construídos antes e depois nesta região, leva, como já mencionado, à hipótese da importação de modelos estrangeiros.

A singularidade destas varandas, ou *loggias,* como têm vindo a ser denominadas, rege-se pela ambiguidade espacial que gera. Para Pais da Silva (1996), tal ambiguidade resulta da criação de importantes faixas horizontais de sombra, que sugerem profundidade, e da presença próxima do muro de fundo, que nega essa mesma profundidade: é patente a indeterminação do volume real comportado pelos vãos.

Se, por um lado, as *loggias* são um reflexo dos modelos italianos na arquitectura norte-europeia, a decoração nelas executada é dotada de linguagem flamenguizante, pelas colunas que dão lugar a pedestais invertidos com estátuas adossadas. Esta ornamentação constitui achega da sensibilidade de artistas do Norte da Europa (Pais da Silva, 1996).

Alves (1987) e Pais da Silva (1996) não deixam que passem despercebidos dois dos elementos mais maneiristas do Hospital das Chagas: o frontão e a porta principal (Porta das Chagas).

Pais da Silva (1996) considera uma nova heresia codificada face ao código renascentista a implantação do frontão que remata o frontispício, manifestamente fora de escala em relação à superfície da frontaria, de que existem inúmeros exemplos na arquitectura italiana quinhentista.

Para Ruão (1996), a Porta das Chagas corrompe maximamente o modelo renascentista, uma vez que substitui a ordem clássica por seres irreais, comungando da mesma atitude da fachada e levando ao extremo a licença maneirista.

O edifício da Misericórdia de Viana do Castelo é visto como uma obra-prima europeia, única no país, completamente desligada da evolução tendencial da arquitectura portuguesa da época e aproximando-se das mais «letradas» arquitecturas quinhentistas europeias (Caldas e Gomes, 1990) e uma "*obra emblemática do maneirismo português, um modelo único do desenvolvimento de uma linguagem programática estudada e rigorosamente de perfil anti-clássico"* (Ruão, 1996, p. 167). Serrão (2001, p. 201) considera que o edifício apresenta uma "*linguagem iminentemente flamenga transportada para o granito, concebida quase como uma peça de arquitectura efémera"*.

1.2.3. INTERVENÇÕES NO EDIFÍCIO

Como já mencionado, a construção do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo foi pensada de modo a que este adquirisse funções de um hospital. Assim funcionou durante aproximadamente 390 anos (Fernandes, 1995). Posteriormente, o edifício terá sido intervencionado de modo a integrar o Banco Agrícola Industrial Viannense até aos anos 20 do século XX e, na década de 80 do mesmo século, o centro de Conservação e Restauro da Santa Casa da Misericórdia (Fernandes, 1995). Actualmente, o edifício desempenha as funções administrativas da Misericórdia.

1.2.3.1. A problemática do motivo almofadado

É consensual entre vários autores que o motivo almofadado do Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo é um exemplar grandiloquente da utilização do rusticado em Portugal. Como referido anteriormente, este surge no enquadramento da Fachada Principal (Figura 1.1), em formas rectangulares regulares, nas molduras das portas e janelas das *loggias* e no portal, voltado a Oeste, de acesso à *loggia* do rés-do-chão (Figura 1.3).

Todavia, existe uma controvérsia em torno da execução deste motivo almofadado. Para Ruão (1996), este é um motivo original, talvez executado por Mateus Lopes. Para autores como Fernandes (1990), Soares (1999) (citando Soromenho, 1991) e Oliveira (2002), o rusticado foi executado aquando de um restauro do edifício, em 1716, pelo engenheiro Miguel Vilalobos. Mais acrescenta Oliveira (2002), com base em Soromenho (1991), que do restauro executado por Vilalobos resultaram, para além dos almofadados laterais da Fachada Principal, o entablamento que separa a *loggia* do rés-do-chão da do primeiro andar, o escudo nele embutido e o friso superior da *loggia* do segundo andar. A autora acredita que originalmente a fachada já continha elementos de rusticado, porém de dimensões mais reduzidas.

Também para Soares (1999), a fachada da Misericórdia denuncia uma fase de construção correspondente às *loggias* (estrutura simples) e eventual frontão e outra fase relativa à colagem de elementos decorativos de várias linguagens.

De facto, Vilalobos terá sido contratado para restaurar a igreja da Misericórdia de Viana do Castelo, edifício vizinho do Hospital da Misericórdia. Soares (1999) encontra referência às pilastras almofadas (cunhais) na primeira medição do engenheiro, peça essencial para o controlo do trabalho final e para naturais ajustes com o empreiteiro, citando parte de um documento do Arquivo Distrital de Viana do Castelo: "*Também se medirão os cunhais almofadados que se achou ter feito na parte exterior da igreja que serão cinco, quoatro singellos e hum dobrado*".

Segundo a mesma autora, as obras levaram a que a igreja ordenasse o alçado da rua, através do alinhamento com as *loggias* do Hospital, e a uma integração conseguida, por um lado, através do recurso a cantaria almofadada e, por outro, através da utilização do friso que corre por todo o alçado Sul (pelos edifícios do Hospital e da Igreja da Misericórdia).

Soares (1999) refere ainda que, na sua opinião, Vilalobos desenvolveu algum contributo pessoal, nomeadamente, na pedra de fecho da porta lateral de acesso à *loggia* do rés-do-chão, com a cabeça de um ser estranho, que é semelhante à escultura das *loggias*, não sendo, porém, da mesma época.

Num ponto de vista pessoal, verificou-se que algumas pedras do motivo almofadado, no caso da *loggia* do rés-do-chão, também incluem parte das 1ª e 6ª colunas ou motivos escultóricos das mesmas, levantando algumas dúvidas sobre a execução posterior das duas pilastras almofadadas que ladeiam a

Fachada Principal. Não se exclui a hipótese de o almofadado ter sido esculpido *a posteriori*, fortalecendo assim a hipótese da sua execução ter sido efectuada por Miguel Vilalobos em 1716.

1.2.3.2. Outras intervenções

Em 1776, foi elaborado um álbum intitulado por "*Plantas detudo oque Contem a Mizericordia da Villa de Vianna Tanto pello que pertence aoSeu Plano Como aoSeu Prospecto eElevaçao. Medidas edeleniadas Por Gonçalo Luís da Silva Brandao. anno de MDCCLXXVI*" que faz parte do Arquivo Distrital de Viana do Castelo. Este álbum contém um conjunto de plantas relativas ao Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo. A primeira planta apresenta a localização do edifício da Misericórdia na Praça do Forno, actual Praça da República (Figura 1.9).

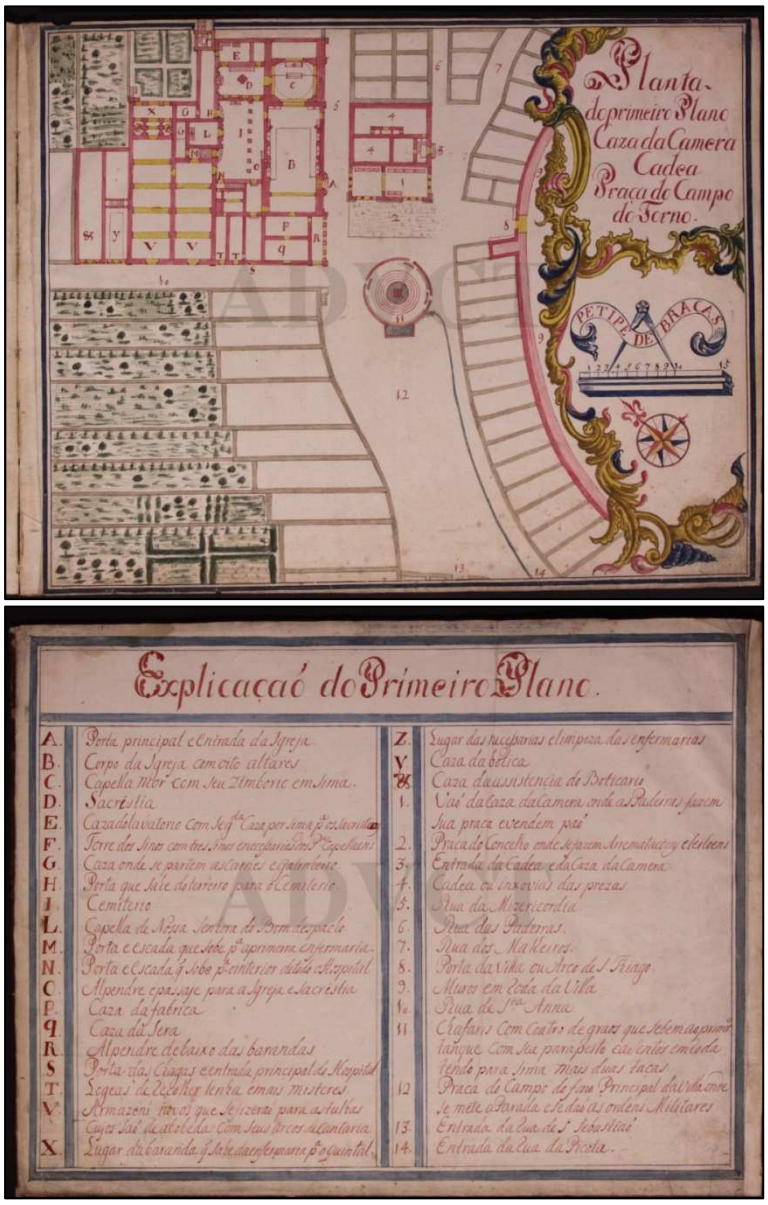


Figura 1.9 – Primeira planta com a localização do Hospital da Misericórdia na Praça do Forno, actual Praça da República – corte horizontal ao nível da *loggia* do rés-do-chão. Álbum das plantas de tudo o que contém a Misericórdia (Arquivo Distrital de Viana do Castelo).

As segunda e terceira plantas correspondem a cortes ao nível das *loggias* dos primeiro e segundo andares (Figuras 1.10 e 1.11, respectivamente). Inclui ainda o alçado da Fachada Principal do Hospital e Igreja da Misericórdia (Figura 1.12) e desenhos do interior da igreja, sacristia e claustro.

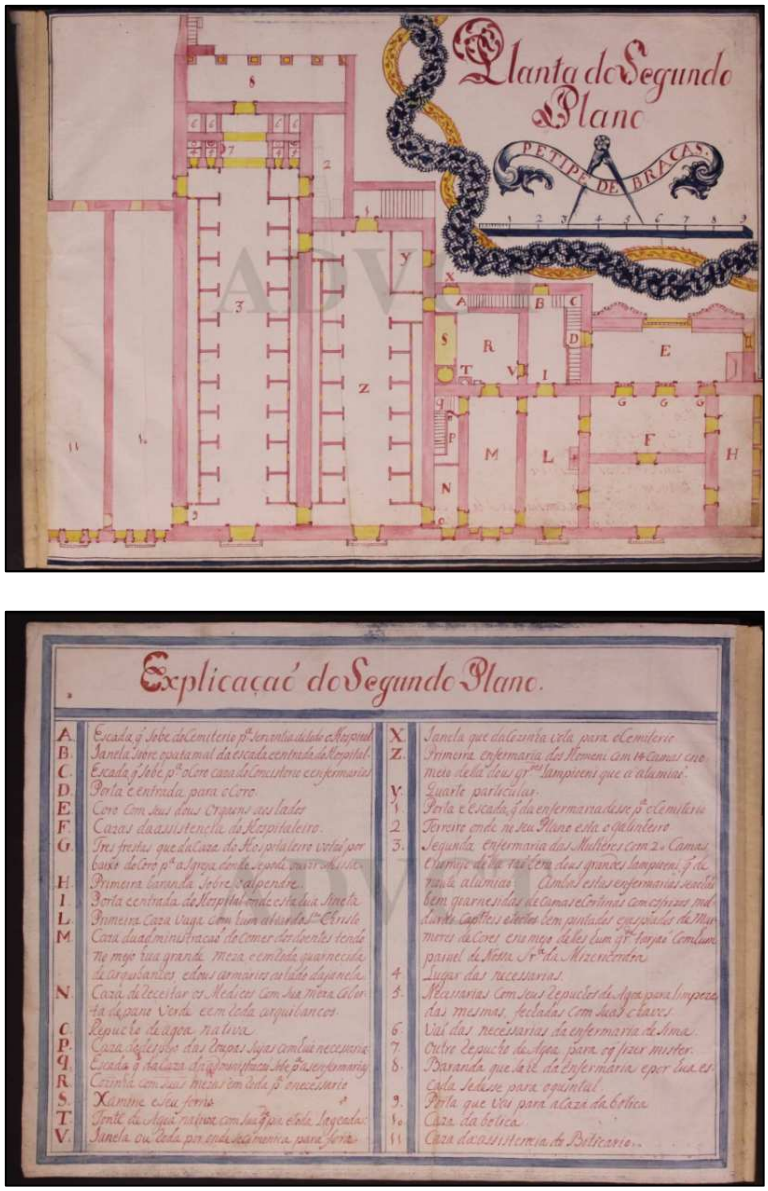


Figura 1.10 – Planta do segundo plano – Corte horizontal ao nível da *loggia* do primeiro andar. Álbum das plantas de tudo o que contém a Misericórdia (Arquivo Distrital de Viana do Castelo).

Observando a Figura 1.9, denota-se que a *loggia* do rés-do-chão (indicada pela letra R com a legenda "*alpendre debaixo das barandas*") é constituída apenas por uma porta. Do mesmo modo, no alçado Sul que engloba o Hospital e a Igreja da Misericórdia de Viana (Figura 1.12), a *loggia* do rés-do-chão apresenta-se com apenas uma porta, ao invés das actuais duas portas e duas janelas. Nas duas restantes *loggias*, as portas encontram-se devidamente representadas. Assim, é possível que o edifício do Hospital tenha sofrido uma intervenção depois do ano de 1776.

Importa salientar que não foi encontrada nenhuma referência relativamente à intervenção em causa na bibliografia consultada. Mais se adianta que Gonçalo Luís da Silva Brandão seria, provavelmente, aluno da Aula de Fortificação, estabelecida em Viana do Castelo por decreto de D. Pedro II, de 20 de Junho de 1701, em que se leccionavam ensinamentos sobre fortificação, estratégia e táctica militares, topografia e levantamento de cartas (Soares, 1999).

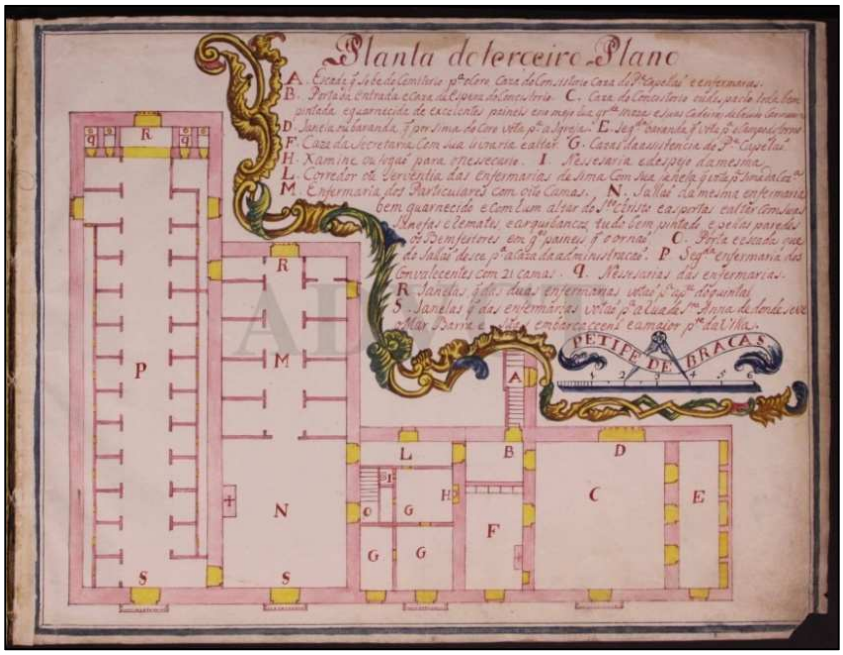


Figura 1.11 – Planta do terceiro plano – Corte horizontal ao nível da *loggia* do segundo andar. Álbum das plantas de tudo o que contém a Misericórdia (Arquivo Distrital de Viana do Castelo).



Figura 1.12 – Alçado Sul dos edifícios do Hospital e da Igreja da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo. Álbum das plantas de tudo o que contém a Misericórdia (Arquivo Distrital de Viana do Castelo).

Outra intervenção terá ocorrido também na *loggia* do rés-do-chão, onde se exibem marcas que denotam a presença de uma vedação em ferro. Observa-se que algumas pedras dos arcos apresentam manchas castanhas avermelhadas que acompanham o eixo dos mesmos num plano horizontal, consequência da oxidação de ferro. Por outro lado, existem lacunas preenchidas com argamassa em pedras onde estaria fixada a vedação. A mesma descrição é possível ser observada em fotografias cedidas pelo Arquivo Municipal de Viana, do ano de 1930 (Figura 1.13).



Figura 1.13 – Marcas de oxidação nos arcos da *loggia* do rés-do-chão. Fotografia nº 39 *Arcadas da Misericórdia* cedida pelo Arquivo Municipal de Viana do Castelo datada de 1930.

Na página "Monumentos" relativa à Misericórdia de Viana do Castelo (Sistema de Informação para o Património Arquitectónico, 2005), encontra-se referência a um pagamento efectuado em 1720 aos "*ferreiros João Fernandes e ao alcunhado de Milhomes talvez pela grade da janela do hospital e uma outra e outro pagamento a Domingos Fernandes pelas grades da Porta das Chagas*". De facto a Porta das Chagas ainda possui a referida grade, todavia não se sabe se o gradeamento da Fachada Principal foi executado na mesma altura. Apenas foram encontradas fotografias datadas entre 1910 e 1930 que mostram a existência do gradeamento a proteger toda a *loggia* do rés-do-chão (Figura 1.14 - Novo, 2008). Este gradeamento terá existido enquanto o Hospital funcionava como dependência do Banco Agrícola Viannense.

O tecto da *loggia* do segundo andar é um fingido executado em betão de modo a parecer granito (Figura 1.15). Visto não ser um material utilizado na época de construção do edifício, terá sido utilizado numa intervenção posterior. Não foi encontrada nenhuma referência a esta particularidade pelo que não foi possível inferir sobre a possível data de intervenção.

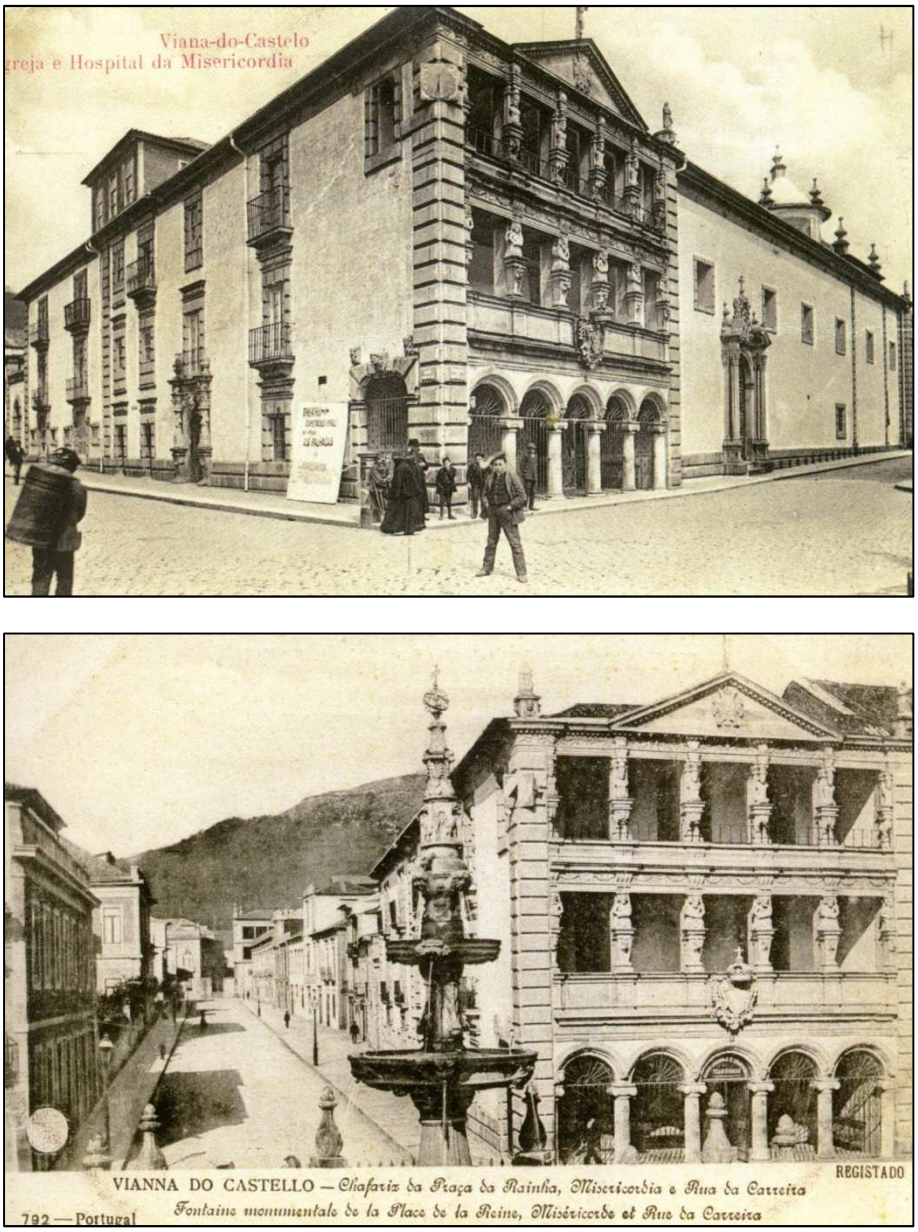


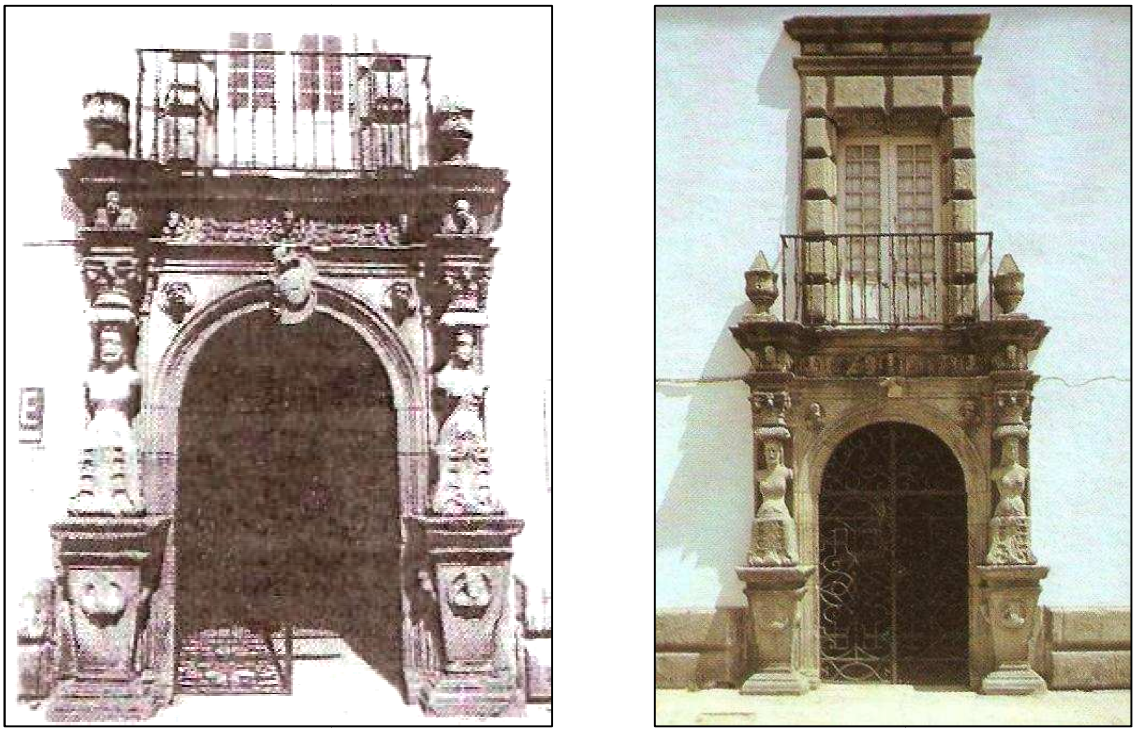
Figura 1.14 – Gradeamento na *loggia* do rés-do-chão. Postais não circulados com fotografias obtidas entre 1910 e 1940 Novo (2008).

As duas estátuas em terracota que encimam o edifício e vários pormenores por toda a Fachada Principal e *loggias* denotam uma, ou várias intervenções possíveis, pela presença de argamassa que envolve as referidas estátuas ou que preenchem lacunas nos pormenores.

A Porta das Chagas também terá sofrido intervenção entre os anos de 1990 e 1996. Actualmente, a Porta das Chagas possui o seu escudo incompleto (Figura 1.8a) todavia, Alves (1987) apresenta no seu livro uma imagem em que o mesmo escudo se mostra completo, tal como evidencia a Figura 1.16a. Pelo contrário, Caldas e Gomes (1990) inserem uma figura da Porta das Chagas cujo escudo é inexistente (Figura 1.16b). Neste período de três anos é provável que tenha ocorrido algum incidente promotor da queda do escudo em causa.



Figura 1.15 – Tecto em betão da *loggia* do 2º andar. (2012-01-06)



a) Escudo completo. Alves (1987). b) Escudo inexistente. Caldas e Gomes (1990).

Figura 1.16 – Porta das Chagas com escudo com as Chagas de Cristo completo ou inexistente.

Ruão (1996), Soares (1999) e Oliveira (2002) divulgam imagens da Porta das Chagas com a sua aparência actual, ou seja, com o escudo parcial. Daqui se depreende, tal como mencionado, que terá ocorrido uma intervenção no escudo da Porta das Chagas entre 1990 e 1996.

É de referir que não se conhecem as datas em que as imagens da bibliografia supramencionada foram fotografadas, assume-se, por isso, que as mesmas datam do ano das respectivas publicações.

1.2.4. NECESSIDADE DE INTERVENÇÃO

Observando o edifício da Misericórdia, verifica-se que, de um modo geral, este se encontra em mau estado de conservação na medida em que é perceptível a alteração da sua imagem original. Com efeito, entre outros aspectos que serão detalhados no Capítulo 3, as colunas da *loggia* do rés-do-chão não se encontram uniformes, os bustos dos capitéis desapareceram ou exibem fortes perdas de material pétreo, arestas e pormenores decorativos perderam-se, existem diversas fissuras e fendas, aplicaram-se argamassas de cimento em juntas e lacunas e as plantas e os líquenes vão cobrindo o edifício.

No entanto, para enfatizar estas alterações e para que se tornem perceptíveis no tempo, apresentam-se algumas figuras das duas primeiras décadas do século XX que contrastam com a imagem actual do edifício.

Salienta-se, por exemplo, o terceiro arco da *loggia* do rés-do-chão. A Figura 1.17a exibe o arco na década de 30 do século XX e, como se verifica, as arestas encontram-se perfeitamente delineadas, aspecto por um lado conseguido com recurso a argamassa. A Figura 1.17b mostra o actual aspecto do arco do rés-do-chão, com as arestas arredondadas devido a perda de material pétreo.



a) Aspecto do arco no ano de 1930. Fotografia nº 35 *Paços do Concelho* cedida pelo Arquivo Municipal de Viana do Castelo.



b) Aspecto actual do arco. (2012-05-31)

Figura 1.17 – Terceiro arco da *loggia* do rés-do-chão.

A observação de fotografias antigas permite ainda demonstrar a existência do busto da 6ª coluna da *loggia* do rés-do-chão bem como a forma, actualmente quase imperceptível, das estátuas da Virgem e de São João que encimam o frontispício (Figura 1.18).



Figura 1.18 – Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo em 1930. Fotografia nº 32 *Praça da República* cedida pelo Arquivo Municipal de Viana do Castelo.

Nas Figuras 1.19 e 1.20, são nítidas as perdas de arestas e pormenores dos bustos da *loggia* do rés-do-chão. O busto de turbante da primeira coluna (Figuras 1.19a e 1.19b) é, talvez, aquele que apresenta menos diferenças, comparando com o seu estado actual, por se encontrar numa zona mais resguardada do vento e da chuva. No busto da segunda coluna, as feições do rosto, os olhos, o nariz e o bigode começam a perder-se (Figuras 1.19c e 1.19d). Na terceira coluna, os elementos decorativos que ladeiam o busto quase perderam a forma e o rosto encontra-se praticamente imperceptível (Figuras 1.19e e 1.19f). O busto da quarta coluna é o caso mais evidente de perda de material, comparando com os restantes bustos do mesmo nível. De facto, denota-se que o busto perdeu o nariz e o "vómito" (Figuras 1.20a e 1.20b). Os olhos, o cabelo e os elementos decorativos mostram-se muito menos nítidos. Na quinta coluna, o busto apresenta-se com as suas feições a desvanecerem (Figuras 1.20c e 1.20d). No caso da sexta coluna (Figuras 1.20e e 1.20f), não se detectam diferenças significativas, uma vez que o busto já havia desaparecido no trabalho de Oliveira (2002).

Assumindo que as fotografias apresentadas nas colunas da direita das Figuras 1.19 e 1.20 foram obtidas no ano de realização da tese de mestrado de Oliveira, ou seja, em 2002, é de salientar a velocidade com que a deterioração e perda de material pétreo dos elementos decorativos da *loggia* do rés-do-chão estão a ocorrer.

É assim evidente a importância de realizar o diagnóstico do estado de conservação da pedra do edifício, perceber as causas do avanço das deteriorações e tentar eliminá-las ou, não sendo possível, tornar os seus efeitos menos prejudiciais e retardá-los no tempo.



a) Busto da 1ª coluna. Oliveira (2002)



b) Busto da 1ª coluna. Aspecto em 2011-11-20.



c) Busto da 2ª coluna. Oliveira (2002)



d) Busto da 2ª coluna. Aspecto em 2011-11-20.



e) Busto da 3ª coluna. Oliveira (2002)



f) Busto da 3ª coluna. Aspecto em 2011-11-20.

Figura 1.19 – Bustos da *loggia* do rés-do-chão.

Aspectos tais como observados em Oliveira (2002) e em 2011-11-20.



a) Busto da 4ª coluna. Oliveira (2002)



b) Busto da 4ª coluna. Aspecto em 2011-11-20.



c) Busto da 5ª coluna. Oliveira (2002)



d) Busto da 5ª coluna. Aspecto em 2011-11-20.



e) Busto da 6ª coluna. Oliveira (2002)



f) Busto da 6ª coluna. Aspecto em 2011-11-20.

Figura 1.20 – Bustos da *loggia* do rés-do-chão.

Aspectos tais como observados em Oliveira (2002) e em 2011-11-20.

Dado o estado de deterioração da pedra e do próprio edifício do Hospital, a Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, através do Senhor Provedor Engenheiro José Vitorino Reis, decidiu pedir um estudo e proposta de intervenção do granito ao Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção da FEUP. Esta dissertação foi, assim, financiada integralmente pela Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo e pela Câmara Municipal de Viana do Castelo.

2
CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA E CARTOGRAFIA DAS LITOLOGIAS

É possível observar no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, dois diferentes tipos de granito.

Com forte predominância, apresenta-se um granito de grão fino, moscovítico, eventualmente com rara biotite, cinzento muito claro, não orientado, com cristais de turmalina não orientados, por vezes de dimensão superior à dos restantes minerais (Figura 2.1).

Em determinadas pedras, observa-se a presença de encraves de cor negra ou cinzenta escura, constituídos essencialmente por minerais ferromagnesianos (Figura 2.1c, 2.1d, 2.2a, 2.2b, 2.2c). Este granito passará a ser referido como granito de grão fino.

O granito de grão fino foi empregue na execução da Fachada Principal, à excepção de número muito reduzido de pedras, e na Porta das Chagas, localizada na fachada lateral, orientada para Oeste.

Com expressão muito inferior surge, em número reduzido de pedras, um granito de grão médio ou médio a grosseiro, de duas micas, essencialmente moscovítico, cinzento claro e não orientado (Figura 2.2d, 2.2e).

Algumas pedras exibem raros encraves de cor negra ou cinzenta escura, essencialmente constituídos por minerais ferromagnesianos, mas de dimensões em geral menores do que os que aparecem no granito de grão fino. Este granito passará a ser referido como granito de grão médio.

As Figuras 2.3 e 2.4 apresentam, à escala 1:50, a cartografia das litologias no alçado exterior da Fachada Principal (Figura 2.3) e nos alçados interiores das *loggias* do rés-do-chão e dos primeiro e segundo andares (Figura 2.4).

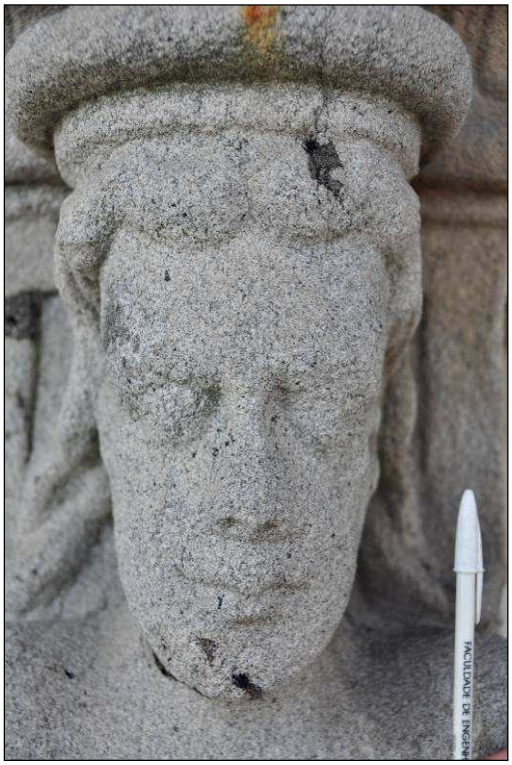
Nas duas figuras, o granito de grão fino aparece representado a branco e o granito de grão médio a vermelho.



a*) Loggia* do rés-do-chão



b*) Loggia* do rés-do-chão – ampliação da Figura 2.1a



c) *Loggia* do 2º andar



d) *Loggia* do 2º andar

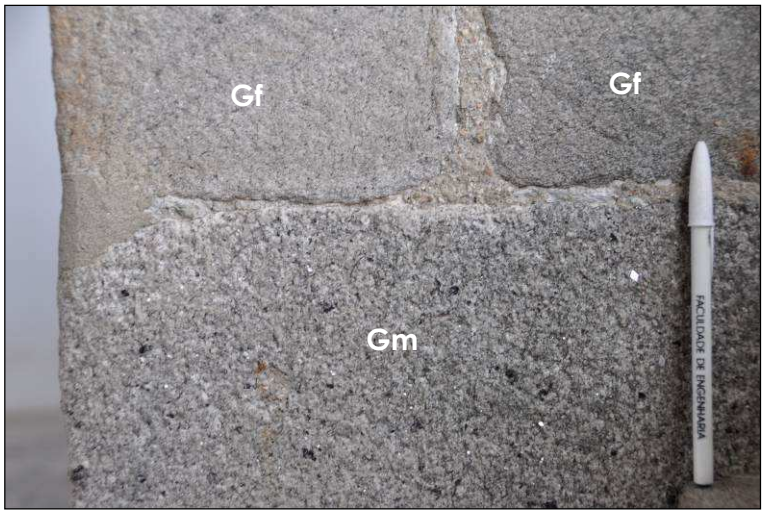
Figura 2.1 – Aspecto macroscópico do granito de grão fino.



a) Granito de grão fino – *Loggia* do 2º andar – ampliação das Figuras 2.1c e 2.1d



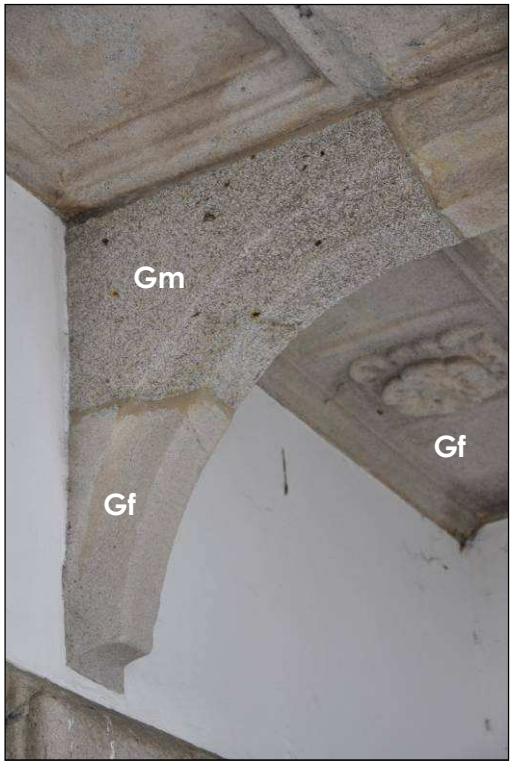
b) Granito de grão fino – *Loggia* do 2º andar



d) Granitos de grão fino (Gf) e de grão médio (Gm) – *Loggia* do 2º andar



c) Granito de grão fino – *Loggia* do 1º andar



e) Granitos de grão fino (Gf) e de grão médio (Gm) – *Loggia* do rés-do-chão

Figura 2.2 – Aspecto macroscópico dos granitos de grão fino e de grão médio.

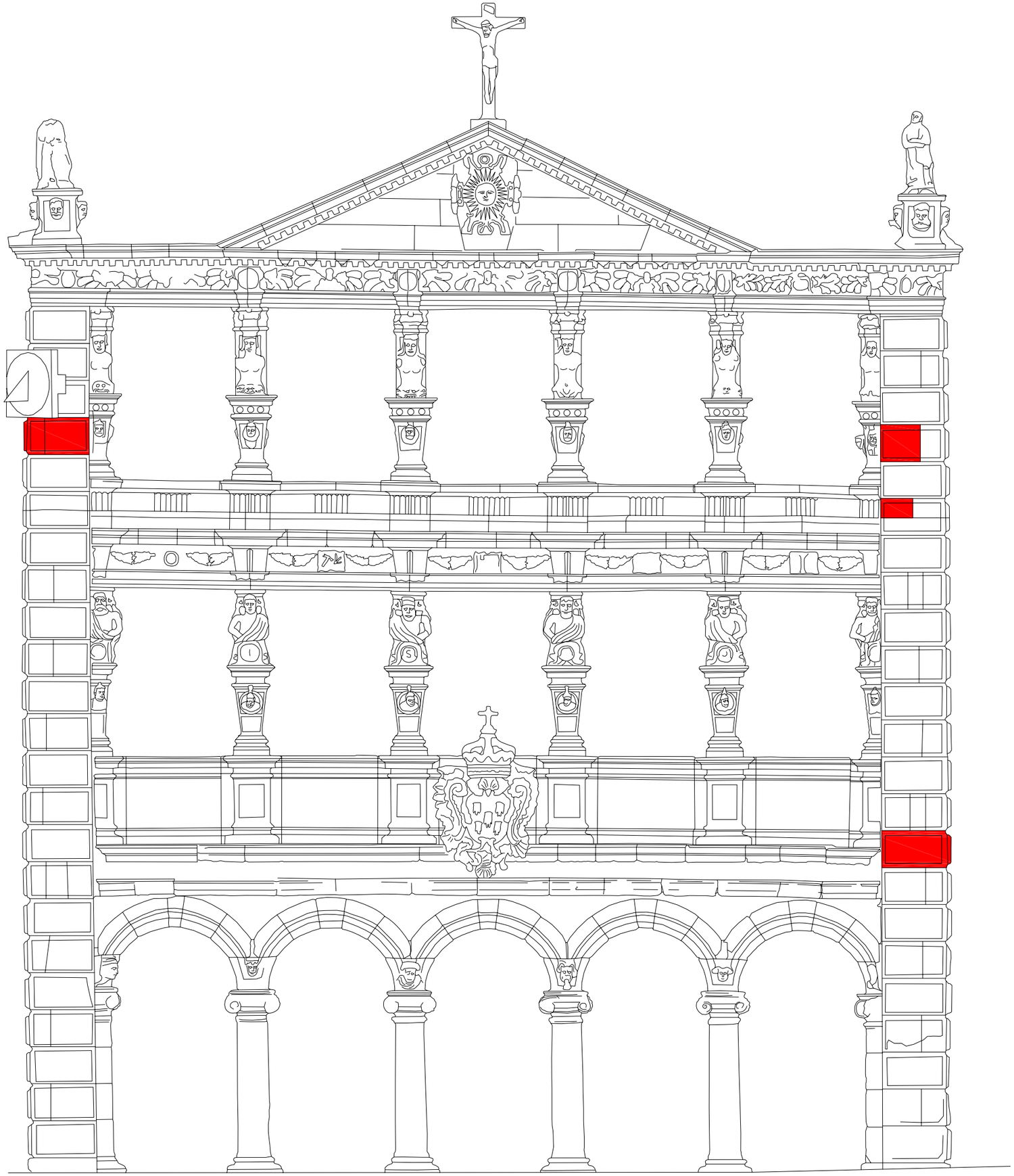


FIGURA 2.3

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

LITOLOGIAS DA FACHADA PRINCIPAL

Granito de grão fino ou fino a médio, moscovítico ou predominantemente moscovítico de cor cinzenta clara

Granito de grão médio ou médio a grosso predominantemente moscovítico de cor cinzenta

ESCALA: 1:50



FIGURA 2.4

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

LITOLOGIAS DOS ALÇADOS INTERIORES DAS *LOGGIAS*

Granito de grão fino ou fino a médio, moscovítico ou predominantemente moscovítico de cor cinzenta clara

Granito de grão médio ou médio a grosso predominantemente moscovítico de cor cinzenta

ESCALA: 1:50

3
CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA E CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES

Neste Capítulo, apresentam-se as formas de deterioração da pedra na Fachada Principal e na Porta das Chagas do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo.

A classificação das deteriorações teve em atenção o Illustrated glossary on stone deterioration patterns do International Council on Monuments and Sites (ICOMOS, 2009).

A descrição de cada uma das deteriorações é acompanhada de figuras que pretendem clarificar o conteúdo do texto.

No Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, observam-se os seguintes tipos de deteriorações e situações a corrigir:

- Desagregação granular;
- Placas;
- Plaquetas;
- Crostas negras;
- Filmes;
- Eflorescências;
- Colonização biológica;
- Fissuras;
- Fendas;
- Elementos destacados;
- Juntas;
- Lacunas;
- Lacunas preenchidas com argamassas de cimento;
- Elementos metálicos não funcionais;
- Guano de pombos.

3.1. DESAGREGAÇÃO GRANULAR

A desagregação granular caracteriza-se pelo aumento da rugosidade das superfícies (Figuras 3.1 a 3.5), devido à presença de grãos minerais salientes, resultantes do desengaste dos grãos por acção das forças de cristalização de minerais de sais solúveis e consequente perda de material.



a) Cristo no topo do frontão

b) *Loggia* do 1º andar – Estátua da 3ª coluna

Figura 3.1 – Desagregação granular – Fachada Principal.

A desagregação granular conduz ao arredondamento das arestas, ao adoçamento das formas e à perda de pormenores de cantarias e esculturas (Figuras 3.1 a 3.5). Em situações de deterioração severas, verifica-se a queda abundante de material de granulometria arenosa pelo simples toque nas superfícies afectadas, originando o recuo da superfície das pedras (Figuras 3.3 b, 3.3c, 3.3d, 3.4 e 3.5).

A desagregação granular aparece normalmente associada a áreas com as seguintes características:

- Zonas húmidas não lixiviadas, localizadas nas áreas submetidas à ascensão por capilaridade de soluções salinas, a partir do pavimento/solo sobretudo nos capitéis das colunas (Figuras 3.4a, 3.4b) e nos arcos da *loggia* do rés-do-chão (Figuras 3.4c, 3.4d e 3.5);

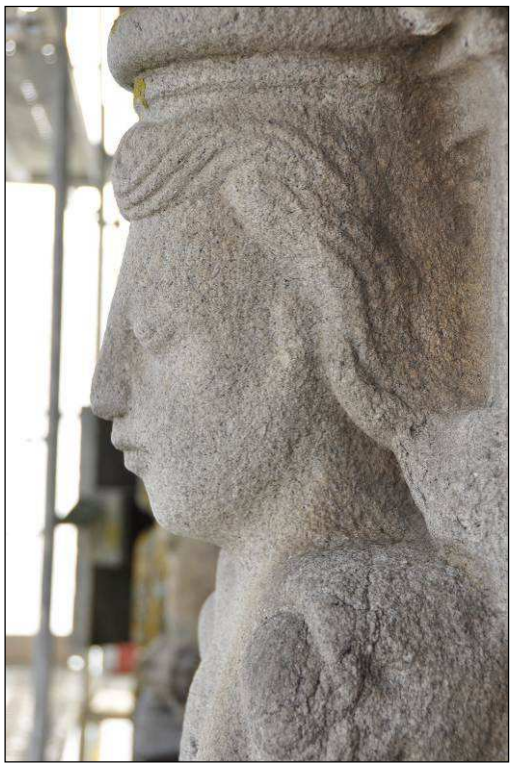
- Zonas expostas, sobretudo orientadas para os ventos de Sul (Figuras 3.1, 3.2a e 3.2b) e Sudoeste associados a episódios de precipitação (Figuras 3.2c, 3.2d e 3.3a);

- Zonas húmidas não lixiviadas, localizadas nas portas das *loggias* dos primeiro e segundo andares submetidas à ascensão por capilaridade de soluções salinas a partir dos respectivos pavimentos (Figura 3.3b).

Os capitéis das colunas (Figuras 3.4a e 3.4b) e os arcos da *loggia* do rés-do-chão (Figura 3.4c, 3.4d e 3.5) são as zonas onde a desagregação granular é mais intensa e onde a perda de material é mais significativa, com recuo da superfície pétrea que pode atingir cerca de 10 cm em determinados pontos, dando origem a lacunas.



a) *Loggia* do 2º andar – Estátua da 3ª coluna



b) *Loggia* do 2º andar – Estátua da 2ª coluna



c) Fachada Oeste – Arco junto à Fachada Principal



d) Porta das Chagas

Figura 3.2 – Desagregação granular – Fachada Principal e Porta das Chagas.



a) Fachada Principal – *Loggia* do 2º andar



b) Fachada Principal – *Loggia* do 2º andar



c) Porta das Chagas

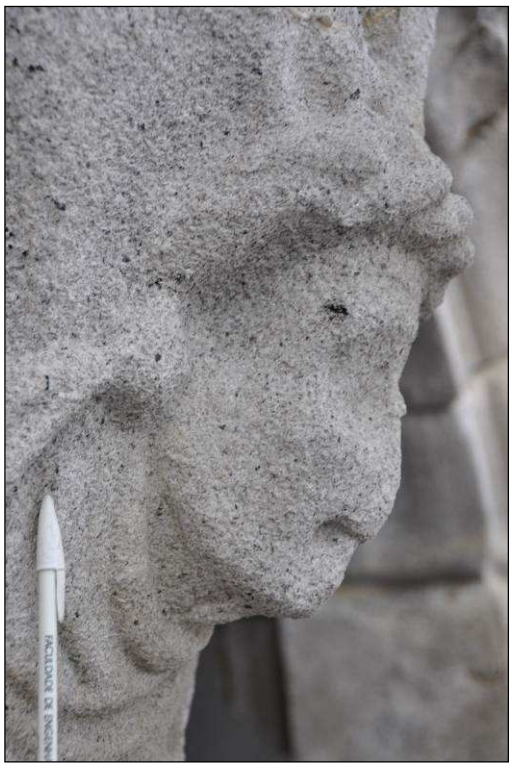


d) Porta das Chagas

Figura 3.3 – Desagregação granular – Fachada Principal e Porta das Chagas.



a) Fachada Principal – *Loggia* do rés-do-chão – Capitel da 2ª coluna



b) Fachada Principal – *Loggia* do rés-do-chão – Capitel da 3ª coluna



c) *Loggia* do rés-do-chão – 1ºarco



d) *Loggia* do rés-do-chão – 4ºarco

Figura 3.4 – Desagregação granular – Fachada Principal.



a) *Loggia* do rés-do-chão – 1ºarco



b) *Loggia* do rés-do-chão – 4ºarco



c) *Loggia* do rés-do-chão – 4ºarco

Figura 3.5 – Desagregação granular – Fachada Principal.

3.2. PLACAS

As placas acompanham a superfície exterior das pedras, sendo delimitadas por duas superfícies paralelas, planas nos silhares (Figura 3.6a), curvas irregulares como nas estátuas (Figura 3.6b) e coroas cilíndricas nas colunas (Figuras 3.7 e 3.8), como exemplo. Cobrem frequentemente várias centenas de centímetros quadrados da superfície da pedra (Figuras 3.7 e 3.8).



a) Placa com filme castanho claro na superfície. Frontão – Fachada Principal.



b) *Loggia* do 1º andar – Estátua da 2ª coluna

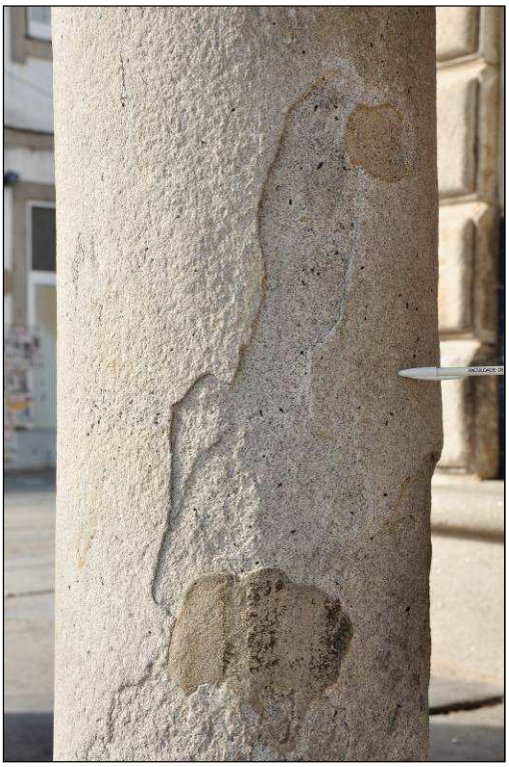
Figura 3.6 – Placas – Fachada Principal.

Constituem formações pouco espessas relativamente ao comprimento e largura. A espessura varia desde 1 mm a 2 mm (Figura 3.6a), usualmente entre 4 mm e 6 mm (Figuras 3.6b, 3.7a e 3.7b), atingindo entre 15 mm e 21 mm nas colunas 2 e 4 da *loggia* do rés-do-chão (Figuras 3.7c e 3.8) onde esta deterioração tem expressão significativa. Exibem quase sempre uma resistência mecânica apreciável apesar da sua pequena espessura.

No rés-do-chão, as placas desenvolvem-se até uma altura de cerca de 0,80 metros acima do pavimento na zona sujeita à ascensão por capilaridade de soluções salinas a partir do pavimento/solo, estando orientadas para qualquer dos quatro quadrantes.



a) *Loggia* do rés-do-chão – 4ª coluna



b) *Loggia* do rés-do-chão – 2ª coluna



c) *Loggia* do rés-do-chão – 2ª coluna

Figura 3.7 – Placas – Fachada Principal.

Durante a sua evolução, as placas vão progressivamente destacando-se da pedra, acabando por se separar e cair, deixando cicatrizes facilmente reconhecíveis (Figuras 3.6 a 3.8). Por vezes, aparecem mais do que uma geração de placas, isto é, forma-se uma nova placa após a queda da placa anterior (Figuras 3.7b, 3.8d).

Após a queda das placas de maior espessura nas colunas da *loggia* do rés-do-chão, foram aplicadas, em alguns casos, argamassas de cimento para reestabelecer a volumetria original (Figuras 3.7b, 3.7c e 3.8c).



a) *Loggia* do rés-do-chão – 4ª coluna



b) *Loggia* do rés-do-chão – 4ª coluna



c) *Loggia* do rés-do-chão – 2ª coluna



d) *Loggia* do rés-do-chão – 4ª coluna

Figura 3.8 – Placas – Fachada Principal.

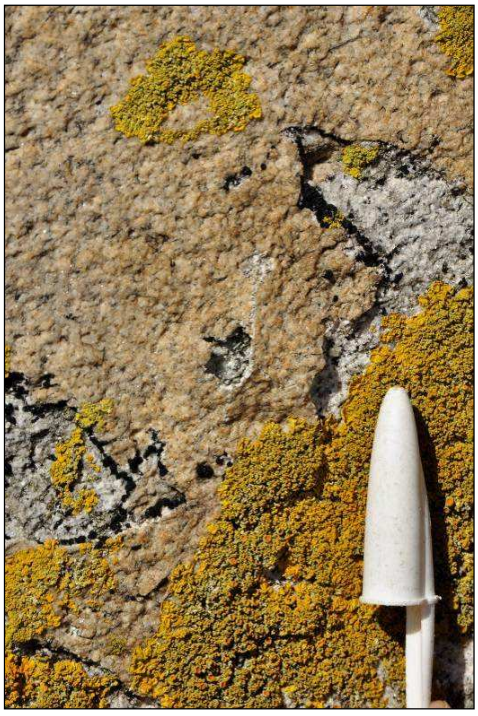
A face interior da placa (voltada para o interior da pedra) e a zona da pedra de onde as mesmas se destacaram apresentam, normalmente, material pulverulento e desagregação granular.

A face exterior de algumas placas apresenta-se revestida por filmes de cor castanha clara (Figura 3.6) ou por filmes castanho escuros (Figuras 3.6a, 3.7c e 3.8).

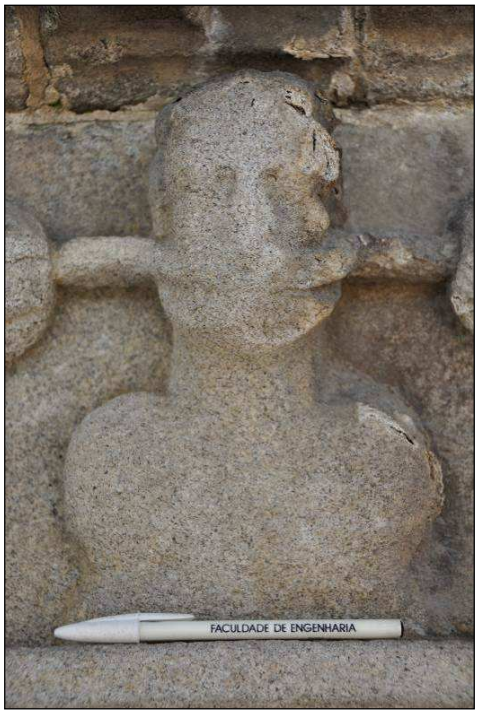
As placas resultam da cristalização de minerais de sais solúveis no interior das pedras segundo um plano paralelo à superfície das mesmas.

3.3. PLAQUETAS

As plaquetas aparecem na generalidade da Fachada Principal desde o frontão até ao rés-do-chão (Figuras 3.9 a 3.11). Caracterizam-se por acompanharem a superfície exterior das pedras, sendo limitadas por duas superfícies paralelas, em geral não muito bem definidas. Estendem-se habitualmente por áreas inferiores a um centímetro quadrado, podendo atingir alguns centímetros quadrados. Constituem formações pouco espessas, não ultrapassando normalmente 1 a 3 mm. As plaquetas são quase sempre pouco duras e pouco compactas. Apresentam-se usualmente afectadas por desagregação granular, pelo que a sua resistência mecânica é muito baixa.



a) Frontão – Superfície exterior revestida por um filme castanho claro e líquenes



b) Friso entre o Frontão e a *loggi*a do 2º andar

Figura 3.9 – Plaquetas – Fachada Principal.

Durante a sua evolução, as plaquetas vão progressivamente destacando-se da pedra, acabando por se separar e cair, deixando cicatrizes facilmente reconhecíveis que alternam com zonas onde as plaquetas estão já destacadas mas ainda não caíram (Figuras 3.9 a 3.11).

A face interior da plaqueta (voltada para o interior da pedra) e a zona da pedra de onde a mesma se destacou apresenta, normalmente, material pulverulento e desagregação granular.



a) Frontão – Superfície exterior revestida por um filme castanho claro

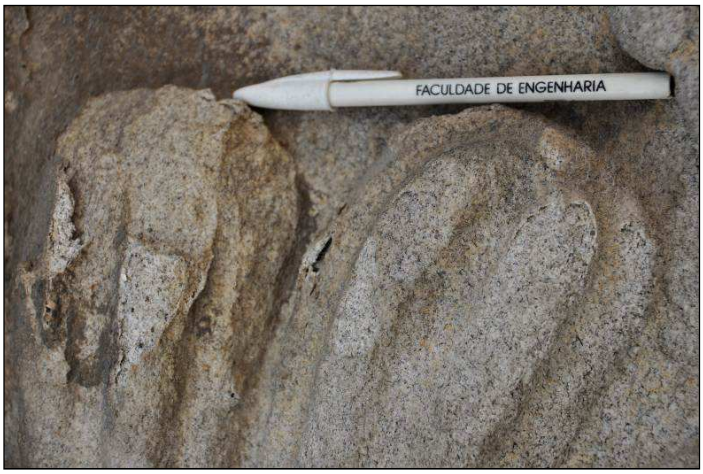


b) Cornija abaixo do Frontão



c) Friso entre o Frontão e a *loggia* do 2º andar

Figura 3.10 – Plaquetas – Fachada Principal.



a) Friso entre o Frontão e a *loggia* do 2º andar



b) *Loggia* do 2º andar



c) Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares



d) Friso entre as *loggias* do 1º andar e a do rés-do-chão



e) Friso entre as *loggias* do 1º andar e a do rés-do-chão

Figura 3.11 – Plaquetas – Fachada Principal.

A face exterior de algumas plaquetas apresenta-se revestida por filmes de cor castanha clara (Figuras 3.9a e 3.10a).

Na *loggia* do rés-do-chão, as plaquetas aparecem sempre a cotas superiores às das placas na zona sujeita à ascensão por capilaridade de soluções salinas a partir do pavimento/solo. Frequentemente associam-se à desagregação granular de intensidade forte nas zonas não directamente orientadas para a chuva, designadamente nos capitéis das colunas e nas superfícies inferiores das pedras que formam os arcos.

As plaquetas resultam da cristalização de minerais de sais solúveis no interior das pedras segundo um plano paralelo à superfície das mesmas.

3.4. CROSTAS NEGRAS

As crostas negras aparecem em quantidades algo significativas em determinados pontos do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo.

Apresentam cor cinzenta escura ou negra, pequena espessura, em geral inferior a 2 mm (Figuras 3.12 e 3.13) e, em algumas situações, superfície com formas dendríticas (Figuras 3.12a e 3.13a), habituais em crostas negras espessas existentes noutros monumentos como o Hospital de Santo António (Begonha, 1997, 2001), a Igreja de Nossa Senhora da Lapa (Begonha, 2005) e o Mosteiro da Serra do Pilar (Madureira, 2008). Não são formadas por fragmentos das pedras de granito, mas por gesso e depósitos que cobrem as superfícies das mesmas.



a) Superfície inferior da cornija situada abaixo do frontão

b) Metade inferior do friso que separa as *loggias* dos 1º e 2º andares

Figura 3.12 – Crostas negras – Fachada Principal.



a) Superfície inferior da cornija situada abaixo do frontão



b) Superfície inferior do arco da Fachada Oeste junto à Fachada Principal



c) Superfície inferior do arco da Fachada Oeste junto à Fachada Principal

Figura 3.13 – Crostas negras – Fachada Principal.

Formam-se em locais em que a água da chuva molha a pedra por transferência capilar e em que simultaneamente estão protegidos da acção directa da chuva, designadamente sob zonas salientes como as cornijas (Figuras 3.12 e 3.13a) e na superfície inferior do arco da Fachada Oeste ao lado da Fachada Principal (Figuras 3.13b e 3.13c).

Na Fachada Principal, as crostas negras são mais abundantes sob as duas cornijas que encimam o frontão, sob a cornija existente abaixo do frontão (Figuras 3.12a e 3.13a), sob a existente a meio do friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares (Figura 3.12b) e, ainda, sob a que se situa a meio do friso entre as *loggias* do 1ª andar e a do rés-do-chão.

Nas pedras com desagregação granular muito intensa, designadamente as superfícies inferiores dos arcos do rés-do-chão da Fachada Principal, não se formam crostas negras dado que a perda de material pétreo é contínua, não permitindo a concentração e permanência das partículas e dos compostos químicos ligados à poluição atmosférica.

As crostas negras estão associadas à poluição antropogénica do ar, sendo basicamente constituídas por gesso, cinzas volantes carbonosas porosas e uma grande variedade de compostos orgânicos resultantes da queima incompleta dos combustíveis fósseis carvão e petróleo.

3.5. FILMES

Os filmes são películas de coloração acastanhada escura (Figura 3.14) ou clara (Figura 3.15), sem espessura visível a olho nu, que recobrem colunas da *loggia* do rés-do-chão (Figura 3.14) e algumas placas (Figura 3.15) e plaquetas, como por exemplo no frontão.



a) Filmes de cor castanha escura formados sobre as colunas da *loggia* do rés-do-chão



b) Filmes de cor castanha escura formados sobre a 5ª coluna da *loggia* do rés-do-chão

Figura 3.14 – Filmes – Fachada Principal.



Figura 3.15 - Filme castanho claro formado sobre placa no frontão.

No monumento, os filmes não têm a aparência dos filmes negros associados a zonas com elevados índices de poluição antropogénica do ar como sucede em edifícios e monumentos graníticos da cidade do Porto como o Palácio do Freixo (Teles e Begonha, 1999, Begonha e Teles, 2000), o Hospital de Santo António, a Igreja do Carmo e a Torre dos Clérigos (Begonha, 1997, 2001), a Igreja de Nossa Senhora da Lapa (Begonha, 2005), o Edifício da Câmara Municipal do Porto (Freitas *et al.*, 2005), o Mosteiro da Serra do Pilar (Madureira, 2008) e a Igreja da Venerável Ordem Terceira de São Francisco (Oliveira, 2008). Deverão estar associados a actividade biológica.

3.6. EFLORESCÊNCIAS PULVERULENTAS

As eflorescências definem-se como o desenvolvimento de cristais de sais solúveis sobre a superfície de meios porosos, designadamente pedras graníticas e argamassas.

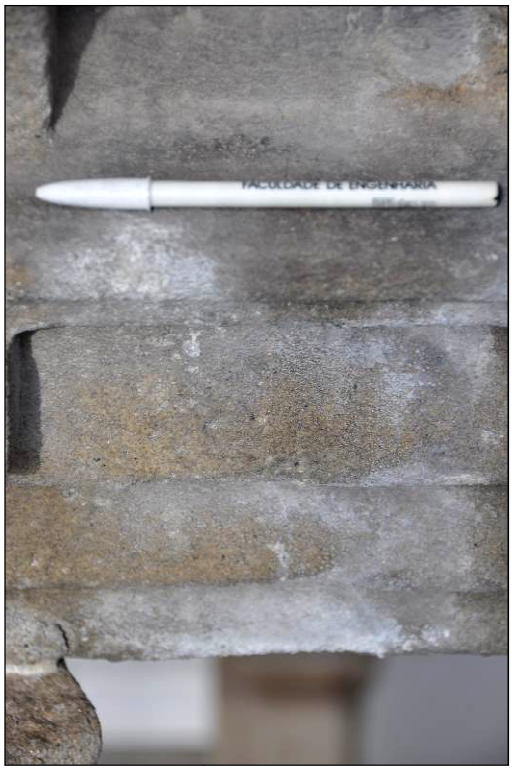
No Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, as eflorescências não aparecem em quantidade muito significativa. Exibem-se sob a forma de "pó" de cor branca (eflorescências pulverulentas – Figuras 3.16 e 3.17), ocorrendo nas superfícies inferiores das cornijas, emoldurando as crostas negras (Figuras 3.16 e 3.17a) e em alguns pontos das superfícies superiores ou das superfícies verticais das cornijas (Figura 3.17b) em resultado da cristalização de sais a partir de soluções salinas lixiviadas dos depósitos de guano dos pombos.



Figura 3.16 – Eflorescências – Fachada Principal – cornija sob o frontão.



a) Cornija sob o frontão



b) Superfície vertical do friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares

Figura 3.17 – Eflorescências – Fachada Principal.

3.7. COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA

A colonização biológica tem grande expressão no Hospital da Misericórdia. A presença de plantas/organismos está associada a áreas mais húmidas e/ou sombrias e, ainda, a juntas abertas onde a escorrência ou a permanência de humidade são maiores. As Figuras 3.18 a 3.22 mostram algumas imagens dos principais tipos de plantas/organismos que afectam o granito no monumento.

Os líquenes são o principal tipo de colonização biológica (Figuras 3.18 a 3.21). Observam-se diversos tipos de líquenes, nomeadamente espécies folhosas e incrustantes. Exibem cores muito diversas como amarela/alaranjada (Figuras 3.18, 3.19a, 3.19b, 3.19c, 3.20b, 3.20c, 3.20d e 3.21), cinzenta (Figuras 3.18, 3.19, 3.20a, 3.20b, 3.21a e 3.21b) e verde (Figuras 3.19b, 3.19c, 3.20a, 3.20b e 3.20c). Em diversos locais, observam-se líquenes de cor negra e de reduzida dimensão (Figuras 3.20d e 3.21c), raramente ultrapassando os 5 mm de diâmetro

Verifica-se igualmente o desenvolvimento de plantas herbáceas fanerogâmicas de pequeno porte (Figuras 3.22a e 3.22c), fetos (Figura 3.22b), algas (Figura 3.22d) e musgos.



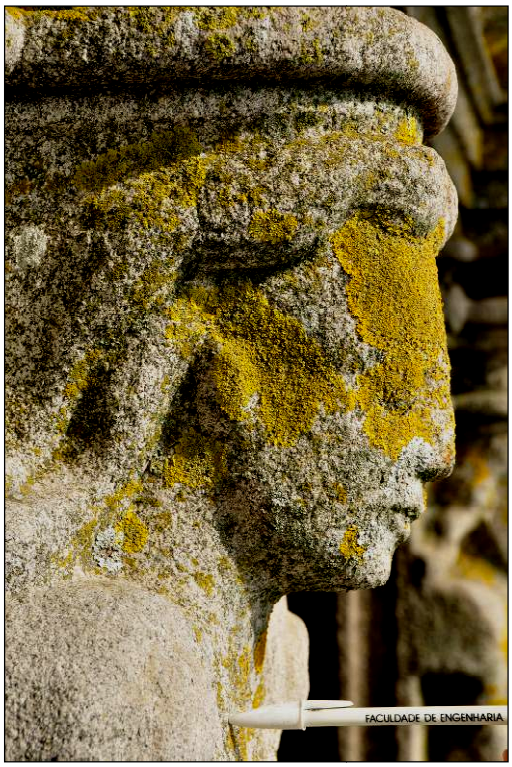
a) Topo da fachada



b) Topo da fachada



c) *Loggia* do 2º andar – 5ª coluna



d) *Loggia* do 2º andar – 5ª coluna

Figura 3.18 – Colonização biológica – Líquenes – Fachada Principal.



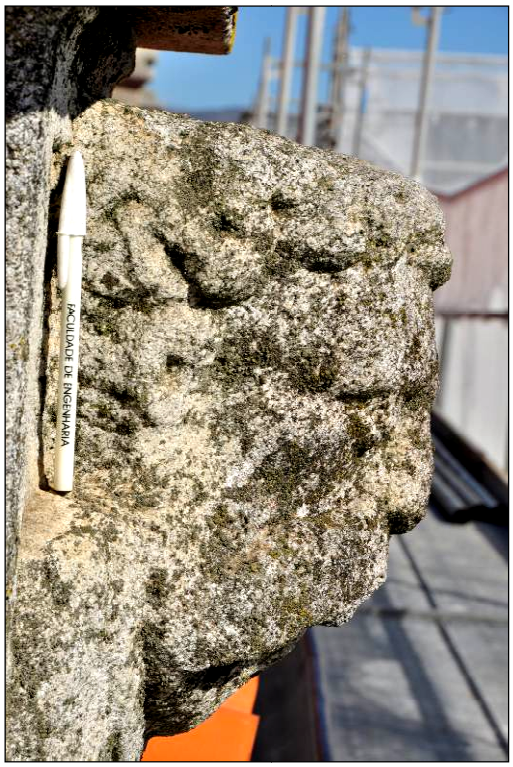
a) *Loggia* do 2º andar – 3ª coluna



b) *Loggia* do 2º andar – 3ª coluna



c) *Loggia* do 2º andar – 5ª coluna



d) Topo da fachada

Figura 3.19 – Colonização biológica – Líquenes – Fachada Principal.



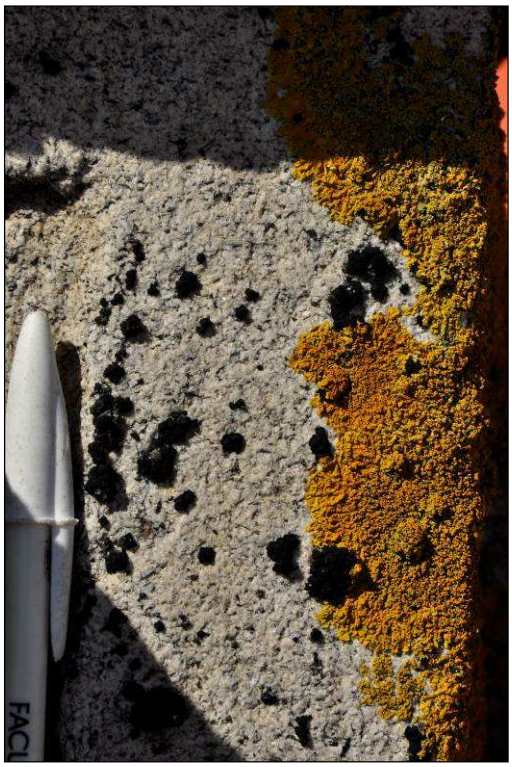
a) Cristo – Topo do frontão



b) *Loggia* do 1º andar – 2ª coluna



c) 8ª pedra abaixo do relógio de Sol, ao nível da *loggia* do 1º andar



d) Frontão

Figura 3.20 – Colonização biológica – Líquenes – Fachada Principal.



a) Frontão



b) Friso abaixo do frontão

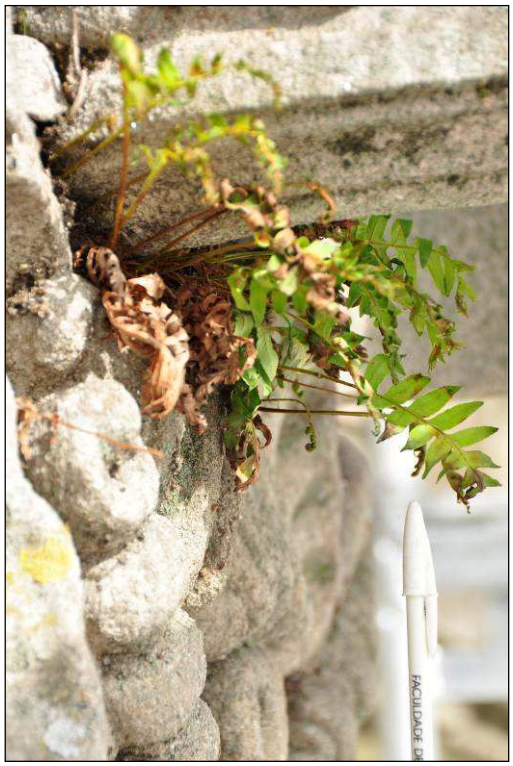


c) Frontão

Figura 3.21 – Colonização biológica – Líquenes – Fachada Principal.



a) Planta herbácea – Frontão



b) Fetos – Escudo



c) Planta herbácea – Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares

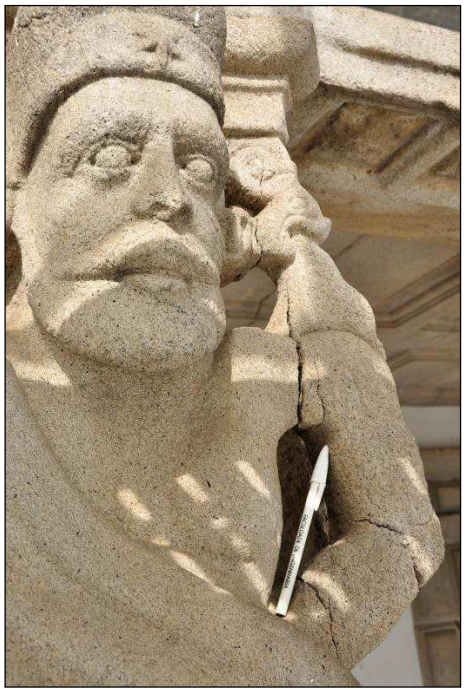


d) Algas – *Loggia* do 2º andar

Figura 3.22 – Colonização biológica – Plantas herbáceas, fetos e algas – Fachada Principal.

3.8. FISSURAS

As fissuras são superfícies de ruptura claramente visíveis a olho nu, resultando da separação não completa de um bloco de cantaria em duas partes (Figuras 3.23 e 3.24). Formam-se nos materiais, quando a sua capacidade resistente é excedida.



a) *Loggia* do 1º andar – 2ª coluna



b) *Loggia* do 1º andar – 4ª coluna



c) *Loggia* do 2º andar – 5ª coluna



d) *Loggia* do 1º andar – 5ª coluna

Figura 3.23 – Fissuras – Fachada Principal.



a) *Loggia* do rés-do-chão – Base da 3ª coluna



b) *Loggia* do rés-do-chão



c) Porta das Chagas

Figura 3.24 – Fissuras na Fachada Principal e Porta das Chagas.

Frequentemente são provocadas por assentamentos diferenciais da fundação. Erros de projecto ou de execução, bem como modificações do tipo de utilização para que o edifício foi concebido, também podem estar na origem destes danos. As solicitações térmicas e sísmicas originam, igualmente, fissuras.

A deterioração da pedra no edifício diminui a capacidade resistente da mesma, podendo levar à sua fissuração.

A lixiviação de argamassas das juntas pode dar origem à concentração de esforços em determinados pontos das pedras, conduzindo à fissuração do material pétreo.

As fissuras podem também ser o resultado de pequenos movimentos relativos de rotação e/ou de translação entre blocos contíguos de pedra, resultantes por exemplo de pequenas vibrações associadas ao tráfego automóvel.

A fissuração pode não ser o resultado de uma única causa, mas da conjugação de, por exemplo, duas ou mesmo das três causas referidas anteriormente. Poderão eventualmente incluir-se nestas situações as fissuras mostradas nas Figuras 3.23a e 3.24.

Tensões de tracção associadas ao aumento de volume em consequência da oxidação de elementos metálicos existentes no interior dos blocos de pedra (Figuras 3.23b, 3.23c e 3.23d) ou em juntas de pequena espessura podem igualmente originar fissuras.

Algumas fissuras foram preenchidas com argamassas de cimento em intervenções anteriores (Figura 3.24c).

3.9. FENDAS

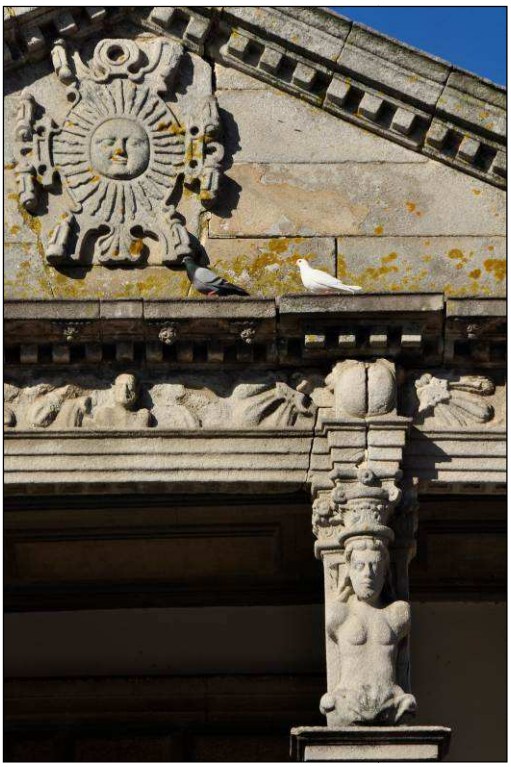
As fendas são superfícies de ruptura que separam completamente um ou mais blocos de cantaria em duas partes (Figuras 3.25 e 3.26). Aparecem nos materiais, quando a sua capacidade resistente é excedida.

Podem ter como origem qualquer dos factores referidos no subcapítulo anterior relativo às fissuras.

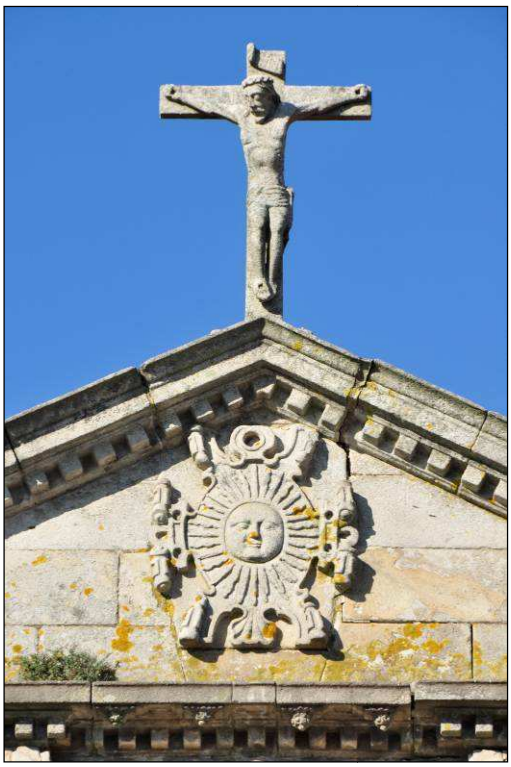
No Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, as duas principais fendas de grande extensão têm como origem o assentamento diferencial das fundações (Figuras 3.25 e 3.26). Uma localiza-se no frontão e no friso abaixo do mesmo e propaga-se quer pelas juntas (Figuras 3.25a e 3.25b) quer pelas próprias pedras (Figuras 3.25c e 3.25d). A outra fenda situa-se no 5º arco da *loggia* do rés-do-chão e no friso entre o mesmo e a *loggia* do 1º andar, propagando-se apenas pelas juntas (Figura 3.26).

3.10. ELEMENTOS DESTACADOS

Os elementos destacados consistem em fragmentos que estão separados da pedra devido a fissuração ou fendilhação, mas que ainda não caíram (Figura 3.27). Quando tal suceder, formar-se-ão lacunas.



a) Fenda abrangendo o frontão e o friso abaixo do mesmo



b) Fenda abrangendo o frontão e o friso abaixo do mesmo – Ampliação da Figura 3.25a



c) Mesma fenda das Figuras 3.25a e 3.25b no sector do friso



d) Mesma fenda das Figuras 3.25a e 3.25b no sector do friso – Ampliação da Figura 3.25c

Figura 3.25 – Fendas – Fachada Principal.



a) Fenda abrangendo a *loggia* do 1º andar e o 5º arco da *loggia* do rés-do-chão



b) Fenda abrangendo a *loggia* do 1º andar e o 5º arco da *loggia* do rés-do-chão – Ampliação da Figura 3.26a

Figura 3.26 – Fendas – Fachada Principal.



a) *Loggia* do 1º andar – 4ª coluna



b) *Loggia* do 1º andar – 5ª coluna

Figura 3.27 – Elementos destacados – Fachada Principal.

3.11. JUNTAS

As juntas são superfícies que unem com argamassa as pedras de cantaria ou de alvenaria. As argamassas originais de cal apresentam-se frequentemente deterioradas (Figura 3.28).



a) *Loggia* do rés-do-chão – Junta com argamassa de cal deteriorada



b) *Loggia* do 1º andar – Junta com argamassa de cal



c) *Loggia* do rés-do-chão – Juntas com argamassas de cal deterioradas em que se empregaram conchas e junta aberta por perda de material pétreo

Figura 3.28 – Juntas – Fachada Principal.

Em muitas juntas, utilizaram-se conchas que exibem ainda brilho nacarado que possibilitam a distribuição de esforços e permitem uma melhor flexibilidade/articulação entre os blocos (Figuras 3.28c e 3.29). Este processo construtivo é idêntico ao do emprego de ardósias nas juntas.

O processo de deterioração/lixiviação das argamassas de cal pode conduzir à perda parcial ou total da argamassa, apresentando-se as juntas abertas (Figura 3.30). Algumas juntas dos arcos da *loggia* do rés-

do-chão apresentam-se abertas devido à perda do material pétreo, como resultado da desagregação granular de intensidade forte que afecta as pedras de granito de grão fino (Figuras 3.28a e 3.30d).



a) *Loggia* do 1º andar – Junta com argamassa de cal com conchas



b) *Loggia* do 1º andar – Junta com argamassa de cal com conchas

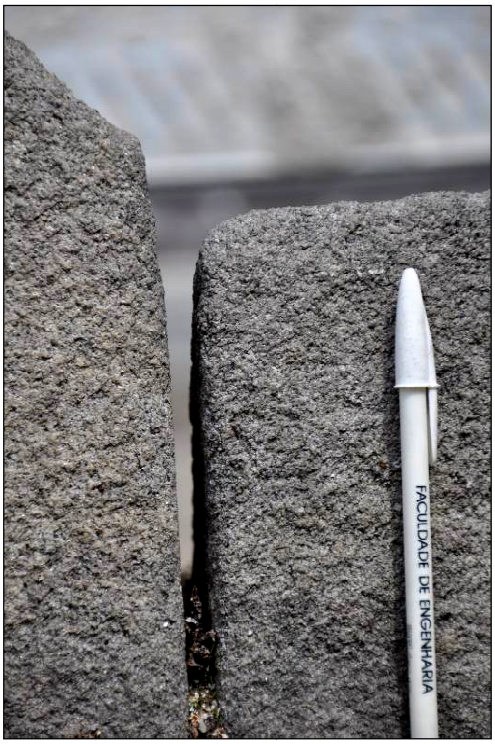


c) *Loggia* do 2º andar – Junta com argamassa de cal deteriorada com conchas

Figura 3.29 – Juntas – Fachada Principal.



a) *Loggia* do 1º andar – Cornija – Juntas abertas



b) *Loggia* do 1º andar – Cornija – Junta aberta



c) *Loggia* do 1º andar – Juntas abertas



d) *Loggia* do rés-do-chão – Junta aberta

Figura 3.30 – Juntas – Fachada Principal.

Em trabalhos anteriores de conservação, muitas juntas abertas ou com argamassas antigas de cal deterioradas foram preenchidas com argamassas de cimento.

3.12. LACUNAS

As lacunas são espaços vazios criados pela degradação em blocos de cantaria ou elementos escultóricos (Figuras 3.31 a 3.33).



a) Fachada Principal – *Loggia* do 2º andar – 2ª coluna



b) Fachada Principal – *Loggia* do 2º andar – 5ª coluna



c) Porta das Chagas



d) Fachada Principal – *Loggia* do rés-do-chão - Capitel

Figura 3.31 – Lacunas – Fachada Principal e Porta das Chagas.



a) Fachada Principal – *Loggia* do rés-do-chão – 4º arco



b) Fachada Principal – *Loggia* do rés-do-chão – 4º arco



c) Fachada Principal – *Loggia* do rés-do-chão – 4º arco

Figura 3.32 – Lacunas – Fachada Principal.



a) Porta das Chagas b) Porta das Chagas

Figura 3.33 – Lacunas – Porta das Chagas.

No edifício da Misericórdia de Viana do Castelo, as lacunas resultam de diversos processos: desprendimento de uma das partes de uma pedra fendilhada, nomeadamente devido à oxidação de elementos metálicos de ferro (Figuras 3.31a e 3.31b); acidentes (Figura 3.31c); pedras afectadas por desagregação granular de intensidade forte em que se verifica forte recuo da superfície ou mesmo o desaparecimento total ou quase total do material pétreo, nomeadamente em pedras dos capitéis das colunas (Figura 3.31d) e dos arcos da *loggia* do rés-do-chão (Figura 3.32), em pedras salientes ou em esquinas; algumas placas de grande espessura em colunas da *loggia* do rés-do-chão; vandalismo e/ou desgaste (Figura 33).

3.13. LACUNAS PREENCHIDAS COM ARGAMASSAS

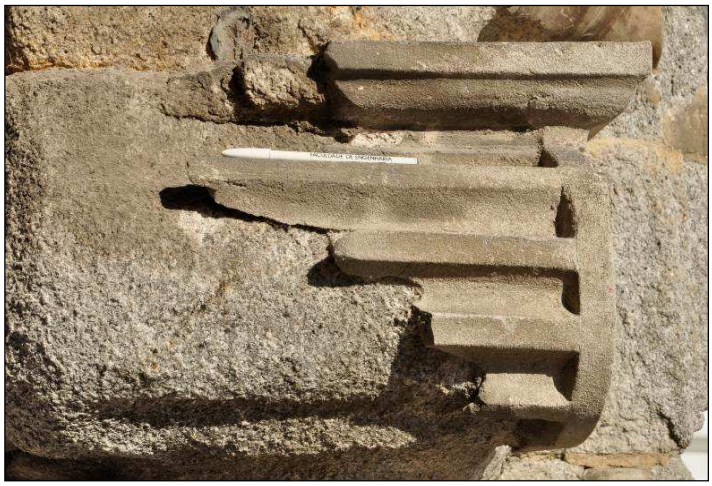
À semelhança do que sucedeu em muitos monumentos e edifícios intervencionados na última metade do século XX, no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, utilizaram-se argamassas de cimento com o propósito de reestabelecer as volumetrias originais (Figuras 3.34 e 3.35).

Apresentam-se exemplos de preenchimento de lacunas resultantes da perda de material devido a desagregação granular de intensidade forte (Figuras 3.34 e 3.35a), de placas de grande espessura (Figura 3.35b), acidentes (Figura 3.35c) e queda de uma das partes de uma pedra fendilhada (Figura 3.35d).

As argamassas de cimento deverão ser removidas quando possível, dado o seu efeito nefasto no granito, como já é possível observar nas Figuras 3.34a, 3.34c e 3.35a.



a) *Loggia* do rés-do-chão – Lado Este do 4º arco



c) *Loggia* do rés-do-chão – Lado Este do 4º arco



d) *Loggia* do rés-do-chão – 2º arco junto ao capitel da 3ª coluna



b) *Loggia* do rés-do-chão – Lado Este do 4º arco



e) *Loggia* do rés-do-chão – Capitel da 3ª coluna

Figura 3.34 – Lacunas preenchidas com argamassas de cimento – Fachada Principal.



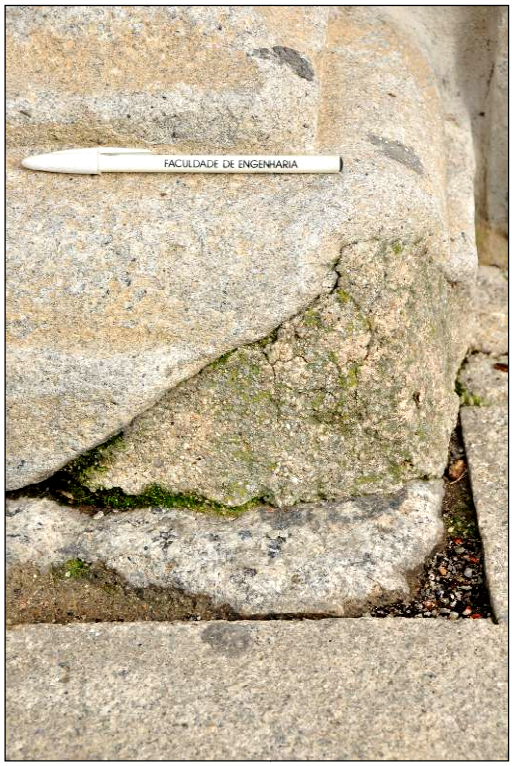
a) Fachada Principal – Extremo Este



b) Fachada Principal – *Loggia* do rés-do-chão – 2ª coluna



c) Fachada Principal – *Loggia* do 1º andar - Porta



d) Porta das Chagas

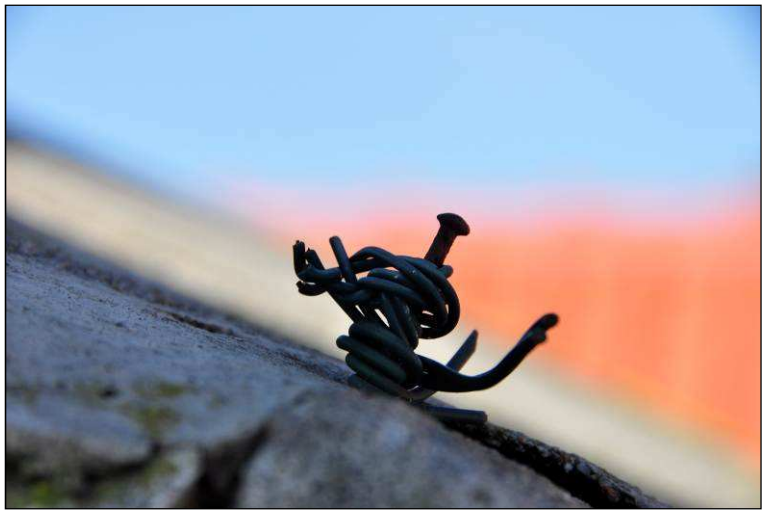
Figura 3.35 – Lacunas preenchidas com argamassas de cimento – Fachada Principal e Porta das Chagas.

3.14. ELEMENTOS METÁLICOS NÃO FUNCIONAIS

Os elementos metálicos não funcionais são peças em metal cuja função actual não se adequa às necessidades de utilização do edifício do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (Figuras 3.36 e 3.37).



a) Prego e arame oxidados – Friso entre as *loggias* do 1º andar e do rés-do-chão



b) Prego e arames oxidados – Frontão

Figura 3.36 – Elementos metálicos não funcionais – Pregos e arames – Fachada Principal.

Na maior parte dos casos, são pregos (Figuras 3.36 e 3.37a), fragmentos de arame (Figuras 3.36 e 3.37b) ou peças metálicas (Figuras 3.37c e 3.37d) em ferro ou em aço. Encontram-se quase sempre oxidados, devendo ser substituídos de modo a evitar o aparecimento de pequenas fissuras ou manchas de óxidos de ferro (Figuras 3.23b, 3.23c, 3.23d e 3.37c).



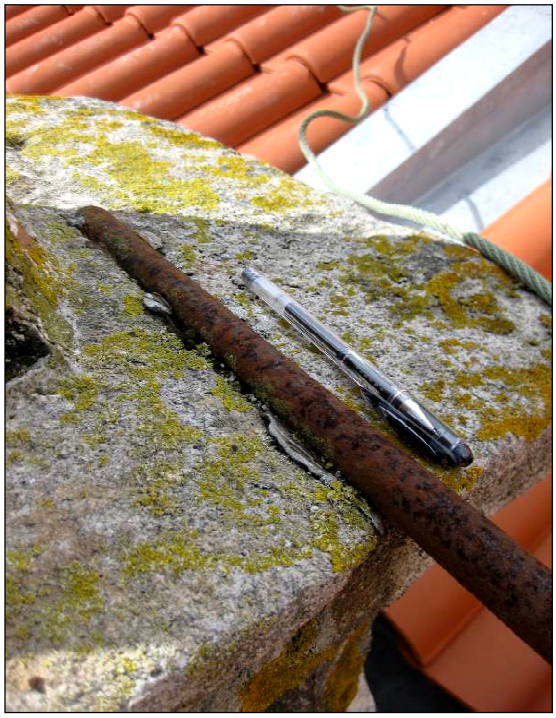
a) Prego oxidado – *Loggia* do rés-do-chão



b) Arame – Topo do edifício – Imagem em terracota de São João



c) Peça metálica cravada – *Loggia* do 1º andar – 4ª coluna



d) Tubo de ferro oxidado – Frontão – Topo

Figura 3.37 – Elementos metálicos não funcionais – Fachada Principal.

3.15. DEPÓSITOS DE GUANO

Os depósitos de guano são acumulações superficiais de excrementos e restos da actividade biótica das aves (pombos no presente monumento).

Limpeza efectuada antes do início deste estudo e após a montagem dos andaimes, não permitiu estimar a quantidade de guano depositada quer nos pavimentos das *loggias* quer nas diversas cornijas da Fachada Principal. No entanto, durante as diversas deslocações ocorridas entre Outubro de 2011 e Janeiro de 2012, foi possível constatar a presença permanente de pombos no monumento (Figura 3.38).



Figura 3.38 – Permanência de pombos – Fachada Principal.

Os locais onde se observou maior concentração de guano durante o período em que decorreram as visitas ao monumento, foram nos topos das portas das *loggias* dos 1º e 2º andares (Figura 3.39), na cornija sob o frontão, nas cornijas dos frisos localizados entre o rés-do-chão e o 1º andar e entre os 1º e 2º andares, bem como nos topos do Cristo cruxificado e das estátuas de Hermes das 3ª, 4ª, 5ª e 6ª colunas da *loggia* do primeiro andar.



a) Porta na *loggia* do 2º andar



b) Porta na *loggia* do 1º andar



c) Porta na *loggia* do 1º andar

Figura 3.39 – Depósitos de guano de pombos – Fachada Principal – Portas das *loggias* dos 1º e 2º andares.

3.16. CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES

Foi realizada a cartografia pormenorizada das deteriorações na Fachada Principal do monumento e dos alçados interiores das *loggias*, utilizando como suporte o levantamento realizado por Laserscanning na escala 1:50 pela firma 3D Total – Levantamentos Tridimensionais, a partir da qual, e usando o software AutoCAD 2010, se desenharam as Figuras 3.40 a 3.46 (Fachada Principal) e 3.47 a 3.50 (alçados interiores das *loggias*) à escala 1:50.

Na Porta das Chagas, foi igualmente executada a cartografia das deteriorações porém, sobre um levantamento fotográfico, tendo sido empregue o software AutoCAD 2010 com o qual se obtiveram as Figuras 3.51 a 3.55 à escala 1:25.

Adoptou-se, na cartografia das deteriorações, a metodologia proposta e seguida por Fittzner (1990), Fitzner e Heinrichs (1991, 1994), Fitzner *et al*. (1992) e Fitzner *et al*. (1996).

Na Figura 3.40, estão representadas a desagregação granular e as crostas negras, a primeira a vermelho e a segunda a roxo. Apenas se indicaram as superfícies afectadas por desagregação granular que, pela sua forte intensidade, deverão ser consolidadas.

A Figura 3.41 mostra as pedras que exibem placas, representadas a cor de laranja, ou plaquetas, a amarelo.

Os filmes escuros, assinalados a castanho escuro, as eflorescências pulverulentas, assinaladas a turquesa e os depósitos de guano a *bordeaux* estão marcados na Figura 3.42.

A Figura 3.43 apresenta a colonização biológica em que os líquenes algas e fungos aparecem a verde claro e as plantas superiores a verde escuro.

Na Figura 3.44, representam-se as fissuras a vermelho, as fendas a cor de laranja e os elementos metálicos não funcionais a castanho escuro.

As juntas estão assinaladas na Figura 3.45. A vermelho, marcaram-se as juntas fechadas, a azul, as juntas abertas e, a verde, as juntas alternadamente fechadas e abertas.

A Figura 3.46 referencia as lacunas, as lacunas preenchidas com argamassas e os fragmentos destacados de pedra, a azul, vermelho e castanho claro, respectivamente.

A desagregação granular assinalada a vermelho, os filmes escuros representados a castanho escuro e os depósitos de guano a *bordeaux* dos alçados interiores das *loggias* estão marcados na Figura 3.47. Apenas se indicaram as superfícies afectadas por desagregação granular que, pela sua forte intensidade, deverão ser consolidadas.

Na Figura 3.48, estão representadas, as placas, plaquetas, lacunas e lacunas preenchidas com argamassas, respectivamente a cor de laranja, amarelo, azul e vermelho.

Na Figura 3.49, exibem-se as fissuras, fendas e elementos metálicos não funcionais, respectivamente a vermelho, cor de laranja e castanho.

As juntas estão assinaladas na Figura 3.50. A vermelho, marcaram-se as juntas fechadas, a azul, as juntas abertas e, a verde, as juntas alternadamente fechadas e abertas.

Na Figura 3.51, representam-se as áreas afectadas ou por desagregação granular ou por crostas negras na Porta das Chagas, as primeiras a vermelho tracejado e as segundas a roxo. Apenas se indicaram as superfícies afectadas por desagregação granular que, pela sua forte intensidade, deverão ser consolidadas.

Na Figura 3.52, estão marcadas, as placas, plaquetas, fissuras e elementos metálicos não funcionais, respectivamente a cor de laranja tracejado, amarelo tracejado, vermelho e castanho.

A Figura 3.53 apresenta a colonização biológica em que os líquenes algas e fungos aparecem a verde claro tracejado.

As juntas assinalam-se na Figura 3.54. A vermelho, marcaram-se as juntas fechadas e, a azul, as juntas abertas.

A Figura 3.55 referencia as lacunas e as lacunas preenchidas com argamassas, a azul tracejado e a vermelho tracejado, respectivamente.

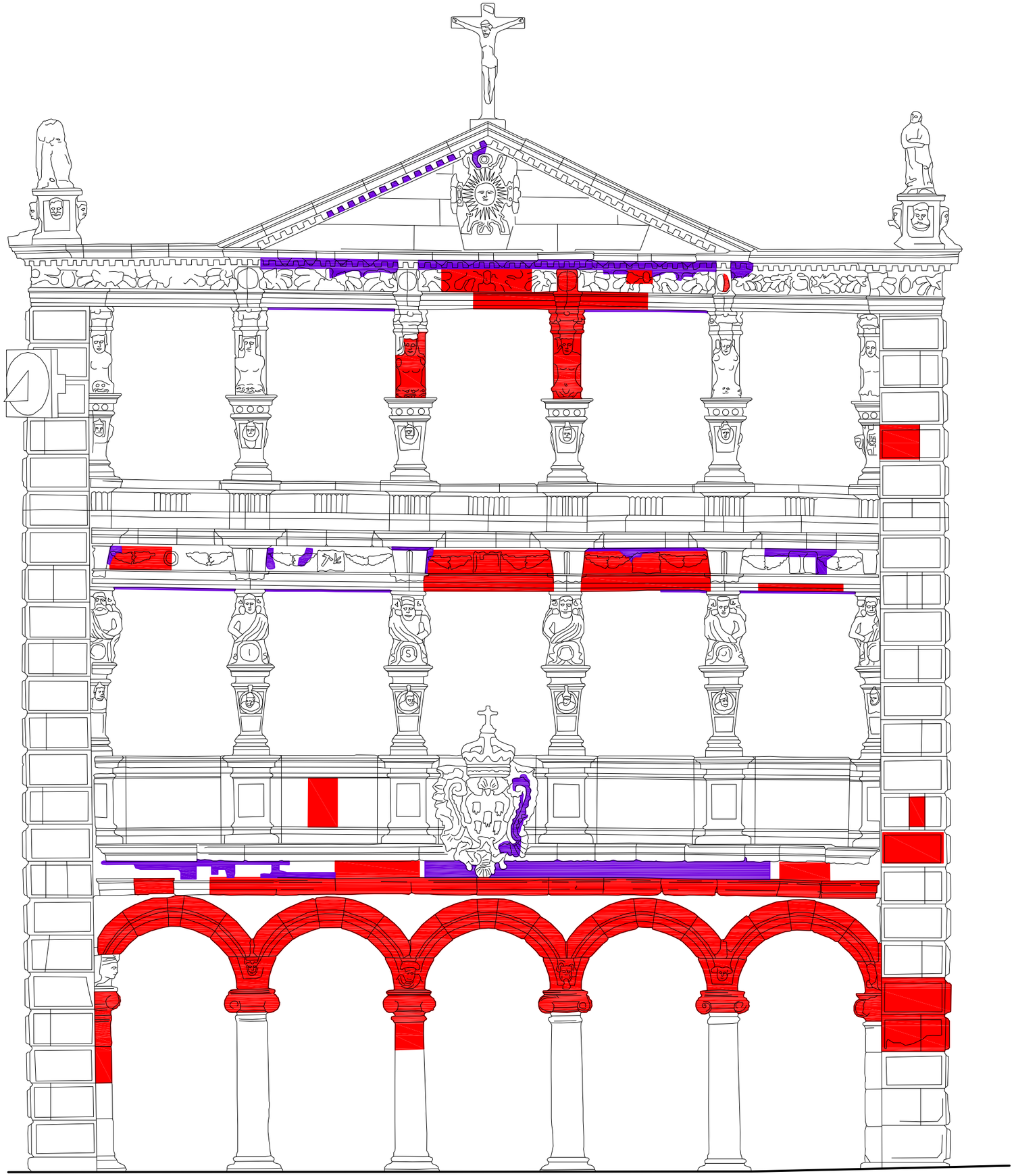


FIGURA 3.40

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: FACHADA PRINCIPAL
DESAGREGAÇÃO GRANULAR E CROSTAS NEGRAS

Desagregação granular

Crostas negras

ESCALA: 1:50

FIGURA 3.41

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: FACHADA PRINCIPAL
PLACAS E PLAQUETAS

Placas

Plaquetas

ESCALA: 1:50

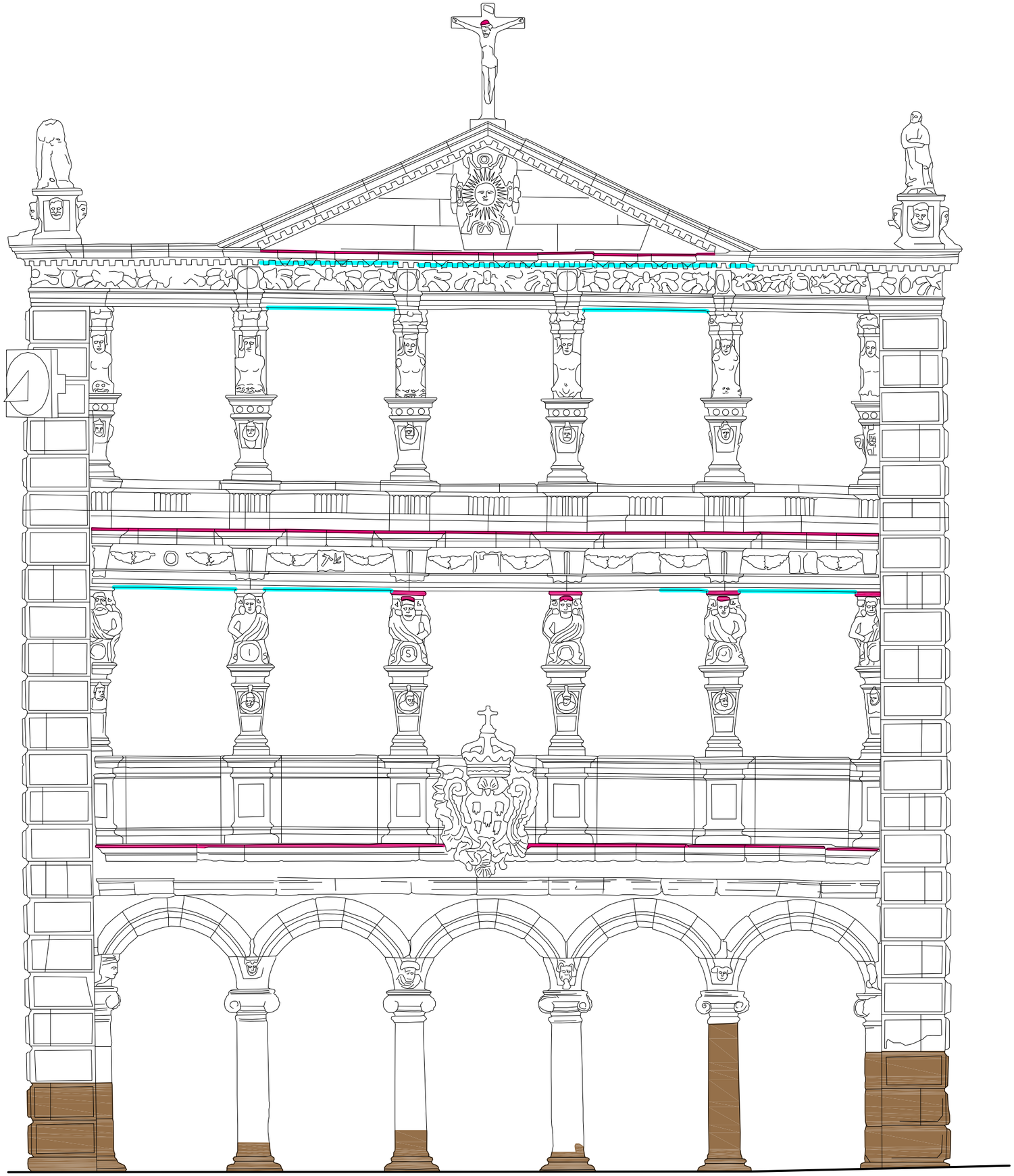


FIGURA 3.42

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO
CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: FACHADA PRINCIPAL
FILMES ESCUROS E EFLORESCÊNCIAS PULVERULENTAS

Filmes escuros

Eflorescências pulverulentas

Guano

ESCALA: 1:50

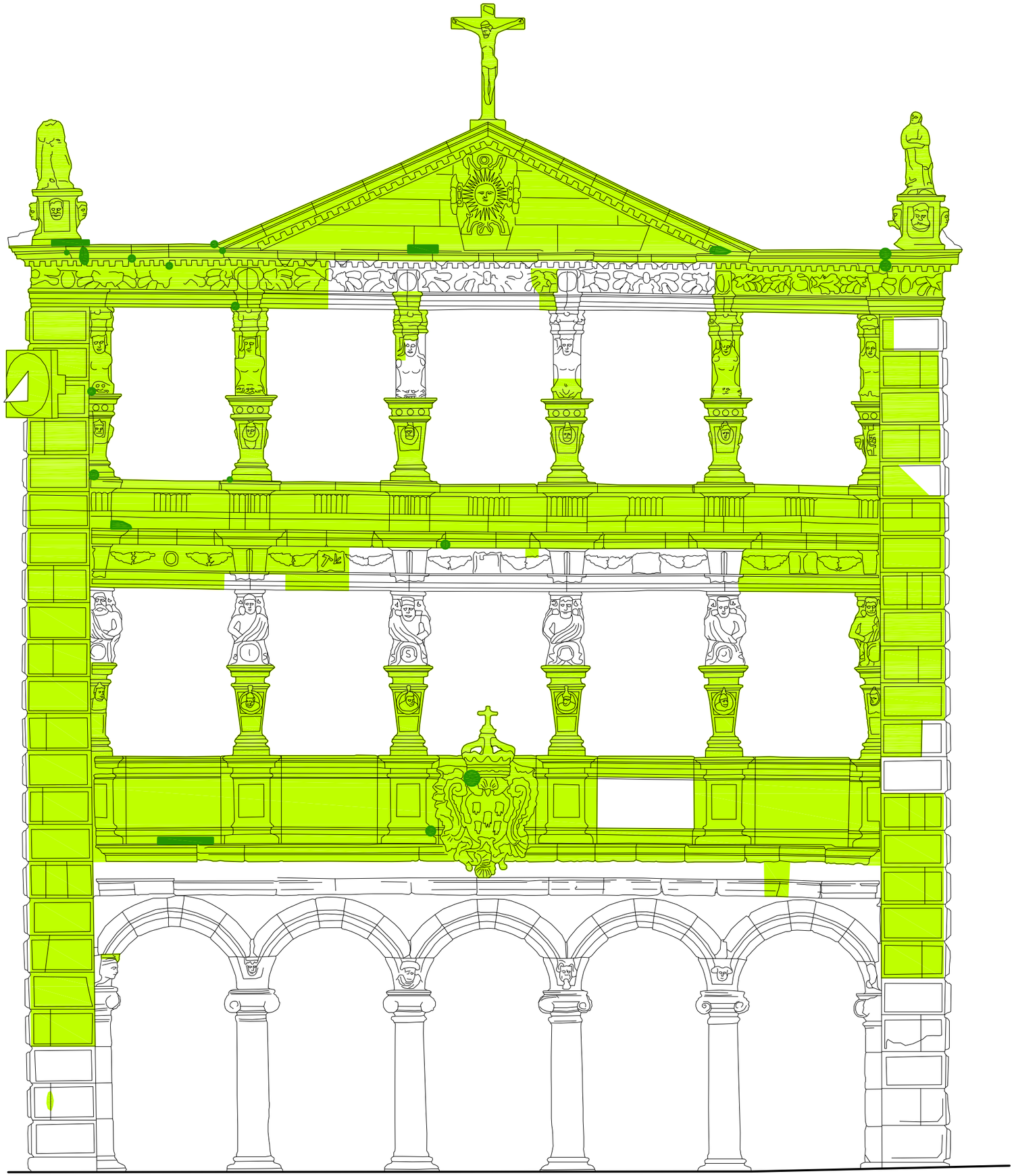


FIGURA 3.43

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: FACHADA PRINCIPAL
COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA

Líquenes, algas e fungos

Plantas superiores

ESCALA: 1:50

FIGURA 3.44

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: FACHADA PRINCIPAL
FISSURAS, FENDAS E ELEMENTOS METÁLICOS NÃO FUNCIONAIS

- Fissura
- Fenda associada a assentamento
- Prego
- Outros elementos metálicos não funcionais

ESCALA: 1:50

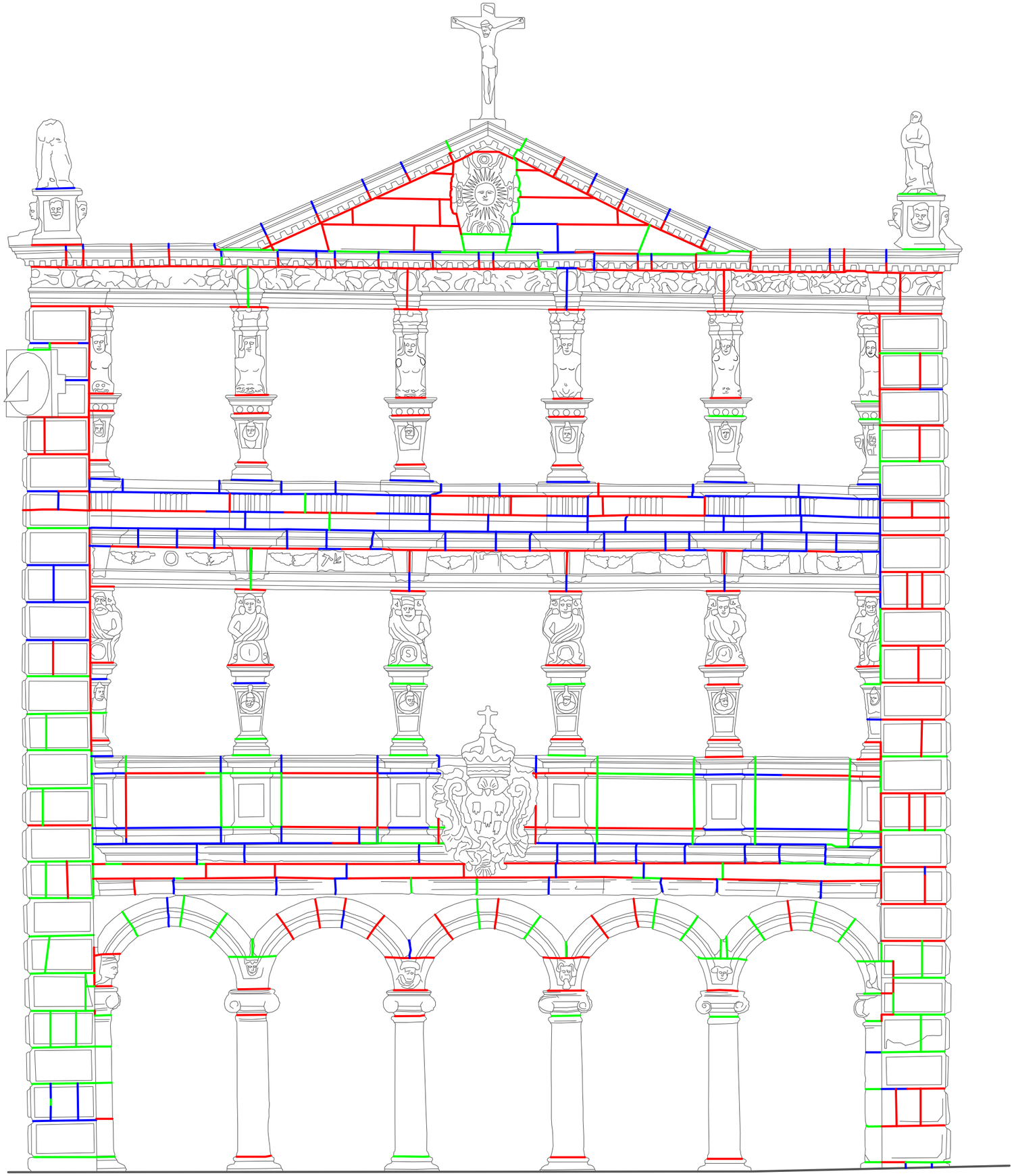


FIGURA 3.45

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: FACHADA PRINCIPAL
JUNTAS

Juntas fechadas

Juntas abertas

Juntas alternadamente fechadas e abertas

ESCALA: 1:50

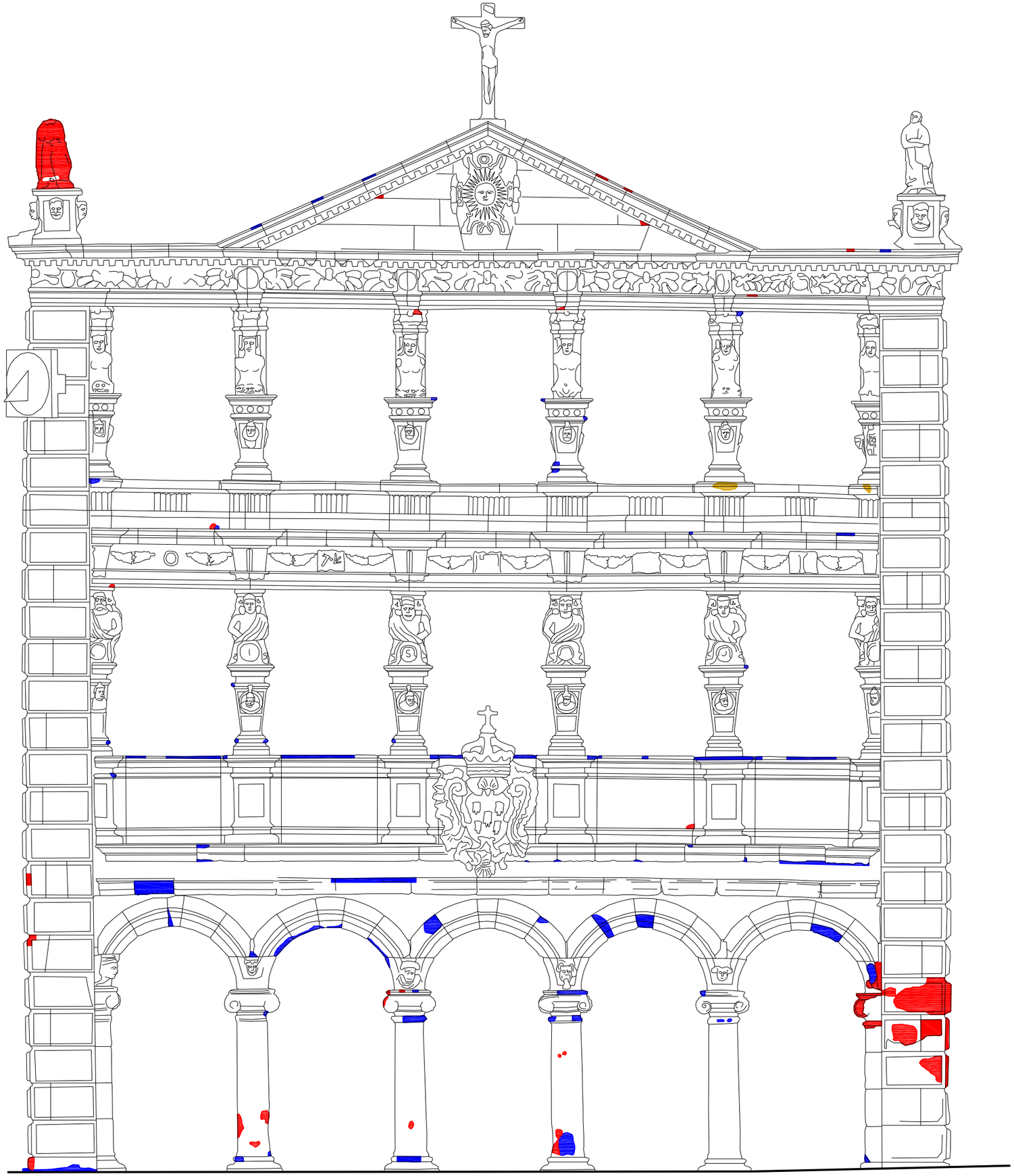


FIGURA 3.46

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: FACHADA PRINCIPAL
LACUNAS, LACUNAS PREENCHIDAS COM ARGAMASSAS E FRAGMENTOS DESTACADOS DE PEDRA

Lacunas

Lacunas preenchidas com argamassas

Fragmentos destacados de pedra

ESCALA: 1:50



FIGURA 3.47

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: ALÇADOS INTERIORES DAS *LOGGIAS*

DESAGREGAÇÃO GRANULAR, FILMES ESCUROS E GUANO

Desagregação granular

Filmes escuros

Guano

ESCALA: 1:50



FIGURA 3.48

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: ALÇADOS INTERIORES DAS *LOGGIAS*

PLACAS, PLAQUETAS, LACUNAS E LACUNAS PREENCHIDAS COM ARGAMASSAS

Placas

Plaquetas

Lacunas

Lacunas preenchidas com argamassas

ESCALA: 1:50



FIGURA 3.49

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: ALÇADOS INTERIORES DAS *LOGGIAS*

FISSURAS, FENDAS E ELEMENTOS METÁLICOS NÃO FUNCIONAIS

Fissura

Fenda

× Prego

ESCALA: 1:50



FIGURA 3.50

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: ALÇADOS INTERIORES DAS *LOGGIAS*

JUNTAS

Juntas fechadas

Juntas abertas

Juntas alternadamente fechadas e abertas

ESCALA: 1:50



FIGURA 3.51

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO
CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: PORTA DAS CHAGAS
DESAGREGAÇÃO GRANULAR E CROSTAS NEGRAS

Desagregação granular

Crostas negras

ESCALA: 1:25



FIGURA 3.52

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO
CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: PORTA DAS CHAGAS
PLACAS, PLAQUETAS, FISSURAS E ELEMENTOS METÁLICOS NÃO FUNCIONAIS

Placas

Plaquetas

Fissura

Elementos metálicos não funcionais

ESCALA: 1:25



FIGURA 3.53

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO
CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: PORTA DAS CHAGAS
COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA

Líquenes, algas e fungos

ESCALA: 1:25

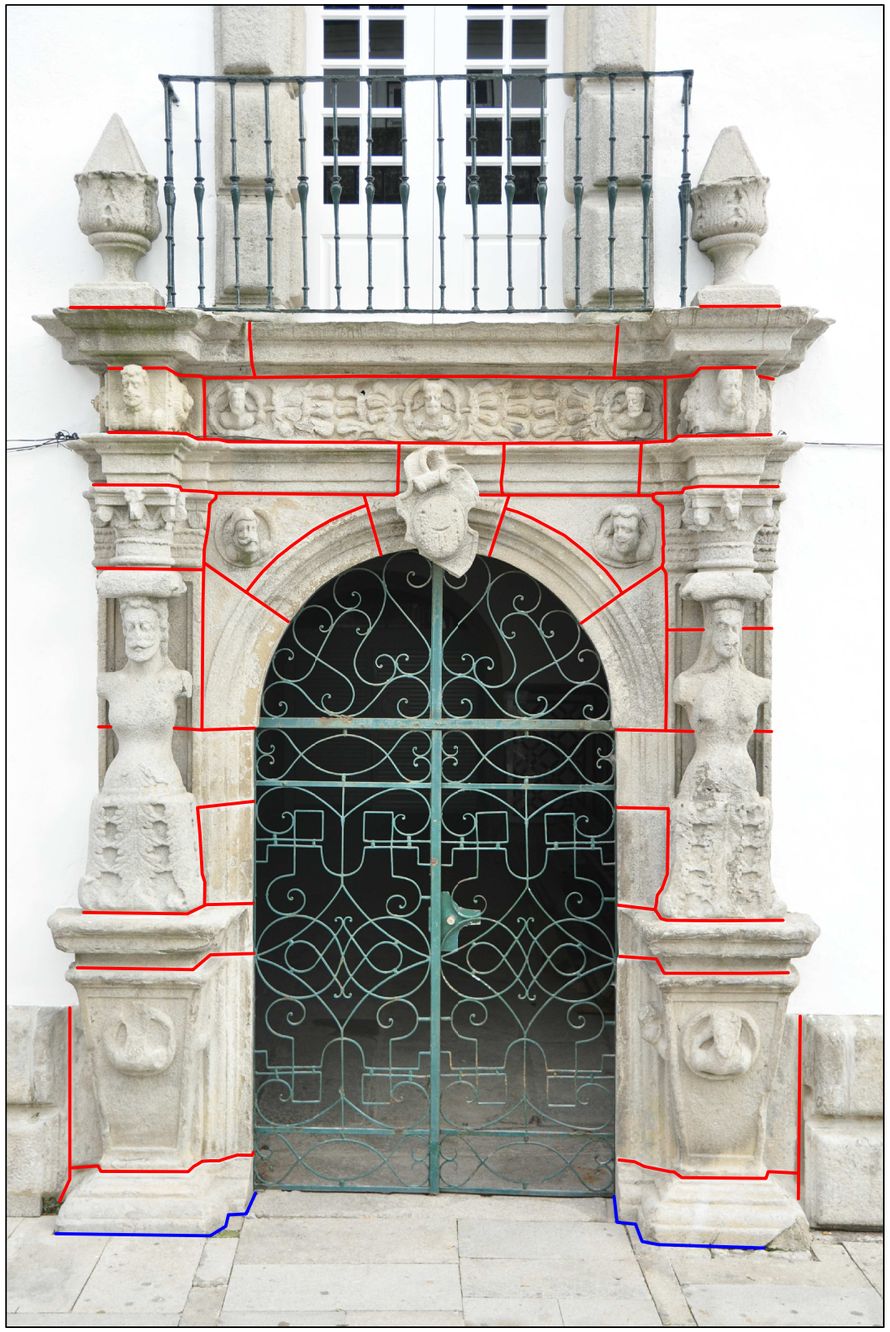


FIGURA 3.54

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO
CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: PORTA DAS CHAGAS
JUNTAS

Juntas fechadas

Juntas abertas

ESCALA: 1:25



FIGURA 3.55

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO
CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES: PORTA DAS CHAGAS
LACUNAS E LACUNAS PREENCHIDAS COM ARGAMASSAS

Lacunas

Lacunas preenchidas com argamassas

ESCALA: 1:25

O Quadro 3.1 apresenta as áreas, determinadas através do programa AutoCAD 2010, das pedras de granito afectadas por desagregação granular, crostas negras, placas, plaquetas, filmes escuros, eflorescências pulverulentas, colonização biológica de líquenes, algas e fungos, lacunas, lacunas preenchidas com argamassas e fragmentos destacados de pedra no alçado da Fachada Principal do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, bem como na pequena fachada orientada a Este.

Quadro 3.1 – Resultados das medições obtidas no alçado da Fachada Principal e na pequena fachada orientada a Este.

FACHADA PRINCIPAL		
Deterioração		**Medição**
Desagregação granular	m^2	12,4
Crostas negras	m^2	4,8
Placas	m^2	0,8
Plaquetas	m^2	6,9
Filmes escuros	m^2	3,7
Eflorescências pulverulentas	m^2	1,3
Depósitos de guano	m	25,5
Colonização biológica – líquenes, algas e fungos	m^2	64,3
Colonização biológica – plantas superiores	m^2	20
Fissuras	m	6,1
Fendas	m	6,0
Elementos metálicos não funcionais - pregos	unidade	40
Elementos metálicos não funcionais - arames	unidade	2
Elementos metálicos não funcionais – outros elementos	unidade	2
Juntas fechadas	m	131,1
Juntas abertas	m	78,5
Juntas alternadamente fechadas e abertas	m	61,0
Lacunas	m^2	0,7
Lacunas preenchidas com argamassas	m^2	1,8
Argamassas de revestimento no topo do frontão	m^2	6,7
Fragmentos destacados de pedra	m2	<0,1

PEQUENA FACHADA ORIENTADA A ESTE		
Deterioração		**Medição**
Desagregação granular	m^2	0,2
Colonização biológica – líquenes, algas e fungos	m^2	0,5

Apesar de não estar assinalado na Figura 3.46, foi determinada no local a área revestida a argamassa de cimento no topo do frontão, a qual é apresentada igualmente no Quadro 3.1.

No mesmo, assinalam-se os metros lineares dos depósitos de guano, fissuras, fendas, juntas fechadas, abertas e alternadamente fechadas e abertas calculados pelo programa AutoCAD 2010.

Plantas superiores, pregos, arames e outros elementos metálicos não funcionais aparecem no Quadro 3.1 em termos de unidades.

Embora não tenham sido assinaladas nas Figuras 3.40 e 3.43, foram avaliadas no local as áreas da pequena Fachada orientada para Este que se encontram afectadas por desagregação granular ou por colonização biológica de líquenes, algas e fungos. Os valores obtidos expressam-se igualmente no Quadro 3.1.

Os Quadros 3.2 e 3.3 exibem as áreas das pedras de granito afectadas por desagregação granular, crostas negras, placas, plaquetas, filmes escuros, colonização biológica de líquenes, algas e fungos, lacunas e lacunas preenchidas com argamassas nas *loggias* (excluindo o alçado exterior) e na Porta das Chagas do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, respectivamente.

Quadro 3.2 – Resultados das medições obtidas nas *loggias* do edifício.

		LOGGIAS					
		***Loggia* do rés-do-chão**		***Loggia* do 1º andar**		***Loggia* do 2º andar**	
Deterioração		**Interior**	**Portas**	**Interior**	**Portas**	**Interior**	**Portas**
Desagregação granular + plaquetas	m^2	11,5	1,8	17,9	0,7	11,5	3,0
Filmes escuros	m^2	4,4	0,2				
Depósitos de guano	m				3,8		5,7
Placas	m^2	0,7	0,3	1,3	< 0,1		0,1
Lacunas	m^2	0,7	0,1		< 0,1		
Lacunas preenchidas com argamassas	m^2	0,4	< 0,1				0,1
Fissuras	m		0,5		0,3		
Fendas	m		0,5				
Elementos metálicos não funcionais - pregos	unidade		19		1		
Elementos metálicos não funcionais – outros elementos	unidade			8		6	
Juntas fechadas	m		12,7		12,6		14,8
Juntas abertas	m		1,6		1,9		
Juntas alternadamente fechadas e abertas	m		2,4		3,2		
Juntas para reparação (abertas +alternadamente fechadas e abertas)	m	100,1	4,0	56,3	5,1	22,4	
Crostas negras	m^2	0,2					

Nas *loggias*, apresentam-se separadamente os resultados obtidos no interior das mesmas e nas portas que dão acesso ao interior do hospital, uma vez que, no interior, as medições foram realizadas à fita e, nas portas, determinadas através do programa AutoCAD 2010. No interior das *loggias*, e por dificuldade de medição, as áreas das pedras afectadas por desagregação granular intensa e por plaquetas foram calculadas e apresentadas conjuntamente. As áreas obtidas na Porta das Chagas foram avaliadas através do programa AutoCAD 2010.

Nos Quadros 3.2 e 3.3, assinalaram-se em metros lineares as fissuras, juntas fechadas e juntas abertas, calculados à fita (no interior das *loggias*) ou pelo programa AutoCAD 2010 (nas portas de acesso ao interior do hospital e na Porta das Chagas). No Quadro 3.2, os depósitos de guano, fendas e juntas alternadamente fechadas e abertas são igualmente expressas em metros lineares e medidos à fita, no interior das *loggias*, ou com recurso ao software AutoCAD 2010, nas portas de acesso ao interior do hospital e na Porta das Chagas.

Quadro 3.3 - Resultados das medições obtidas na Porta das Chagas.

PORTA DAS CHAGAS		
Deterioração		**Medição**
Desagregação granular	m^2	4,0
Crostas negras	m^2	< 0,1
Placas	m^2	0,2
Plaquetas	m^2	0,3
Fissuras	m	0,8
Elementos metálicos não funcionais – outros elementos	unidade	1
Colonização biológica – líquenes, algas e fungos	m^2	0,5
Juntas fechadas	m	23,3
Juntas abertas	m	1,7
Lacunas	m^2	0,1
Lacunas preenchidas com argamassas	m^2	< 0,1

Os pregos e outros elementos metálicos não funcionais surgem em termos de unidades.

4
AMOSTRAGEM E TÉCNICAS EXPERIMENTAIS

4.1. AMOSTRAGEM

Foram recolhidas 54 amostras de deteriorações no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, 51 na Fachada Principal, incluindo o interior das *loggias*, e 3 na Porta das Chagas. No interior do edifício ao nível do rés-do-chão, foram extraídos dois tarolos de granito de grão fino. Os Quadros 4.1 e 4.2 apresentam o número de amostras de cada tipo de deterioração e o local de recolha das mesmas.

Quadro 4.1 – Amostras recolhidas na Fachada Principal.

FACHADA PRINCIPAL			
Deterioração	**Total de amostras**	**Local de recolha**	**Número de amostras**
Desagregação granular	17	Friso sob o frontão	2
		Loggia do 2º andar	2
		Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares	1
		Loggia do 1º andar	3
		Loggia do rés-do-chão	9
Placas	6	Frontão	1
		Loggia do 1º andar	1
		Loggia do rés-do-chão	4
Plaquetas	9	Frontão	1
		Friso sob o frontão	4
		Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares	1
		Friso entre as *loggias* do 1º andar e do rés-do-chão	1
		Loggia do rés-do-chão	2
Crostas negras	8	Frontão	1
		Friso sob o frontão	2
		Friso entre as *loggias* dos 1ª e 2ª andares	2
		Escudo	1
		Loggia do rés-do-chão	2
Eflorescências pulverulentas	4	Friso sob o frontão	1
		Loggia do 2º andar	2
		Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares	1

Quadro 4.1 - Amostras recolhidas na Fachada Principal (continuação).

Argamassas de juntas	2	*Loggia* do 1º andar	1
		Loggia do rés-do-chão	1
Conchas de juntas	3	*Loggia* do 1º andar	1
		Loggia do rés-do-chão	2
Fragmentos de granito	2	*Loggia* do 2º andar	1
		Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares	1

Quadro 4.2 – Amostras recolhidas na Porta das Chagas e nas salas interiores do monumento.

PORTA DAS CHAGAS	**Número de amostras**
Desagregação granular	2
Plaquetas	1
SALAS INTERIORES AO NÍVEL DO RÉS-DO-CHÃO	
Tarolos de granito	2

As amostras de deteriorações designam-se por HMV 01 a HMV 54 e os dois tarolos por HMV 58 e HMV 59. O Quadro 4.3 apresenta a classificação, descrição, local e data de recolha das amostras e tarolos obtidos no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo.

Conforme já referido no Capítulo 1, as colunas das três *loggias* da Fachada Principal foram numeradas de 1 a 6 no sentido Oeste-Este, os vãos nas duas *loggias* dos primeiro e segundo andares e os arcos da *loggia* do rés-do-chão foram numerados de 1 a 5 no mesmo sentido Oeste-Este.

A localização das amostras na Fachada Principal, alçados interiores das três *loggias* da mesma fachada e Porta das Chagas é apresentada respectivamente nas Figuras 4.1 a 4.3.

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo.

Amostra	**Classificação**	**Descrição / Observações**	**Localização**	**Orientação**	**Data**
HMV 01	Plaquetas afectadas por desagregação granular	Espessura: 1 a 2 mm; Situadas numa zona aparentemente pouco afectada por colonização biológica; Recolhidas com pinça metálica e pincel; Obtidas sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara	Frontão	Sul	2011-10-28

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (continuação).

Amostra	Classificação	Descrição / Observações	Localização	Orientação	Data
HMV 02	Placa compacta com filme de cor amarelada	Espessura: 1 a 2 mm; Apesar de aparentemente não existir forte colonização biológica, o ponto de recolha apresentou grande quantidade de material biológico; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Frontão	Sul	
HMV 03	Crosta negra	Cor cinzenta escura; Pouco espessa, com superfície dendrítica em alguns pontos; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.		Sul e Este	2011-10-28
HMV 04	Cinco fragmentos de granito de grão fino de cor cinzenta clara	Os cincos fragmentos resultaram da queda de parte da pedra da base da 2ª coluna, provocada pela oxidação de uma peça metálica; Apresentam desagregação granular intermédia; Recolhidos com a mão.	Interior da *loggia* do 2º andar		
HMV 05	Eflorescência pulverulenta de cor branca que bordeja crosta negra	Localizada na superfície horizontal da zona inferior da cornija que limita superiormente a *loggia* do 2º andar, a meio vão entre as 4ª e 5ª colunas; Recolhida com pinça metálica e pincel; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Friso sob o frontão		2011-10-29
HMV 06	Crosta negra	Cor cinzenta escura; Espessura: 3 a 4 mm; Localizada na superfície horizontal da zona inferior da cornija que limita superiormente a *loggia* do 2º andar, a meio vão entre as 4ª e 5ª colunas; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (continuação).

Amostra	Classificação	Descrição / Observações	Localização	Orientação	Data
HMV 07	Crosta negra	Cor cinzenta escura; Espessura: 2 a 3 mm; Localizada na superfície horizontal da zona inferior da cornija que limita superiormente o 2º andar, próximo da 5ª coluna; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Friso sob o frontão	Sul	2011-10-29
HMV 08	Plaquetas	Espessura: 1 a 2 mm; Localizadas na superfície vertical do friso sob a cornija que limita superiormente o 2º andar, a meio vão entre as 4ª e 5ª colunas; Recolhidas com pinça metálica; Obtidas sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			
HMV 09	Plaquetas	Espessura: 1 a 2 mm; Localizadas no friso sob a cornija que limita superiormente o 2º andar, a meio vão entre as 3ª e 4ª colunas; Recolhidas com pinça metálica e com a mão; Obtidas sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			
HMV 10	Plaquetas	Espessura: 1 a 2 mm; Localizadas no friso sob a cornija que limita superiormente a *loggia* do 2º andar, a meio vão entre as 2ª e 3ª colunas; Recolhidas com pinça metálica e com a mão; Obtidas sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			
HMV 11	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada a meio vão da viga entre as 3ª e 4ª colunas da *loggia* do 2º andar; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (continuação).

Amostra	Classificação	Descrição / Observações	Localização	Orientação	Data
HMV 12	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada no rosto da cariátide da 4ª coluna da *loggia* do 2º andar; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	4ª coluna da *loggia* do 2º andar	Sul	2011-10-29
HMV 13	Desagregação granular de intensidade forte (mais intensa do que em HMV 12)	Localizada na 4ª coluna da *loggia* do 2º andar, no lado Este da cariátide; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	4ª coluna da *loggia* do 2º andar		
HMV 14	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada a meio vão da superfície horizontal da viga entre as 4ª e 5ª colunas da *loggia* do 2º andar; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Friso sob o frontão		
HMV 15	Eflorescência pulverulenta de cor branca	Localizada na face interior da viga do 3º vão, entre as 3ª e 4ª colunas da *loggia* do 2º andar; Situada numa zona protegida da chuva e numa pedra afectada por desagregação granular e plaquetas; Recolhida com pincel; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Interior da *loggia* do 2º andar		
HMV 16	Plaquetas	Espessura: 1 a 2 mm; Localizadas na superfície horizontal da viga do 3º vão do 2º andar, próximo da 3ª coluna; Situadas numa zona afectada por desagregação granular; Recolhidas com pinça metálica; Obtidas sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Friso sob o frontão		
HMV 17	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada na 3ª pedra (desde o pavimento) da ombreira Oeste da porta Oeste da *loggia* do 2º andar; Cota: 1,10 – 1,38 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Interior da *loggia* do 2º andar	Sul	

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (continuação).

Amostra	Classificação	Descrição / Observações	Localização	Orientação	Data
HMV 18	Eflorescência pulverulenta de cor branca	Localizada na viga do 5º vão da *loggia* do 1º andar, próximo da 5ª coluna; Resultante da escorrência de dejectos pássaros. Recolhida com pinça metálica e pincel; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares	Sul	2011-10-29
HMV 19	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada a meio vão da viga entre as 4ª e 5ª colunas da *loggia* do 1º andar; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			
HMV 20	Fragmento de granito de grão fino de cor cinzenta clara	Localizado na viga entre as 4ª e 5ª colunas da *loggia* do 1º andar, junto a HMV 19; Zona afectada por desagregação granular; Recolhido manualmente.			
HMV 21	Crosta negra	Cor cinzenta escura; Localizada próximo do pilar Oeste; Superfície inferior da crosta apresentava material pulverulento branco; As zonas limítrofes da crosta apresentavam-se destacadas da superfície pétrea a qual acompanhou a crosta negra destacada; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			
HMV 22	Material pulverulento sob a crosta negra HMV 21	Localizado no friso que separa as *loggias* dos 1º e 2º andares, próximo da 1ª coluna; Recolhido com pincel.			

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (continuação).

Amostra	Classificação	Descrição / Observações	Localização	Orientação	Data
HMV 23	Plaqueta	Espessura: 1 a 2 mm; Localizada no 3º vão, próximo da 3ª coluna; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares	Sul	2011-10-29
HMV 24	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada na 2ª pedra (acima do pavimento) da 4ª coluna da *loggia* do 1º andar à cota: 0,45 – 0,55 m; Situada numa pedra muito fissurada devido à oxidação de uma peça metálica; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão médio a grosseiro.	Interior da *loggia* do 1º andar	Norte	2011-10-30
HMV 25	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada na 4ª pedra (acima do pavimento) da 4ª coluna da *loggia* do 1º andar; Cota: 1,15 – 1,25 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			
HMV 26	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada na 7ª pedra (acima do pavimento) da 4ª coluna da *loggia* do 1º andar; Cota: 2,25 – 2,45 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			
HMV 27	Placa	Mais ou menos compacta; Espessura: 3 a 4 mm; Localizada na zona inferior, de superfície inclinada, da viga interior do 4º vão da *loggia* do 1º andar; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			
HMV 28	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada na pedra de fecho do 2º arco da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 2,95 – 3,10 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	2º arco da *loggia* do rés-do-chão	Sul	2011-11-01

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (continuação).

Amostra	**Classificação**	**Descrição / Observações**	**Localização**	**Orientação**	**Data**
HMV 29	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada na 2ª pedra a Oeste da pedra de fecho do 2º arco da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 2,80 – 2,90 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	2º arco da *loggia* do rés-do-chão	Sul	2011-11-01
HMV 30	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada na pedra de fecho do 4º arco da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 3,05 – 3,10 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			
HMV 31	Plaquetas	Espessura: 2 mm; Localizadas no friso sobre o 2º arco da *loggia* do rés-do-chão; Recolhidas com pinça metálica; Obtidas sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares		
HMV 32	Crosta negra	Cor cinzenta escura; Espessura: 2 mm; Localizada no lado Este do escudo; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Escudo		
HMV 33	Concha de junta	Localizada na pedra de fecho do 1º arco da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 3,20 – 3,30 m; Recolhida com pinça metálica.	1º arco da *loggia* do rés-do-chão		
HMV 34	Placa	Espessura: 5 a 6 mm; Localizada no peitoril da janela Oeste da *loggia* do rés-do-chão; Situada num local protegido da chuva; Recolhida manualmente e com pincel; Obtida sobre granito de grão médio a grosseiro.	Interior da *loggia* do rés-do-chão		

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (continuação).

Amostra	Classificação	Descrição / Observações	Localização	Orientação	Data
HMV 35	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada na zona inferior da 3ª pedra a Oeste da pedra de fecho do 2º arco da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 2,20 – 2,30 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	2º arco da *loggia* do rés-do-chão	Este	
HMV 36	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada no rosto da escultura da 3ª pedra a Oeste da pedra de fecho do 2º arco da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 2,40 – 2,50 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Escultura da 2ª coluna da *loggia* do rés-do-chão	Sul e Este	
HMV 37	Placa	Espessura: 3 mm; Localizada a meia altura da 2ª coluna da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 0,85 – 0,90 m Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	2ª coluna da *loggia* do rés-do-chão	Sul	2011-11-01
HMV 38	Plaquetas	Espessura: 1 mm; Localizadas na superfície inferior da 2ª pedra a Oeste da pedra de fecho do 2º arco da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 2,60 – 2,65 m; Situadas numa zona afectada por desagregação granular de intensidade forte; Recolhidas com pinça metálica; Obtidas sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	2º arco da *loggia* do rés-do-chão	Este	
HMV 39	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada na 3ª pedra a Oeste da pedra de fecho do 4º arco da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 2,20 – 2,35 m; Local protegido da chuva; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	4º arco da *loggia* do rés-do-chão		

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (continuação).

Amostra	Classificação	Descrição / Observações	Localização	Orientação	Data
HMV 40	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada no rosto da escultura 4ª coluna da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 2,30 – 2,40 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Escultura da 4ª coluna da *loggia* do rés-do-chão	Sul	2011-11-01
HMV 41	Placa	Espessura: 6 mm; Localizada aproximadamente a meia altura da 4ª coluna da *loggia* do rés-do-chão ; Cota: 0,70 – 0,77 m; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	4ª coluna da *loggia* do rés-do-chão		
HMV 42	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada acima do capitel da 5ª coluna da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 2,25 – 2,45 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	5ª coluna da *loggia* do rés-do-chão	Oeste	
HMV 43	Crosta negra	Cor cinzenta escura; Espessura: 2 a 3 mm; Situada no arco lateral voltado a Oeste, numa superfície em plano horizontal protegida da chuva; Cota: 3,13 m; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	*Loggia* do rés-do-chão – Arco do rés-do-chão da Fachada Oeste no Passeio das Mordomas da Romaria		2011-11-25
HMV 44	Crosta negra	Cor cinzenta escura; Espessura: 2 a 3 mm; Situada no arco lateral voltado a Oeste, numa superfície horizontal protegida da chuva, ao lado da amostra HMV 43; Cota: 3,13 m; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (continuação).

Amostra	Classificação	Descrição / Observações	Localização	Orientação	Data
HMV 45	Desagregação granular de intensidade forte	Localizada aproximadamente a meia altura da 4ª coluna da *loggia* do rés-do-chão na zona onde a placa da amostra HMV 41 já se destacou; Cota: 0,65 – 0,80 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	4ª coluna da *loggia* do rés-do-chão	Sul	
HMV 46	Plaquetas	Localizadas na 2ª coluna da *loggia* do rés-do-chão; Cota: 0,40 – 0,60 m; Estão associadas ao destacamento de uma grande placa que atingiu espessura máxima entre 15 e 21 mm; Recolhidas com pinça metálica; Obtidas sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	2ª coluna da *loggia* do rés-do-chão		2011-11-25
HMV 47	Placa	Espessura: 5 a 6 mm; Placa compacta, ainda não destacada e revestida com um filme castanho escuro; Localizada na base da 2ª coluna da *loggia* do rés-do-chão, abaixo do ponto de recolha da amostra HMV 46; Cota: 0,32 – 0,36 m; Recolhida com pinça metálica; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Base da 2ª coluna da *loggia* do rés-do-chão	Nordeste	
HMV 48	Plaquetas compactas	Localizadas abaixo da estátua do lado Sul da Porta das Chagas; Cota: 0,78 – 0,80 m; Recolhidas com pinça metálica; Obtidas sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Porta das Chagas	Oeste	2011-12-03
HMV 49	Desagregação granular	Localizada acima da estátua do lado Sul da Porta das Chagas; Cota: 2,77 – 3,00 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.			

Quadro 4.3 – Principais características das amostras recolhidas no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (continuação).

Amostra	Classificação	Descrição / Observações	Localização	Orientação	Data
HMV 50	Desagregação granular	Localizada no rosto da estátua do lado Norte da Porta das Chagas; Cota: 2,35 – 2,55 m; Recolhida com escova de plástico; Obtida sobre granito de grão fino de cor cinzenta clara.	Porta das Chagas	Oeste	2011-12-03
HMV 51	Argamassa de junta	Argamassa de grão fino e de cor bege muito clara; Localizada na pedra de fecho; Cota: 3,20 – 3,30 m; Recolhida com pinça metálica.	1º arco da *loggia* do rés-do-chão	Sul	2012-01-06
HMV 52	Concha de junta	Localizada na 2ª coluna no interior da *loggia* do 1º andar; Recolhida com pinça metálica.	Interior da *loggia* do 1º andar	Este	
HMV 53	Argamassa de junta	Argamassa de grão fino e de cor bege muito clara; Localizada na 2ª coluna no interior da *loggia* do 1º andar; Recolhida com pinça metálica.			
HMV 54	Concha de junta	Localizada na 5ª coluna do interior da *loggia* do 1º andar; Recolhida com pinça metálica.		Norte	
HMV 58	Tarolo de granito grão fino de cor bege clara	Tarolo extraído da 2ª pedra desde o pavimento na ombreira Este da porta Oeste da *loggia* do rés-do-chão; esta pedra é a 3ª em contagem desde o exterior da porta que dá acesso à *loggia* do rés-do-chão; A pedra apresenta desagregação granular; Cota: 0,65 m; Comprimento: 30 cm.	Interior do edifício ao nível do rés-do-chão		
HMV 59	Tarolo de granito de grão fino de cor cinzenta clara	Tarolo extraído da 3ª pedra desde o pavimento na "ombreira" Norte do nicho onde se situava o antigo cofre na divisão contígua à de onde se obteve o tarolo HMV 58; Cota: 2,60 m; Comprimento: 30 cm.		Sul	

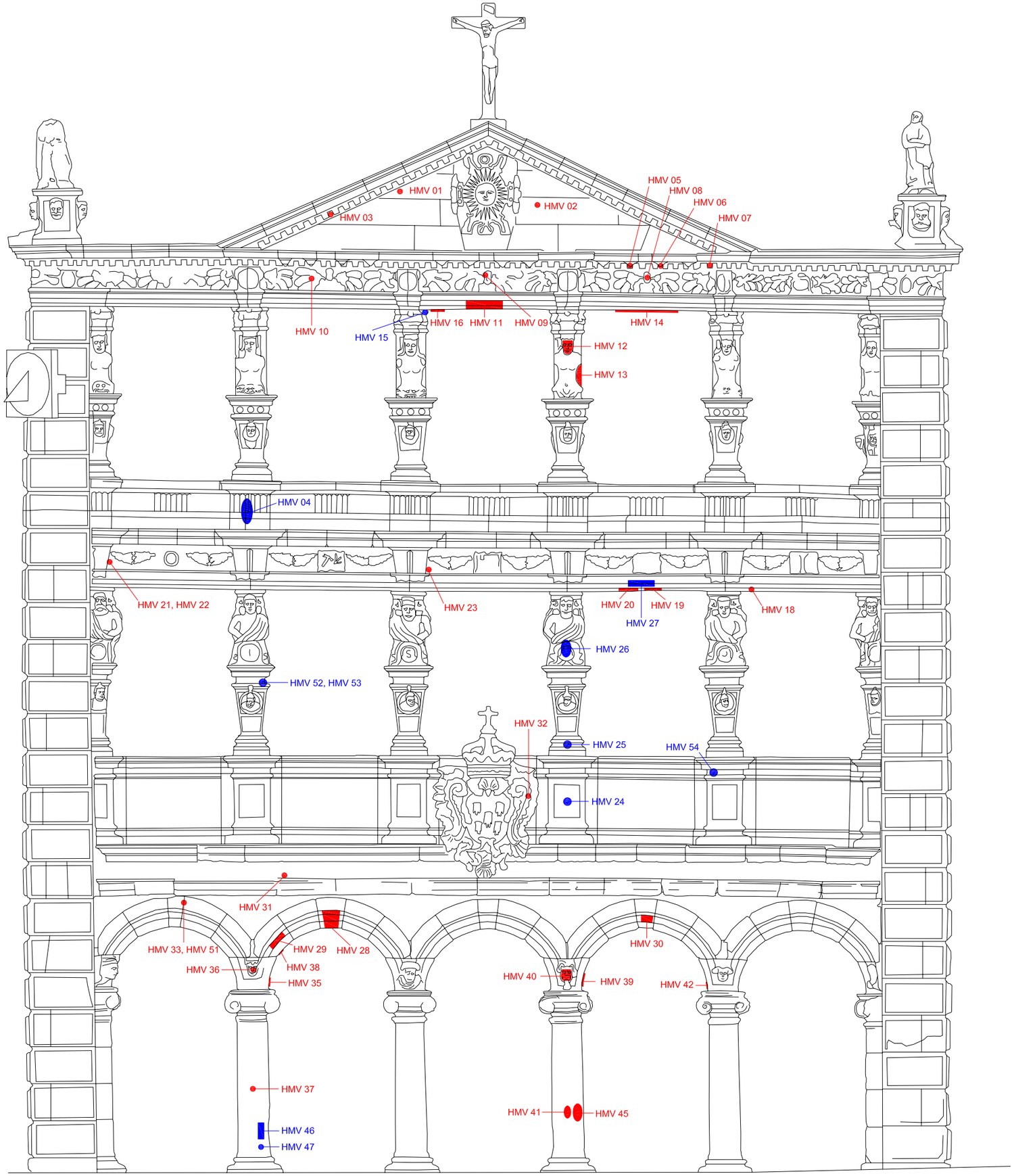


FIGURA 4.1

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO
AMOSTRAGEM NA FACHADA PRINCIPAL

Amostras do lado exterior da fachada

Amostras do lado interior da fachada

ESCALA: 1:50



FIGURA 4.2

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO
AMOSTRAGEM NOS ALÇADOS INTERIORES DAS *LOGGIAS*

Amostras dos alçados interiores das *loggias* e rés-do-chão

Amostras em divisões interiores

ESCALA: 1:50

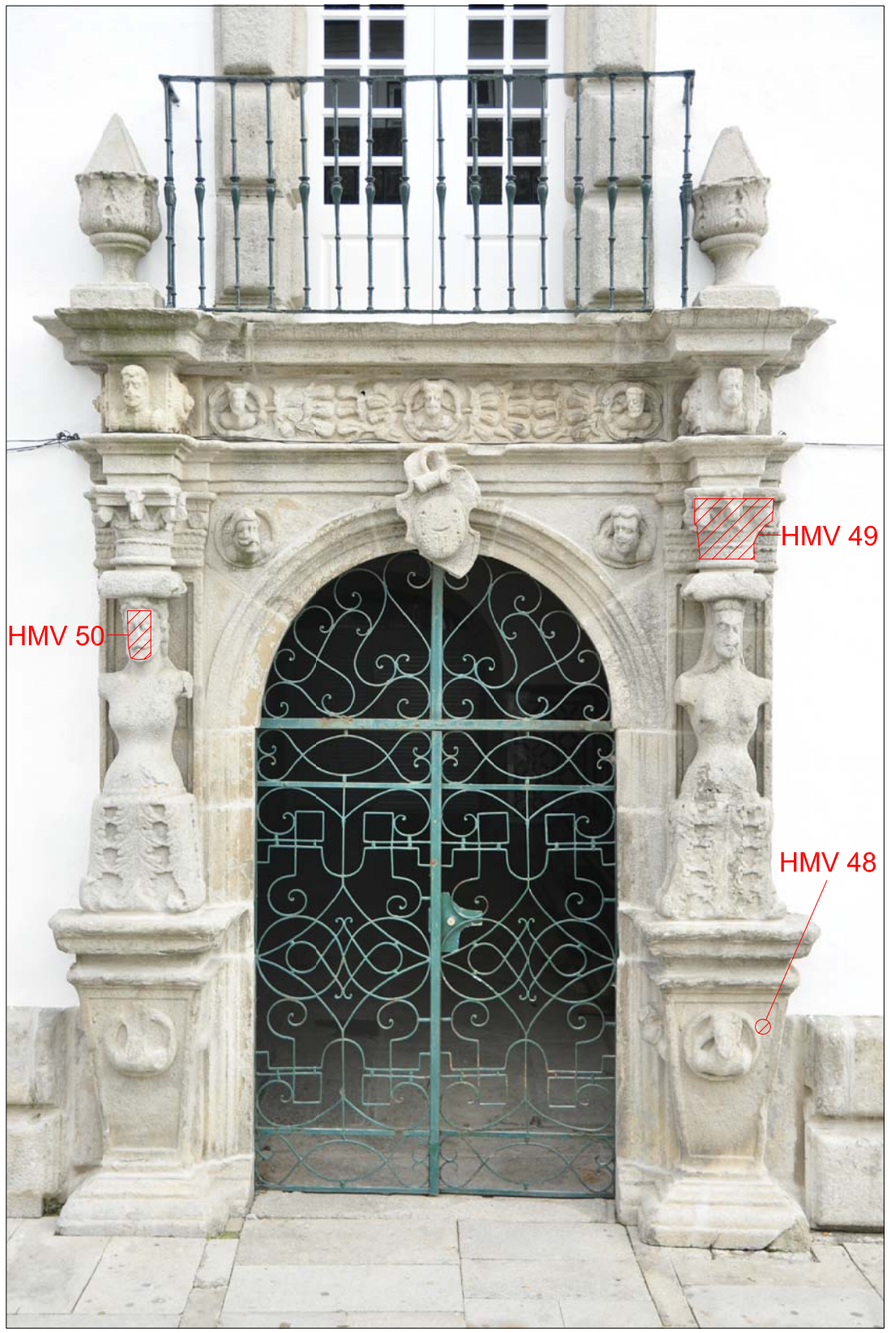


FIGURA 4.3

HOSPITAL DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE VIANA DO CASTELO

AMOSTRAGEM NA PORTA DAS CHAGAS

Amostras

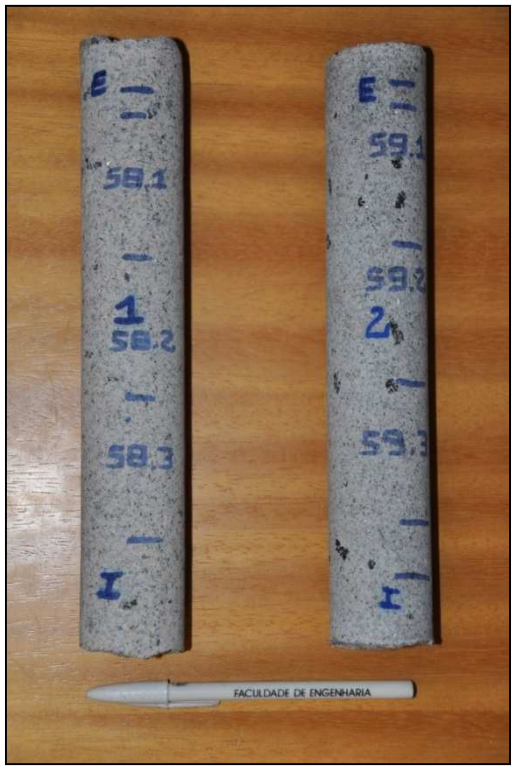
ESCALA: 1:25

Os dois tarolos cilíndricos, HMV 58 e HMV 59, com cerca de 4,5 cm de diâmetro, foram extraídos com recurso à máquina Hilti DD 160E do Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção (LEMC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

Cada tarolo foi dividido em três partes, obtendo-se, no total, seis provetes com cerca de 5,7 cm de altura denominados por HMV 58.1, HMV 58.2, HMV 58.3, HMV 59.1, HMV 59.2 e HMV 59.3 (Figura 4.4).



a) Tarolos HMV 58 (indicado pelo número 1) e HMV 59 (indicado pelo número 2) com a indicação das zonas exterior (E) e interior (I)



b) Tarolos prontos para serem cortados e originar os respectivos provetes

Figura 4.4 – Tarolos HMV 58 e HMV 59 extraídos no interior do edifício da Misericórdia de Viana do Castelo.

4.2. TÉCNICAS EXPERIMENTAIS

Nos estudos de caracterização dos minerais constituintes do granito de grão fino, rocha mais utilizada na Fachada Principal e na Porta das Chagas do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, e dos minerais de sais solúveis presentes nas deteriorações da pedra, utilizaram-se as técnicas de difracção dos raios X (DRX) e de microscopia electrónica de varrimento (MEV). Com o objectivo de caracterizar petrofisicamente o mesmo granito, em amostras meteorizadas com ou sem deterioração, foi determinada a porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}), a densidade aparente (d) e realizados os ensaios com o porosímetro de mercúrio, o ensaio de absorção de água por capilaridade e o de evaporação.

4.2.1. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

4.2.1.1. Difracção por raios X

A técnica de difracção dos raios X, aplicada à amostra integral (rocha total) e à fracção < 2 µm, permite a identificação e semi-quantificação das fases minerais cristalinas presentes em amostras de rochas, incluindo a identificação de minerais de muito reduzida dimensão. O resultado da análise é apresentado sob a forma de um difractograma, cujos picos, após comparação com fichas padrão de diferentes compostos, são atribuídos aos minerais presentes na amostra. A difracção por raios X não permite a observação dos minerais nem a detecção de minerais existentes em muito pequena quantidade na amostra. No caso de haver sobreposição de picos de diferentes minerais, não é possível identificar o mineral que aparece em menor quantidade, como sucede em alguns minerais de sais solúveis. Nesta situação, pode recorrer-se ao MEV para a sua identificação.

A técnica de DRX aplicada à rocha total e à fracção < 2 µm foi usada nas amostras HMV 58 e HMV59.

Antes de serem sujeitas a DRX, as fracções orientadas < 2 µm, previamente obtidas por ciclos sucessivos de lavagem e centrifugação, são submetidas a vários tratamentos (normal, glicol e aquecimento a 490˚C) com o propósito de se identificarem os minerais secundários resultantes do processo de meteorização do granito de grão fino na pedreira, antes da sua aplicação como pedra de construção do hospital.

Recorreu-se aos difractómetros do Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho Philips PW 1710, a 40kV e 20mA, com fenda de divergência automática e monocromador de grafite, utilizando uma radiação Kα Cu e o programa PC-APD versão 2,0 Philips (amostras de rocha total) e X'Pert PRO-MPD, a 50kV e 40mA, com fenda de divergência automática e monocromador de grafite, utilizando uma radiação Kα Cu e o programa X'Pert Philips Analytical (amostras da fracção < 2 µm).

4.2.1.2. Microscopia Electrónica de Varrimento

Esta técnica permite a observação, com elevada resolução, das amostras, bem como a identificação e análise química dos minerais e partículas nelas existentes, mesmo que muito pequenos. Tem como inconvenientes a possível não detecção de minerais que apareçam em muito pouca quantidade, dadas as grandes ampliações utilizadas, e o facto de não permitir a distinção de minerais de sais solúveis idênticos, mas com diferentes graus de hidratação, a não ser que exibam hábitos cristalinos típicos.

A análise por MEV foi efectuada no estudo mineralógico das seguintes 20 amostras de deteriorações: HMV 02, HMV 05, HMV 06, HMV 13, HMV 18, HMV 21, HMV 22, HMV 27, HMV 30, HMV 31, HMV 33, HMV 38, HMV 39, HMV 41, HMV 43, HMV 45, HMV 47, HVM 48, HMV 49 e HMV 51.

As observações por microscopia electrónica de varrimento (MEV) realizaram-se no Centro de Materiais da Universidade do Porto (CEMUP), recorrendo a um microscópio, modelo FEI Quanta FEG, equipado com o sistema de microanálise por raios-X (EDS) Edax Pegasus X4M. Todas as amostras foram revestidas a ouro-paládio e observadas e analisadas por electrões secundários ou rectrodifundidos a 20 keV 15 keV, 10 keV ou 7 keV e por períodos de tempo útil (livetime) iguais a 50 segundos.

Foi efectuada a tentativa de identificar os cristais constituídos por cálcio, carbono e oxigénio (se oxalato de cálcio ou se calcite) através da técnica de Electron Backscattered Diffraction (EBSD) na amostra HMV 18, conforme será abordado no Capítulo 6.

4.2.2. ENSAIOS PETROFÍSICOS

4.2.2.1. Porosidade livre às quarenta e oito horas

A porosidade aberta ou porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}) foi determinada no Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção (LEMC), recorrendo às técnicas e metodologias utilizadas no Laboratoire de Pétrophysique do Centre de Géochimie de la Surface de Strasbourg, CNRS e referidas por Mertz (1991), Hammecker (1993) e Begonha (2001). O ensaio decorreu sob condições atmosféricas normais de pressão e temperatura (20°C ± 2°C), para os provetes HMV 58.1, HMV 58.2, HMV 58.3, HMV 59.1, HMV 59.2 e HMV 59.3.

Este ensaio consistiu em, após secagem em estufa a 60ºC até peso constante (Wo), mergulhar os provetes em água destilada até um quarto da sua altura, durante uma hora. De seguida, acrescentou-se mais quantidade de água destilada por forma a que a sua altura atingisse metade da altura dos provetes. Os provetes foram mantidos nestas condições durante 23 horas. Decorrido esse tempo, foi novamente acrescentada água destilada de modo a que, durante mais 24 horas, os provetes ficassem totalmente submersos, com aproximadamente 2 cm de água destilada acima dos mesmos. Esta última fase encontra-se ilustrada na Figura 4.5. Sucedidas as 48 horas de ensaio, os provetes foram pesados, obtendo-se o peso W_{48}.

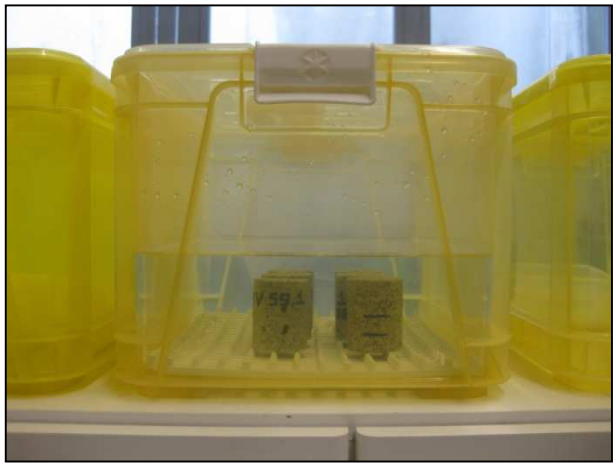


Figura 4.5 – Aspecto dos provetes durante o ensaio de determinação da porosidade livre às 48 horas.

A porosidade livre define-se, assim, pela equação 4.1, em que V corresponde ao volume do provete.

$$N_{48} = (W_{48} - Wo) \times 100/V \qquad (4.1)$$

O volume V foi obtido com recurso a uma craveira, determinando-se o diâmetro médio e a altura média de cada provete.

4.2.2.2. Densidade aparente

A densidade aparente, d, foi calculada através da razão entre o peso seco dos provetes Wo e o volume dos mesmos provetes.

4.2.2.3. Porosímetro de Mercúrio

O porosímetro de mercúrio permite o estudo do meio poroso das rochas, ou seja, do tamanho, forma, grau de interligação e número de famílias principais de poros ou de fissuras.

A determinação da porosidade ao mercúrio realiza-se em três fases, descritas por Mertz (1991) Hammecker (1993) e Begonha (1997, 2001). Na primeira fase, denominada por drenagem ou primeira injecção, é injectado sucessivamente mercúrio sob pressões crescentes, em poros cada vez mais pequenos da amostra. Na segunda fase do processo, ocorre uma embebição com mercúrio sob a forma de vapor por desabsorção de mercúrio líquido, sob pressões aplicadas decrescentes de mercúrio líquido. No final desta etapa, a quantidade de mercúrio retirado da amostra é inferior à injectada no final da fase anterior de drenagem, devido à retenção de pequenas gotículas isoladas de mercúrio líquido no interior da rede porosa, constituindo a porosidade retida. A terceira fase, segunda drenagem ou segunda injecção, nem sempre realizada, permite observar o fenómeno de histerese relativamente à embebição. Para uma determinada pressão, a amostra contém maior quantidade de mercúrio líquido na fase de embebição do que na segunda drenagem (última fase). Hammecker (1993), citando outros autores, refere que este fenómeno de histerese pode ser devido a uma variação do ângulo de contacto do mercúrio nas fases de injecção e desabsorção.

Dullien (1979) e Mertz (1991) referem que a quantidade de mercúrio líquido injectado depende, para cada pressão aplicada, não só do tamanho dos poros, mas sobretudo da dimensão dos raios dos acessos aos poros.

Dado que a rede porosa dos granitos é essencialmente de tipo fissural (Delgado Rodrigues, 1978, Castro *et. al.* 1990b, Castro *et. al.* 1991a, Castro *et. al.* 1991b, Begonha 1997, 2001, Delgado Rodrigues e Costa, 2000), isto é, constituída principalmente por fissuras e não por poros, no sentido que lhes é habitualmente atribuído nas rochas sedimentares, os raios de acesso aos poros serão designados por raios de acesso às fissuras. De igual modo, optar-se-á pela designação de famílias de fissuras e não de famílias de poros como é habitual na literatura mais vocacionada para rochas sedimentares.

O ensaio com o porosímetro de mercúrio permite a determinação das larguras/diâmetros de acesso das principais famílias de fissuras ou poros (d_a), da porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}), da microporosidade (N_μ - fissuras/poros com abertura/diâmetro inferior a 7,5 µm), da macroporosidade (N_M - fissuras/poros com abertura/diâmetro superior a 7,5 µm) e da razão entre a microporosidade e a porosidade total ao mercúrio (N_μ/N_{Hg}). A porometria foi determinada nas amostras de granito de grão fino meteorizado HMV 04, HMV 20, HMV 41, HMV 58 e HMV 59.

Para a realização do ensaio em análise, recorreu-se ao equipamento AutoPore IV da Micromeritics da Unidade de Materiais Granulares (UGRAN) do Laboratório de Ensaios, Desgaste e Materiais do Instituto Pedro Nunes (IPNled&mat) da Universidade de Coimbra, que opera numa gama de pressões compreendida entre 0,5 psia e 33000 psia, permitindo assim a intrusão de mercúrio em poros e/ou fissuras de diâmetro e/ou largura compreendidos entre 360 µm, para a pressão mínima, e 5,5 nm, para a pressão máxima.

4.2.2.4. Absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade consiste na capacidade dos materiais em captar a água acima do nível que apresenta a superfície líquida em contacto com eles.

O ensaio de absorção de água por capilaridade foi realizado no LEMC, segundo as técnicas e metodologias utilizadas no Laboratoire de Pétrophysique do Centre de Géochimie de la Surface de Strasbourg, CNRS e referidas por Mertz (1991), Hammecker (1993) e Begonha (1997, 2001).

Previamente secos em estufa a uma temperatura de 60ºC até peso constante, os provetes cilíndricos HMV 58.1, HMV 58.2, HMV 58.3, HMV 59.1, HMV 59.2 e HMV 59.3 foram colocados verticalmente sobre uma grelha no interior de um recipiente, dentro do qual se manteve uma altura de água destilada de aproximadamente 2 mm. Este recipiente foi hermeticamente fechado por forma a manter uma temperatura de 20ºC e uma humidade relativa aproximada de 100%, de modo a evitar o fenómeno de evaporação.

Durante este ensaio, foram registados o peso, a altura da franja capilar e os instantes de realização desses registos, para cada provete. O processo terminou quando o peso dos provetes se tornou constante.

Na Figura 4.6, é possível observar o aspecto dos provetes (e altura da franja capilar) durante o ensaio de absorção de água por capilaridade.

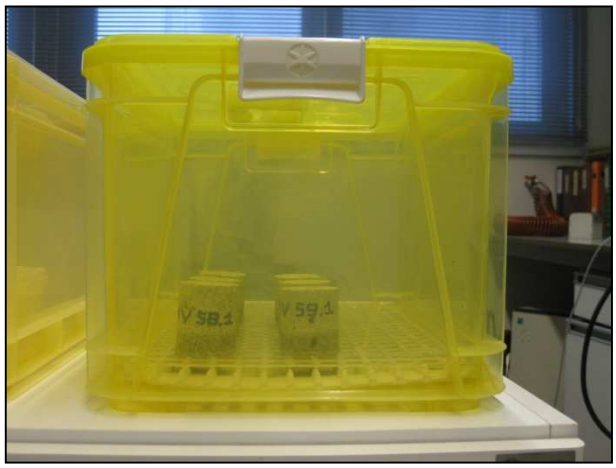


Figura 4.6 – Aspecto dos provetes durante o ensaio de absorção de água por capilaridade.

As curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete (dW/S) e da franja capilar (L) permitem determinar estatisticamente, realizando um ajuste linear, o aumento de peso por unidade de superfície e unidade de raiz quadrada do tempo (coeficiente de capilaridade A) e a ascensão da franja capilar por unidade de raiz quadrada do tempo (coeficiente de capilaridade B).

É possível ainda perceber se uma amostra se comporta como possuindo uma rede porosa unimodal ou bimodal. Perante uma rede porosa unimodal, o primeiro segmento (A) termina quando a franja capilar (B) atinge o topo do provete (Figura 4.7), ou seja, o aumento de peso corresponde ao preenchimento de todos os poros livremente acessíveis ao fim de 48 horas. Perante uma rede porosa bimodal, em vez de um troço inicial, apresentam-se dois segmentos de diferente declive, os segmentos A e A_1 que se observam na Figura 4.8. O segmento A termina quando a franja capilar atinge o topo do provete (Figura 4.8), o que corresponde ao preenchimento da família de poros representativa do maior volume e não forçosamente a de poros de maiores dimensões. O troço A_1 está associado ao preenchimento da segunda família de poros (Figura 4.8).

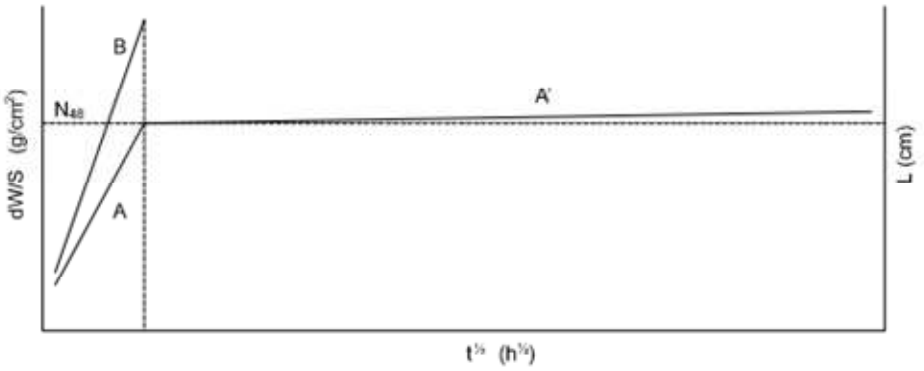


Figura 4.7 – Ensaio de absorção de água por capilaridade. Exemplo de amostra com rede porosa unimodal.

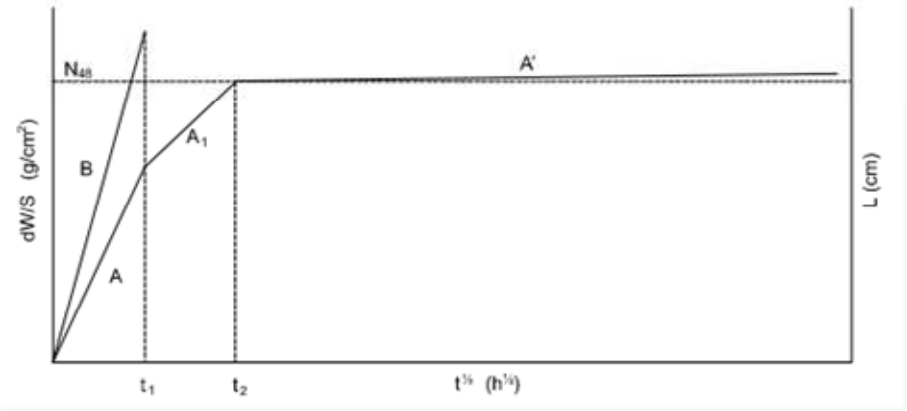


Figura 4.8 – Ensaio de absorção de água por capilaridade. Exemplo de amostra com rede porosa bimodal.

Nas duas situações descritas, o troço A' corresponde à difusão na água de bolhas de ar que permaneceram retidas na rede porosa.

No entanto, é de salientar que o porosímetro de mercúrio pode demonstrar duas famílias de fissuras e o ensaio de absorção de água por capilaridade, apenas uma.

4.2.2.5. Evaporação

O ensaio de evaporação foi realizado no LEMC, segundo as técnicas e metodologias utilizadas no Laboratoire de Pétrophysique do Centre de Géochimie de la Surface de Strasbourg, CNRS e referidas por Mertz (1991), Hammecker (1993) e Begonha (2001), logo após o ensaio de determinação da porosidade livre às 48 horas.

Os provetes cilíndricos foram envoltos com uma película aderente de polietileno presa por um elástico, de modo a não ocorrerem perdas de vapor de água, ficando apenas com uma das faces livre para ocorrer a evaporação (face que no ensaio da porosidade livre às 48 horas esteve em contacto com a água destilada). Nestas condições, os provetes foram colocados num recipiente hermeticamente fechado sob temperatura (20ºC) e humidade relativa (75%) constantes. O controlo da humidade relativa foi conseguido através da presença de uma solução sobressaturada de cloreto de sódio que permitia a absorção do vapor de água proveniente da evaporação nos provetes.

A Figura 4.9 mostra o aspecto dos provetes durante o ensaio de evaporação.



Figura 4.9 – Aspecto dos provetes durante o ensaio de evaporação.

Durante o ensaio, foi registado o peso dos provetes e o instante em que foram realizadas as pesagens. Os dados obtidos permitem construir a curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo. Desta curva, é possível determinar o fluxo de evaporação do vapor de água (q), que corresponde ao troço inicial onde existe proporcionalidade entre o tempo e a variação do peso por superfície; a saturação crítica Sc, ponto onde o fluxo de evaporação deixa de ser constante, ou seja, ponto a partir do qual a evaporação deixa de se realizar na superfície do provete, passando a efectuar-se no seu interior; e o instante t_{Sc} em que ocorre a saturação crítica Sc.

5
ESTUDO DO GRANITO DE GRÃO FINO

5.1. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

A observação macroscópica e por microscopia electrónica de varrimento permitiu verificar que o granito de grão fino, de duas micas, não orientado, empregue no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo tem a seguinte composição mineralógica: quartzo, feldspato potássico, plagióclase sódica, moscovite e rara biotite. Como minerais acessórios identificaram-se a turmalina, o zircão e a apatite.

5.1.1. DIFRACÇÃO DE RAIOS X

A análise por DRX da rocha total (Figura 5.1) das amostras HMV 59 e HMV 58 mostrou que as mesmas contêm pequena percentagem média de minerais secundários (1%). A análise por DRX da fracção < que 2 µm com os tratamentos normal, glicol e aquecimento (Figuras 5.2 e 5.3) das duas amostras, permitiu identificar os minerais secundários caulinite ($Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$) e gibsite ($Al(OH)_3$). A caulinite foi identificada pelos picos a 7,32 Å, 4,48 Å e 3,88 Å na amostra HMV 59 e pelos picos a 7,22 Å, 3,59 Å, 4,47 Å e 3,86 Å na amostra HMV 58. A gibsite foi detectada pelo pico a 4,84 Å nas duas amostras. Semi-quantitativamente calcularam-se as percentagens de mica, caulinite e gibsite na fracção < 2 µm, sendo respectivamente iguais a 55%, 3% e 42% na amostra HMV 59 e 52%, 41% e 7% na amostra HMV 58.

O Quadro 5.1 expõe a percentagem de minerais secundários, determinados com recurso à análise por DRX da rocha total, em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

A partir da sua análise, pode-se concluir que o Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo possui uma percentagem de minerais secundários que se enquadra com os demais edifícios e monumentos de Portugal, sendo, em geral, inferior aos mesmos. Apresenta um valor superior à percentagem média de minerais secundários do granito de grão fino a médio meteorizado da igreja de São Pedro de Rates (média de 0,8% – Begonha, 2002c, 2002d) e do granito do Porto meteorizado do Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio (média de 0,5% – Moutinho, 2005). Situa-se no limite dos intervalos de valores definidos para o granito do Porto meteorizado da Casa na rua de São Roque da Lameira (0% – 1% – Begonha, 1997, 2001), do Palácio da Bolsa (1% – 2% – Begonha, 2006) e no intervalo de valores determinado para o granito do Porto meteorizado com ou sem desagregação granular do Mosteiro da Serra do Pilar (0,9% – 1,4% – Madureira, 2008).

Dada a semelhança entre o granito empregue no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo e o microgranito da Igreja Matriz de Caminha, far-se-á uma comparação mais atenta entre os dois granitos em causa

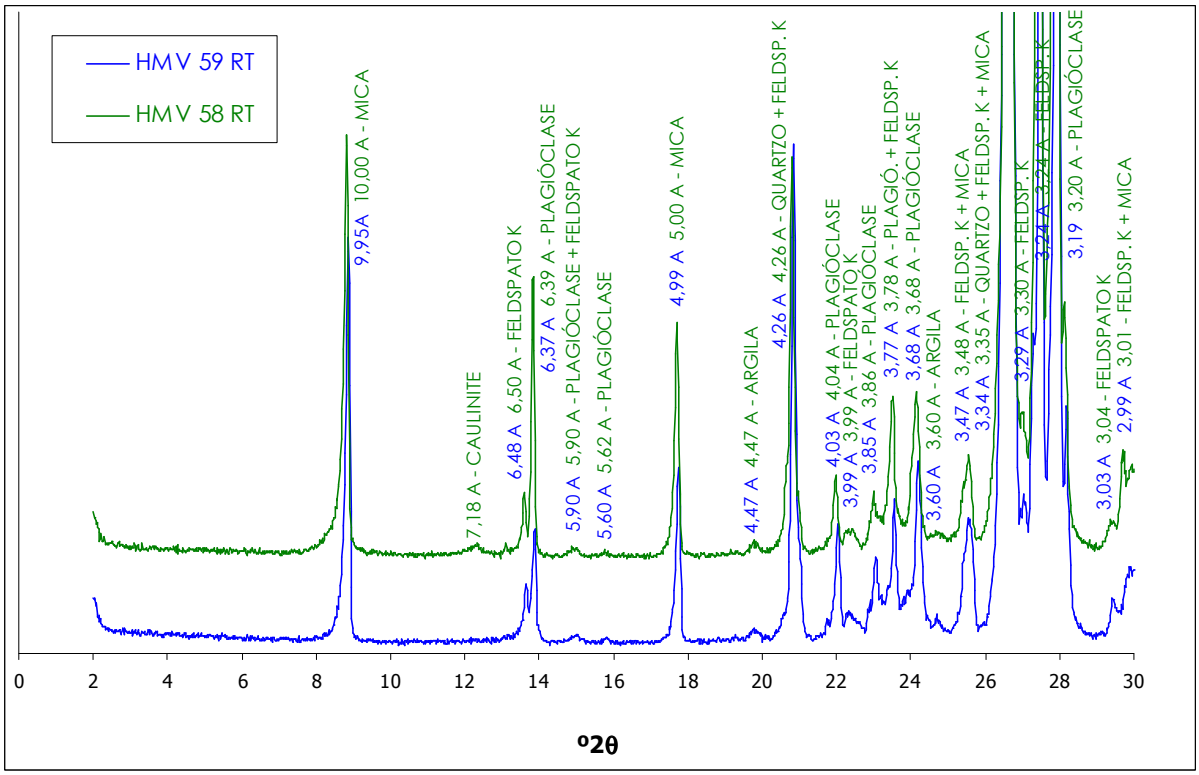


Figura 5.1 – Difractograma dos raios X das amostras HMV 59 e HMV 58 – rocha total.

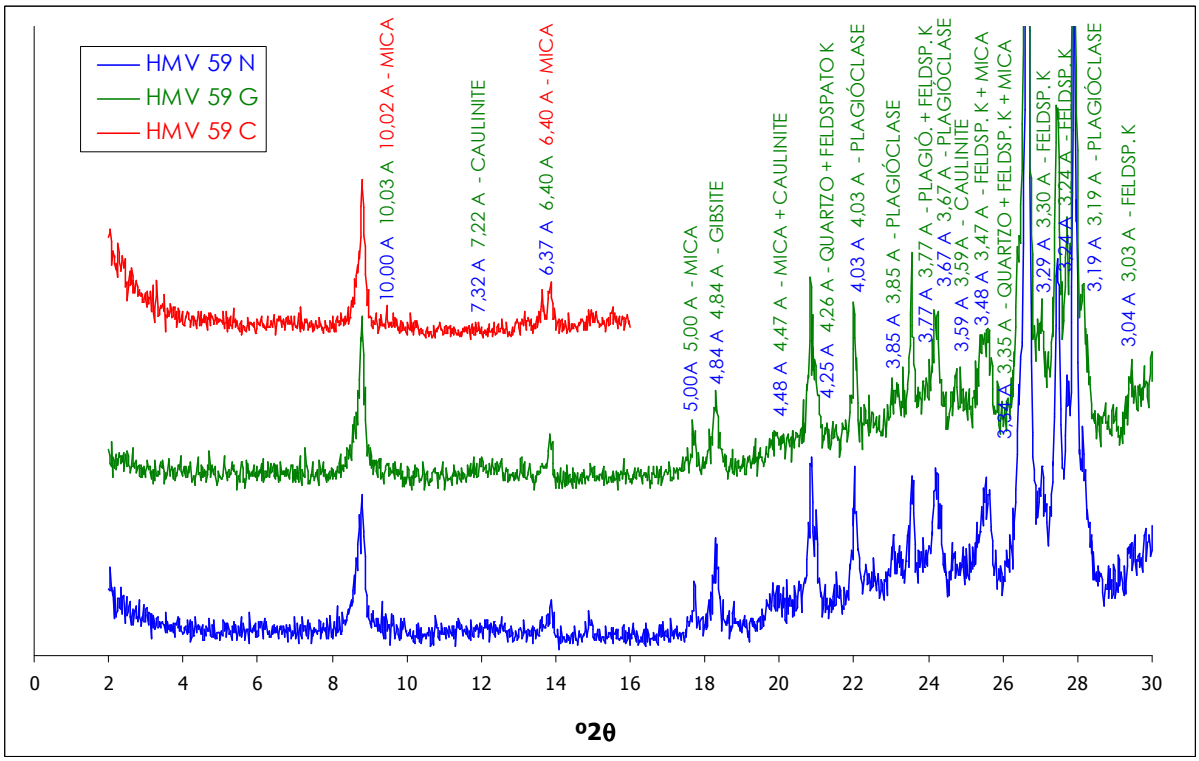


Figura 5.2 – Difractogramas dos raios X da amostra HMV 59 – Fracção < 2 µm – Normal, glicol e aquecimento.

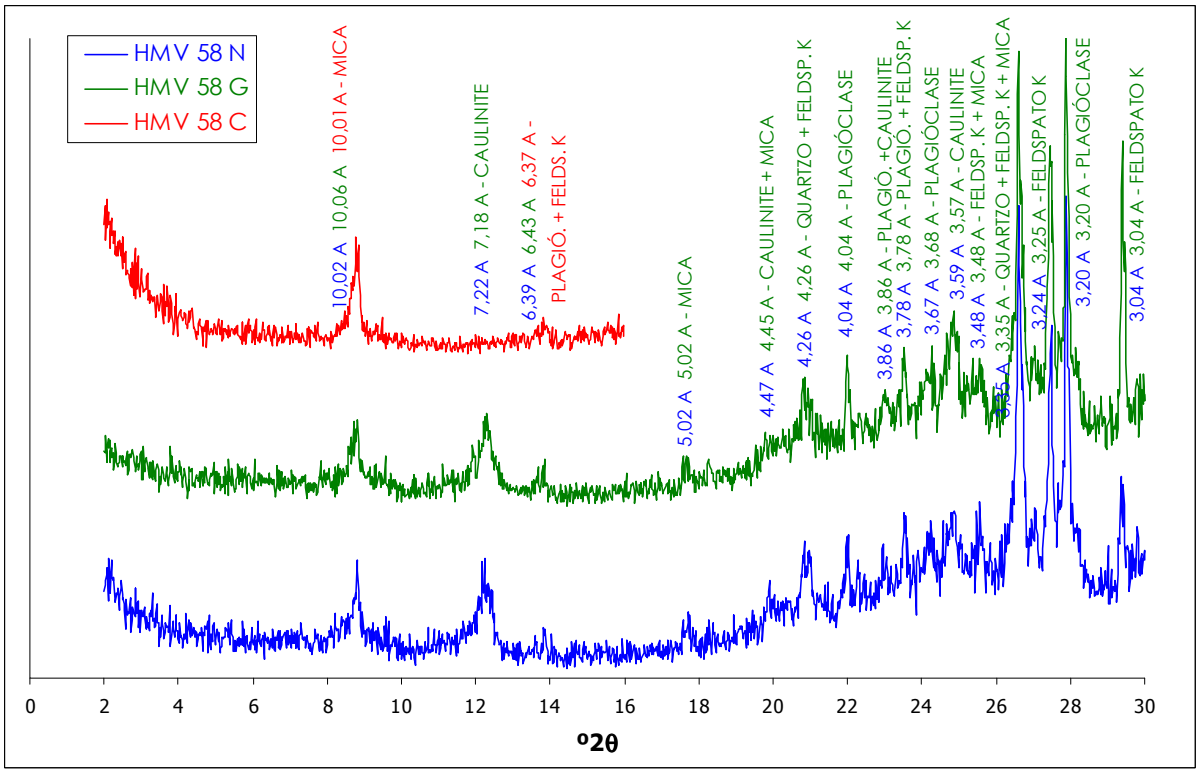


Figura 5.3 – Difractogramas dos raios X da amostra HMV 58 – Fracção < 2 µm – Normal, glicol e aquecimento.

Assim, relativamente à percentagem de minerais secundários, denota-se que o microgranito da igreja Matriz de Caminha detém o dobro da percentagem média determinada para o edifício da Misericórdia.

No

Quadro 5.2, são exibidas as percentagens dos minerais secundários detectados na fracção < 2 µm, em granitos empregues em vários monumentos e edifícios de Portugal.

Como referido anteriormente, as percentagens de mica, caulinite e gibsite na fracção < 2 µm, são iguais a 55%, 3% e 42%, respectivamente, na amostra de granito de grão fino meteorizado, afectado por desagregação granular de intensidade intermédia e iguais a 52%, 41% e 7% na amostra de granito de grão fino meteorizado, não deteriorado.

Observando o Quadro 5.2, verifica-se que, para além da mica, os minerais secundários caulinite e gibsite são comuns ao granito dos vários monumentos e edifícios apresentados. De facto, estes dois minerais são considerados os dois produtos finais do processo de meteorização dos granitos no Noroeste de Portugal (Sequeira Braga, 1988, Sequeira Braga *et al*., 1989, Brilha, 1992, Begonha, 1997, 2001, Begonha e Sequeira Braga, 2002, Sequeira Braga *et al*., 2002, Begonha *et al.* 2010).

Todavia, as percentagens dos minerais secundários variam de monumento para monumento e, de acordo com os trabalhos supramencionados, o granito com maior grau de meteorização exibe, tendencialmente, maior percentagem de caulinite e gibsite.

A presença destes dois minerais revela que as pedras de granito de grão fino já se encontravam meteorizadas aquando da construção do Hospital da Misericórdia, facto usual nos monumentos do Norte de Portugal construídos com granitos de duas micas. Tal ficou a dever-se não só à grande profundidade dos perfis de meteorização na região Norte do país, dificultando a extracção de rocha sã,

mas também à maior facilidade em trabalhar pedras já meteorizadas, mais brandas do que as de granito são.

Quadro 5.1 – Percentagem de minerais secundários, determinados com recurso à análise por DRX da rocha total, em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	**Rocha total - % Minerais Secundários**	
	Média ± Desvio Padrão (%)	**Intervalo de Variação (%)**
Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado com ou sem desagregação granular	**1**	
Granito do Porto não meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	0	
Granito do Porto meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	2,4	1 – 4
Hospital de Santo António – Granito do Porto meteorizado, não deteriorado (Begonha, 1997, 2001)	1,3	1 – 2
Hospital de Santo António – Granito do Porto meteorizado, afectado por desagregação granular (Begonha, 1997, 2001)	2,5	1 – 4
Casa na rua de São Roque da Lameira – Granito do Porto meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	0,8 ± 0,4	0 – 1
Torre dos Clérigos – Granito do Porto meteorizado afectado por desagregação granular (Begonha, 1997, 2001)	3,9 ± 1,4	1 – 6
Igreja do Carmo – Granito do Porto meteorizado afectado por desagregação granular (Begonha, 1997, 2001)	3 ± 0,8	2 – 4
Mosteiro de São Salvador de Grijó – Granito de duas micas orientado, afectado por desagregação granular (Begonha e Sequeira Braga, 2000)	2,5 ± 0,9	1,6±0,7 – 2,9±0,7
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (Begonha, 2000)	2,4	2,2 – 2,5
Igreja de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã muito meteorizado (Begonha, 2002a)	3,3	2,4 – 4,3
Casa do Senhor Doutor João Morais Cabral em Vila Praia de Âncora – Gneisse da Gandra meteorizado afectado por desagregação granular (Begonha, 2002b)	5,4	5,1 – 5,8
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio meteorizado (Begonha, 2002c, 2002d)	0,8	0,8 – 0,8
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio meteorizado com desagregação granular (Begonha, 2002c, 2002d)	1,8	0,9 – 2,5
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro meteorizado (Begonha, 2002c, 2002d)	1,3	
Igreja Matriz de Espinho – Granito de duas micas, de grão grosseiro, meteorizado afectado por desagregação granular (Begonha, 2003a)	1,6	1,4 – 1,8
Igreja Matriz de Espinho – Granito de duas micas, de grão médio, meteorizado afectado por desagregação granular (Begonha, 2003a)	2,7	2,3 – 3,1
Antiga Alfândega de Vila do Conde – Granito de duas micas de grão médio meteorizado (Ferreira, 2004)	2,3	1,2 – 3,4
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito afectado por desagregação granular (Begonha, 2004a)	2,0	
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio afectado por desagregação granular (Begonha, 2004a)	2,1	
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto meteorizado (Moutinho, 2005)	0,5	
Palácio da Bolsa – Granito do Porto meteorizado (Begonha, 2006)		1 – 2
Mosteiro da Serra do Pilar – Granito do Porto meteorizado com ou sem desagregação granular (Madureira, 2008)		0,9 – 1,4

Quadro 5.2 – Percentagem dos minerais secundários identificados na fracção < 2µm no granito de monumentos e edifícios de Portugal.

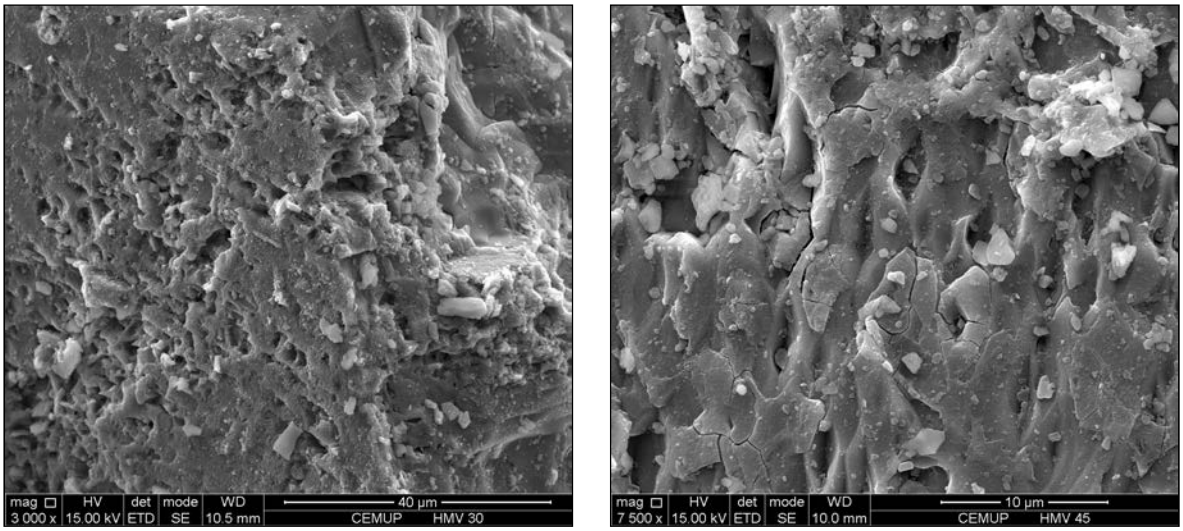
Monumento ou edifício estudado	Minerais identificados por DRX na Fracção < 2 µm [média (intervalo de variação)]		
	Mica (%)	Caulinite (%)	Gibsite (%)
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado, não deteriorado	**52**	**41**	**7**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular de intensidade intermédia	**55**	**3**	**42**
Granito do Porto meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	41 (11 – 72)	31 (17 – 53)	26 (0 – 61)
Hospital de Santo António – Granito do Porto meteorizado, não deteriorado (Begonha, 1997, 2001)	73 (59 – 85)	24 (15 – 30)	3 (0 – 17)
Hospital de Santo António – Granito do Porto meteorizado, afectado por desagregação granular (Begonha, 1997, 2001)	39 (4 – 91)	25 (4 – 52)	36 (0 – 92)
Mosteiro de São Salvador de Grijó – Granito de duas micas orientado, afectado por desagregação granular (Begonha e Sequeira Braga, 2000)	86	14	0
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (Begonha, 2000)	45 (39 – 54)	17 (6 – 30)	39 (28 – 52)
Igreja de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã muito meteorizado (Begonha, 2002a)	53	27	20
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio meteorizado (Begonha, 2002c, 2002d)	45 (44 – 46)	55 (54 – 56)	0 (0 – 0)
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro meteorizado (Begonha, 2002c, 2002d)	28	39	33
Igreja Matriz de Espinho – Granito de duas micas, de grão grosseiro, meteorizado afectado por desagregação granular (Begonha, 2003a)	65 (59 – 72)	20 (11 – 28)	15 (0 – 30)
Igreja Matriz de Espinho – Granito de duas micas, de grão médio, meteorizado afectado por desagregação granular (Begonha, 2003a)	54 (38 – 69)	25 (19 – 31)	21 (0 – 42)
Antiga Alfândega de Vila do Conde – Granito de duas micas de grão médio meteorizado (Ferreira, 2004)	54 (15 – 85)	18 (5 – 50)	29 (0 – 80)

No granito do Porto meteorizado, afectado por desagregação granular, da Torre dos Clérigos, foram igualmente identificados os minerais caulinite e gibsite, mas na fracção < 63 µm (Begonha, 1997, 2001).

5.1.2. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE VARRIMENTO

Os estudos por MEV nas amostras HMV 30, HMV 45 e HMV 48 de granito de grão fino permitiram observar alguns aspectos ligados à meteorização da plagióclase sódica (Figura 5.4), bem como identificar a caulinite (Figuras 5.5 e 5.6f) nas amostras HMV 13, HMV 22, HMV 30, HMV 31, HMV 38, HMV 39, HMV 41 e HMV 48 e a gibsite (Figuras 5.5f e 5.6) nas amostras HMV 13, HMV 22, HMV 30 HMV 31 e HMV 41. A caulinite resulta da meteorização da moscovite (amostra HMV 30 – Figura 5.2f e amostra HMV 41 – Figura 5.5d), da biotite (amostras HMV 22, HMV 31 e HMV 38 – Figura 5.5a), do feldspato potássico (amostra HMV 39 – Figura 5.5c) e da plagióclase sódica (amostra

HMV 48 – Figura 5.5e). A gibsite resulta igualmente da meteorização da moscovite (amostra HMV 13 – Figura 5.6a, amostra HMV 30 – Figuras 5.5f e 5.6e e amostra HMV 41 – Figura 5.6c) e da biotite (amostra HMV 31 – Figura 5.6d).



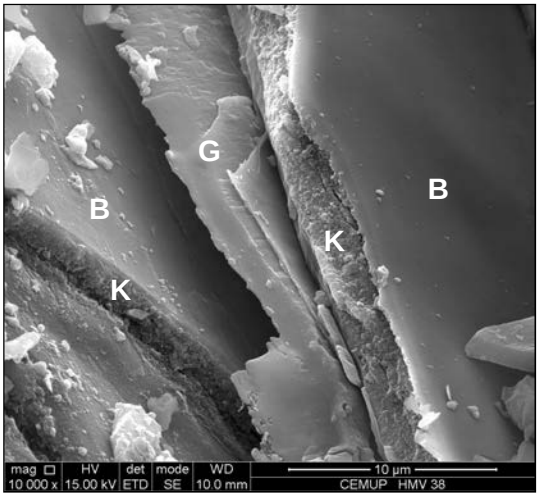
a) HMV 30 – Plagióclase sódica meteorizada b) HMV 45 – Plagióclase sódica meteorizada

Figura 5.4 – Plagióclase sódica meteorizada – Imagens obtidas por MEV.

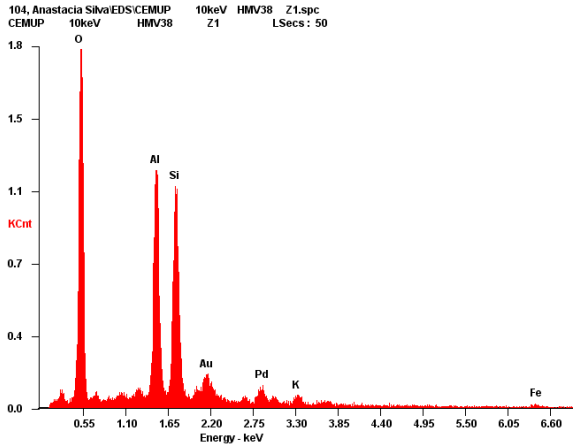
A detecção dos minerais secundários cauline e gibsite vem corroborar a ideia já apresentada de que o granito já se encontrava meteorizado aquando da construção do edifício da Misericórdia de Viana do Castelo.

Os dois minerais secundários foram identificados em pedras de granito do Porto de duas micas do Hospital de Santo António (Sequeira Braga *et al*, 1993, Begonha e Sequeira Braga, 1993, Begonha, 1997, 2001), Torre dos Clérigos (Begonha, 1997, 2001), Igreja do Carmo (Begonha, 1997, 2001), Faculdade de Ciências, actual Reitoria da Universidade do Porto (Oliveira, 2001), Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio (Moutinho, 2005), Igreja de Nossa Senhora da Lapa (Begonha, 2005, 2011), no Palácio da Bolsa (Begonha, 2006) e no Mosteiro da Serra do Pilar (Madureira, 2008).

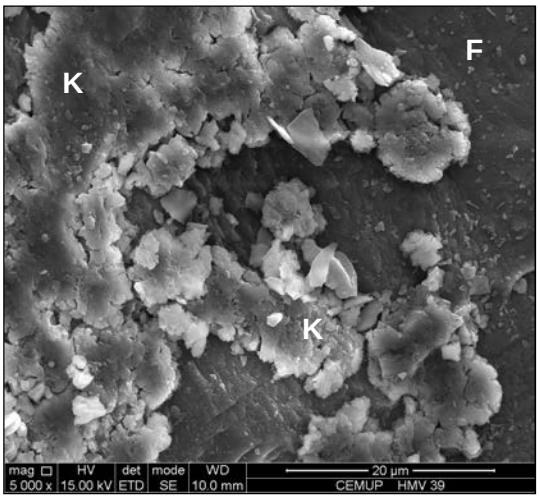
Os dois minerais secundários foram ainda identificados em pedras de granitos de duas micas no Mosteiro de São Miguel de Refojos em Cabeceiras de Basto (Begonha, 2000), na Igreja de São Pedro de Rates (Begonha, 2002c, 2002d, 2009a), na Igreja de São João de Tarouca (Begonha, 2002a), na Igreja de Nossa Senhora da Ajuda, Matriz de Espinho (Begonha, 2003a), na Igreja de São João Baptista, Matriz de Vila do Conde (Begonha, 2003c), no Chafariz de Caminha (Begonha, 2003d), na Antiga Alfândega de Vila do Conde (Ferreira, 2004), no Convento de São Gonçalo de Amarante (Begonha, 2004a, 2009a), na Igreja de Nossa Senhora da Assunção, Matriz de Caminha (Begonha, 2004b), na Sé de Évora (Costa, 2007), na Igreja de Santa Clara em Vila do Conde (Costa Leite, 2008) e no Mosteiro de Travanca (Begonha e Novais, 2011). Foram ainda identificados no gneisse da Gandra meteorizado, afectado por desagregação granular aplicado na Casa do Senhor Doutor João Morais Cabral em Vila Praia de Âncora (Begonha, 2002b).



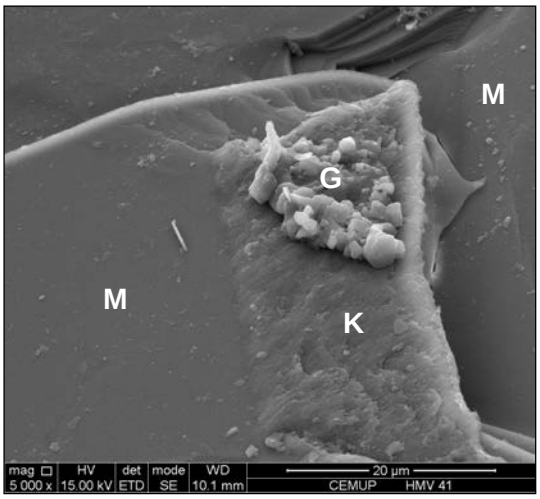
a) HMV 38 – Caulinite (K) resultante da meteorização da biotite (B); gesso (G) entre os folhetos de biotite



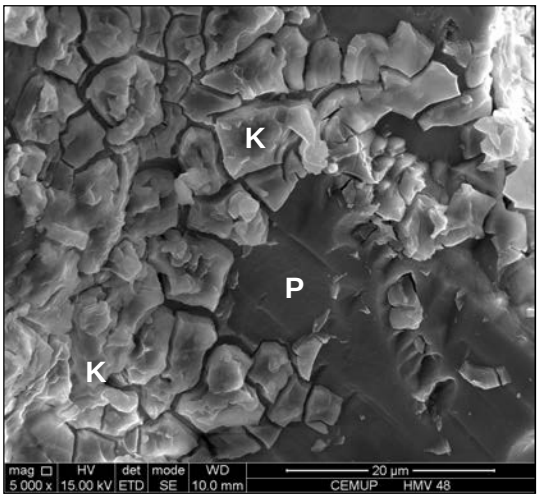
b) HMV 38 – Caulinite – Espectro



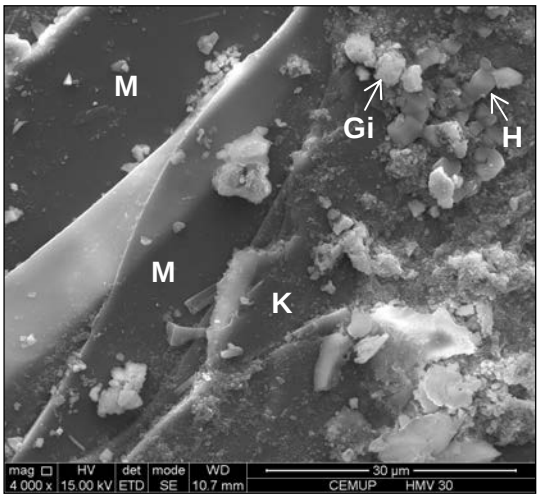
c) HMV 39 – Caulinite (K) sobre feldspato potássico (F)



d) HMV 41 – Caulinite (K) resultante da meteorização da moscovite (M); gesso (G) sobre a caulinite

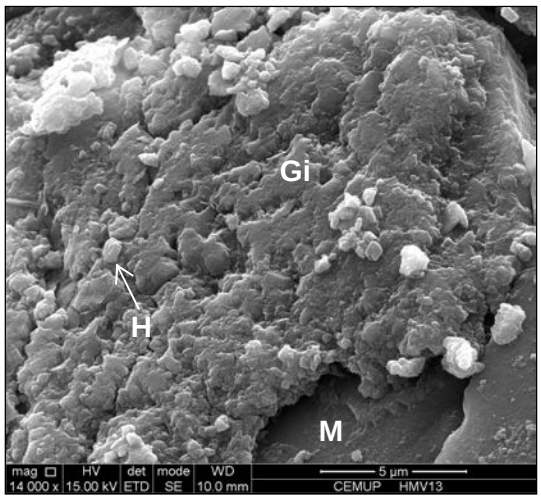


e) HMV 48 – Caulinite (K) sobre plagióclase sódica (P)

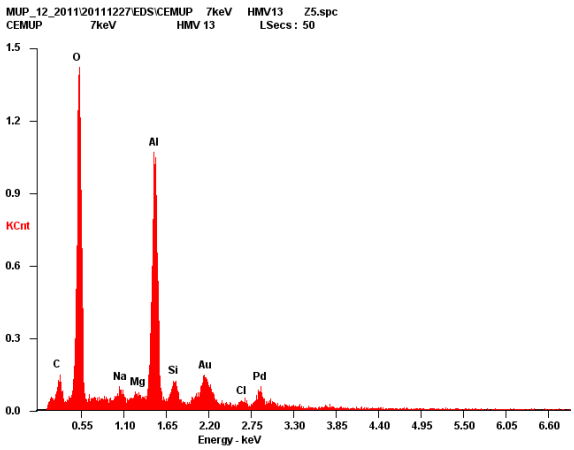


f) HMV 30 – Caulinite (K) e gibsite (Gi) resultantes da meteorização da moscovite (M); halite sobre a caulinite

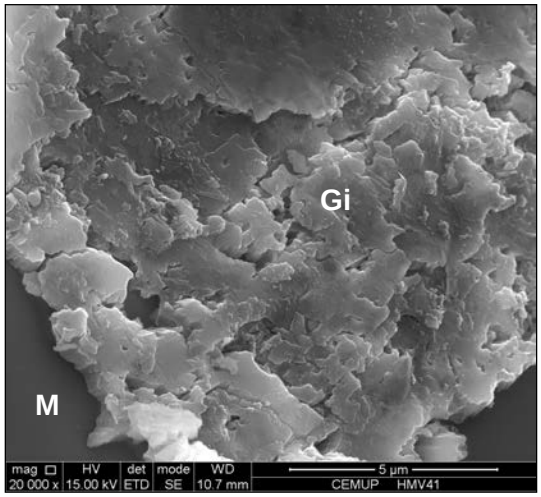
Figura 5.5 – Caulinite resultante da meteorização da moscovite, biotite, feldspato potássico e plagióclase sódica – Imagens e espectro obtidos por MEV.



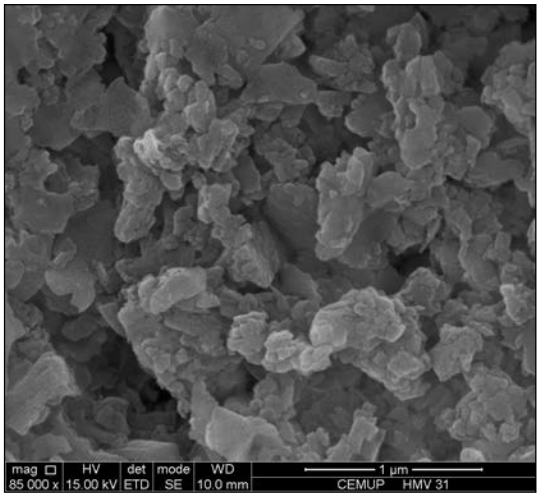
a) HMV 13 – Gibsite (Gi) resultante da meteorização da moscovite (M); halite (H) sobre a gibsite



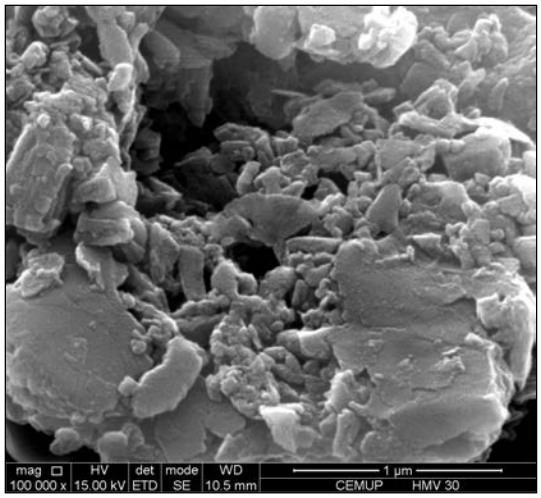
b) HMV 13 – Gibsite – Espectro



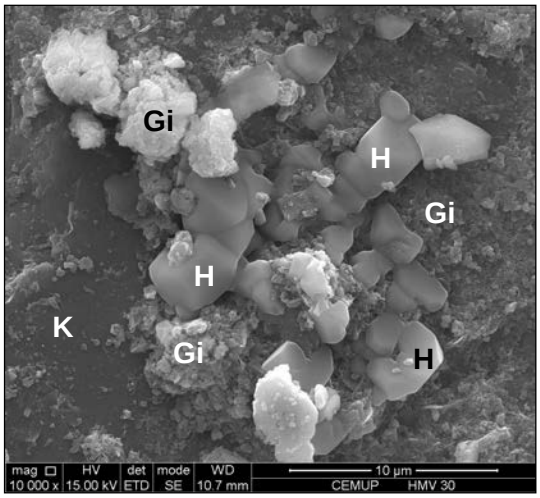
c) HMV 41 – Gibsite (Gi) resultante da meteorização da moscovite (M)



d) HMV 31 – Gibsite sobre caulinite, resultantes da meteorização da biotite



e) HMV 30 – Gibsite resultante da meteorização da moscovite



f) HMV 30 – Gibsite (G) e caulinite (K); halite (H) entre a gibsite

Figura 5.6 – Gibsite resultante da meteorização da moscovite e da biotite – Imagens e espectro obtidos por MEV.

5.2. RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

No Quadro 5.3, apresentam-se os resultados dos ensaios realizados sobre os provetes de granito de grão fino HMV 58.1, HMV 58.2, HMV 58.3, HMV 59.1, HMV 59.2 e HMV 59.3 nomeadamente, da porosidade livre às 48 horas (N_{48}), da densidade aparente (d), da absorção de água por capilaridade traduzida pelos coeficientes de capilaridade A ou A e A_1 e B e da evaporação traduzida pelo fluxo de evaporação q, saturação crítica Sc e tempo de saturação crítica t_{Sc}.

Quadro 5.3 – Resultados dos ensaios de determinação da densidade aparente (d), porosidade às 48 horas (N_{48}), absorção de água por capilaridade e evaporação.

Provete	N_{48} (%)	d	Capilaridade			Evaporação		
			A ($g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$)	A_1 ($g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$)	B ($cm \times h^{-1/2}$)	q ($g \times cm^{-2} \times h^{-1}$)	Sc (%)	t_{Sc} (h)
HMV 58.1	3,13	2,543	0,0872	0,0640	2,6937	-0,0019	39	47,05
HMV 58.2	3,27	2,547	0,0866	0,0642	2,6069	-0,0018	47	45,15
HMV 58.3	3,30	2,549	0,0811	0,0586	2,3318	-0,0023	46	37,55
HMV 59.1	2,57	2,606	0,0776		3,5408	-0,0017	50	34,28
HMV 59.2	2,57	2,603	0,0880		3,8547	-0,0018	50	34,25
HMV 59.3	2,49	2,590	0,0880		3,5442	-0,0021	50	28,75

O Quadro 5.4 exibe os resultados obtidos com o porosímetro de mercúrio, nomeadamente a porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}), a microporosidade (N_μ), a razão entre a microporosidade e a porosidade total ao mercúrio (N_μ/N_{Hg}) e os diâmetros de acesso das famílias de fissuras (d_a) nas amostras de granito de grão fino meteorizado HMV 59 (fragmento de tarolo), HMV 58 (fragmento de tarolo com desagregação granular intermédia), HMV 20 (fragmento com desagregação granular intensa), HMV 41 (placa) e HMV 04 (fragmento com desagregação granular intermédia e que resultou da queda de parte de uma pedra devido à oxidação de uma peça metálica). Em cada amostra, o primeiro valor de d_a corresponde à principal família de fissuras.

Com os valores apresentados no Quadro 5.3 determinaram-se as correlações entre os diversos parâmetros obtidos para o Hospital da Misericórdia, bem como para os granitos de vários monumentos e edifícios de Portugal recorrendo a dados publicados para o granito do Porto obtido em perfis de meteorização (Begonha 1997 e 2001), o granito do Porto meteorizado do Hospital de Santo António (Begonha, 1997, 2001), o granito de grão médio a grosseiro, de tendência porfiróide, meteorizado, do Mosteiro de São Miguel de Refojos (Begonha, 2000), o granito de Vila Chã muito meteorizado da Igreja de São João de Tarouca (Begonha, 2002c), os granitos de grão fino a médio e médio a grosseiro, meteorizados, da Igreja de São Pedro de Rates (Begonha, 2003b), o granito de duas micas meteorizado do Convento de São Gonçalo de Amarante (Begonha, 2004b, Malheiro *et al*, 2004), o granito do Porto meteorizado do Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio (Moutinho, 2005), o granito de grão médio e o microgranito meteorizados da Igreja Matriz de Caminha (Fojo, 2006), o granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência porfiróide e o aplito moscovítico meteorizados da Igreja de Santa Clara (Costa Leite, 2008), o granito porfiróide, de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado (granito de Lavadores) da Capela do Senhor da Pedra (Bré, 2008) e o granito do Porto meteorizado da Casa na rua de Santa Catarina (Resende, 2010).

Quadro 5.4 – Resultados obtidos com o porosímetro de mercúrio.

		Amostra	N_{Hg} (%)	N_{μ} (%)	$100 \times N_{\mu}/N_{Hg}$ (%)	d_a (μm)	Tipo de rede porosa
Granito de grão fino meteorizado	Fragmento de tarolo de granito não deteriorado	HMV 59	3,12	2,34	75,0	0,97	Unimodal
	Fragmento de tarolo de granito com desagregação granular intermédia	HMV 58	4,88	3,18	65,2	2,53 10,69	Bimodal
	Fragmento de granito com desagregação granular intensa	HMV 20	13,99	5,00	36,0	26,43	Unimodal
	Placa	HMV 41	5,62	2,95	52,5	1,70 9,57	Bimodal
	Fragmento de granito com desagregação granular intermédia resultante de queda provocada por oxidação de uma peça metálica	HMV 04	10,27	5,44	53,0	4,37 9,57 269,00	Trimodal

Nos quadros relativos às correlações entre diversos parâmetros que posteriormente serão apresentados, para além dos granitos dos monumentos e edifícios supracitados, surgirá o granito do Porto como conjunto dos provetes de granito do Porto obtidos em perfis de meteorização e do mesmo granito do Porto aplicado no Hospital de Santo António, Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio e na Casa na rua de Santa Catarina. Aparecerá nesses quadros com a designação de granito do Porto (perfis de meteorização + monumentos).

Nos restantes quadros e nas figuras, os dados obtidos por Begonha (1997, 2001) em perfis de meteorização do granito do Porto aparecerão com a designação de granito do Porto.

Begonha (1997, 2001) determinou as correlações entre vários parâmetros, concluindo que N_{48} é o parâmetro que se correlaciona com maior número de outros parâmetros e aquele em que se obteve coeficientes de correlação mais elevados ($R^2 > 0,80$, aproximadamente). Assim, no presente estudo, determinaram-se as correlações entre N_{48} e d, A, B, q, Sc e t_{Sc}. Determinou-se igualmente a correlação entre os coeficientes de capilaridade A e B, obtidos no ensaio de absorção de água por capilaridade. Dada a complementaridade dos fenómenos de absorção de água por capilaridade e de evaporação, calcularam-se as correlações entre t_{Sc} e A, B, q e Sc. Em virtude de os parâmetros d, q e Sc não exibirem grande variação, não se determinaram as restantes correlações possíveis com estes parâmetros. Não serão exibidas as correlações cujo coeficiente de correlação R^2 se manifeste significativamente inferior a 0,80.

5.2.1. POROSIDADE LIVRE ÀS QUARENTA E OITO HORAS

Os valores da média e desvio padrão da porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}) dos seis provetes ensaiados, encontram-se indicados no Quadro 5.5.

O granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (amostra HMV 59), revela uma porosidade livre compreendida entre 2,49% e 2,57% (média de 2,54% ± 0,05%), valores estes mais baixos do que os do

granito de grão fino afectado por desagregação granular de intensidade intermédia (amostra HMV 58), que variam entre 3,13% e 3,27% (média de 3,23% ± 0,09%).

Quadro 5.5 – Resultados do ensaio de determinação da porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}).

Amostra	N_{48} (%)	Média (%) ± Desvio padrão (%)
HMV 58.1	3,13	3,23 ± 0,09
HMV 58.2	3,27	
HMV 58.3	3,30	
HMV 59.1	2,57	2,54 ± 0,05
HMV 59.2	2,57	
HMV 59.3	2,49	

O Quadro 5.6 indica os valores limite da porosidade livre às 48 horas (N_{48}) obtidos em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Quadro 5.6 – Valores limite da porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}) em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	N_{48} (%)
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado, não deteriorado	**2,49 – 2,57**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular de intensidade intermédia	**3,13 – 3,30**
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão fino de duas micas meteorizado (Castro *et al*., 1991a)	5,13 – 9,63
Anta Grande do Zambujeiro – Granito de grão grosseiro (Ferreira Pinto, 1993)	2,90
Granito de Braga não meteorizado (Alves, 1997)	0,64 – 0,67
Granito de Braga pouco meteorizado (Alves, 1997)	1,08 – 3,18
Granito de Braga muito meteorizado (Alves, 1997)	5,63 – 7,19
Granito de Gondizalves pouco meteorizado (Alves, 1997)	2,32 – 2,60
Granito de Gondizalves mediana a muito meteorizado (Alves, 1997)	2,74 – 7,31
Granito do Porto não meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	0,52 – 1,00
Granito do Porto meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	2,12 – 3,96
Granito do Porto meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	4,04 – 6,26
Granito do Porto muito meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	7,79 – 10,77
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	1,53 – 1,78
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	2,19 – 3,10
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (Begonha, 1997, 2001)	3,38 – 4,48
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (Begonha, 1997, 2001)	5,27 – 7,46
Hospital de Santo António – Pedras de granito do Porto meteorizado, afectadas por desagregação granular (Begonha, 1997, 2001)	3,96 – 4,29
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (Begonha, 2000)	4,61 – 4,88

Quadro 5.6 - Valores limite da porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}) em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal (continuação).

Monumento ou edifício estudado	N_{48} (%)
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (Begonha, 2000)	5,68 – 7,09
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide muito meteorizado (Begonha, 2000)	7,36 – 8,53
Igreja de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã muito meteorizado (Begonha, 2002a)	6,83 – 8,58
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade forte e alvéolos (Begonha, 2003a)	2,99 – 4,00
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade intermédia (Begonha, 2003a)	2,12 – 2,31
Igreja Matriz de Espinho – Granito de grão médio orientado afectado por desagregação granular de intensidade forte com alvéolos ou desagregação granular de intensidade intermédia (Begonha, 2003a)	2,75 – 3,58
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio meteorizado (Begonha, 2003b)	4,77 – 5,88
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio muito meteorizado (Begonha, 2003b)	6,08 – 7,26
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro meteorizado (Begonha, 2003b)	4,16 – 5,87
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro muito meteorizado (Begonha, 2003b)	6,09 – 7,68
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão fino de duas micas meteorizado (Begonha, 2004b; Malheiro *et al*, 2004)	3,02 – 4,19
Antiga Alfândega de Vila do Conde – Granito de grão médio afectado por desagregação granular (Ferreira, 2004)	2,88 – 5,48
Antiga Alfândega de Vila do Conde – Granito de grão médio afectado por desagregação granular intensa (Ferreira, 2004)	6,55 – 8,48
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto meteorizado (Moutinho, 2005)	3,00 – 3,66
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (Fojo, 2006)	4,85 – 6,19
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (Fojo, 2006)	7,08 – 10,30
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular (Fojo, 2006)	4,04 – 4,48
Sé Catedral de Évora – Granito de duas micas meteorizado, afectado por desagregação granular (Costa, 2007)	5,8±0,2 – 6,9±0,3
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado (Costa Leite, 2008)	2,26 – 2,49
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, muito meteorizado (Costa Leite, 2008)	5,87 – 6,81
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado, de cor cinzenta muito clara (Costa Leite, 2008)	2,58 – 2,82
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular (Granito de Lavadores) (Bré, 2008)	4,42 – 5,35
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedras n.º 1,2,3 e 5 (Resende, 2010)	1,92 – 2,63
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedra n.º 4 (Resende, 2010)	3,72 – 3,91

Comparando os valores de N_{48} do granito meteorizado, não deteriorado, do Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo, com os do granito de grão fino empregue em monumentos e edifícios de

Portugal, verifica-se que estes são da mesma ordem de grandeza. De facto, os valores de N_{48} do Hospital situam-se no intervalo definido pelos limites apresentados no Quadro 5.6.

Confrontando os mesmos resultados, relativos ao granito de grão fino meteorizado da amostra HMV 59, com os valores de N_{48} do granito de grão fino a médio e médio a grosseiro de vários monumentos e edifícios do Quadro 5.6, denota-se que os primeiros são, em norma, inferiores. Exceptua-se o caso do granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a profiróide, meteorizado, da Igreja de Santa Clara, cujo intervalo de valores de N_{48} se situa entre 2,26% e 2,49% (Costa Leite, 2008).

A porosidade livre às quarenta e oito horas do granito meteorizado, não deteriorado, é superior à do granito não meteorizado, como se verifica pelos valores compreendidos entre 0,52% e 1,00% do granito do Porto não meteorizado (Begonha, 1997, 2001).

O granito afectado por desagregação granular de intensidade intermédia dos provetes da amostra HMV 58 apresenta valores de N_{48} inferiores aos de pedras de granito do Porto meteorizado, afectadas por desagregação granular, do Hospital de Santo António ($3{,}96\% \leq N_{48} \leq 4{,}29\%$ – Begonha, 1997, 2001), do microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular da Igreja Matriz de Caminha ($4{,}04\% \leq N_{48} \leq 4{,}48\%$ – Fojo, 2006) e do granito de duas micas, meteorizado, afectado por desagregação granular, da Sé Catedral de Évora ($5{,}8\% \pm 0{,}2\% \leq N_{48} \leq 6{,}9\% \pm 0{,}3\%$ – Costa, 2007).

Efectuando a comparação com o granito de grão médio ou grosseiro com desagregação granular, denota-se que o granito de grão fino do Hospital apresenta, em geral, uma porosidade livre inferior. No entanto, essa porosidade é maior quando comparada com a porosidade livre do granito porfiróide de grão grosseiro, afectado por desagregação granular de intensidade intermédia, da Igreja Matriz de Espinho ($2{,}12\% \leq N_{48} \leq 2{,}31\%$ – Begonha, 2003a) e situa-se dentro do intervalo de valores obtido para o granito de grão médio afectado por desagregação granular da antiga Alfândega de Vila do Conde ($2{,}88\% \leq N_{48} \leq 5{,}48\%$ – Ferreira, 2004).

5.2.2. DENSIDADE APARENTE

No Quadro 5.7, mostram-se os valores obtidos da densidade aparente para as seis amostras estudadas, com respectiva média e desvio padrão.

Quadro 5.7 – Resultados da determinação da densidade aparente d.

Amostra	d	Média ± Desvio padrão
HMV 58.1	2,54	2,55 ± 0,00
HMV 58.2	2,55	
HMV 58.3	2,55	
HMV 59.1	2,61	2,60 ± 0,01
HMV 59.2	2,60	
HMV 59.3	2,59	

Verifica-se que o granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (amostra HMV 59), detém uma densidade aparente que varia entre 2,59 e 2,61 (média de 2,60 ± 0,01). O granito do mesmo tipo mas afectado por desagregação granular de intensidade intermédia, revela uma densidade aparente inferior, compreendida entre 2,54 e 2,55 (média de 2,55 ± 0,00).

Conclui-se ainda que cada conjunto de três provetes, referentes ao granito meteorizado e ao granito meteorizado com desagregação granular intermédia, apresentam valores de densidade aparente muito próximos entre si.

No Quadro 5.8, são expostos os valores da densidade aparente determinada em granitos de diversos edifícios e monumentos de Portugal.

Quadro 5.8 – Valores limite da densidade aparente (d), obtidos em granitos de monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	d
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (2,49% ≤ N_{48} ≤ 2,57%)	**2,59 – 2,61**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular de intensidade intermédia (3,13% ≤ N_{48} ≤ 3,30%)	**2,54 – 2,55**
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão fino de duas micas meteorizado (Castro *et al*., 1991a)	2,39 – 2,50
Granito do Porto não meteorizado (0,52% ≤ N_{48} ≤ 1,00%) (Begonha, 1997, 2001)	2,62 – 2,65
Granito do Porto meteorizado (2,12% ≤ N_{48} ≤ 3,96%) (Begonha, 1997, 2001)	2,53 – 2,60
Granito do Porto meteorizado (4,04% ≤ N_{48} ≤ 6,26%) (Begonha, 1997, 2001)	2,47 – 2,54
Granito do Porto muito meteorizado (7,79% ≤ N_{48} ≤ 10,77%) (Begonha, 2001)	2,34 – 2,41
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (1,53% ≤ N_{48} ≤ 1,78%) (Begonha, 1997, 2001)	2,61 – 2,62
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (2,19% ≤ N_{48} ≤ 3,10%) (Begonha, 1997, 2001)	2,55 – 2,59
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (3,38% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Begonha, 1997, 2001)	2,52 – 2,56
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (5,27% ≤ N_{48} ≤ 7,46%) (Begonha, 1997, 2001)	2,42 – 2,48
Hospital de Santo António – Pedras de granito do Porto meteorizado, afectadas por desagregação granular (3,96% ≤ N_{48} ≤ 4,29%) (Begonha, 1997, 2001)	2,52 – 2,53
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (4,61% ≤ N_{48} ≤ 4,88%) (Begonha, 2000)	2,50 – 2,52
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (5,68% ≤ N_{48} ≤ 7,09%) (Begonha, 2000)	2,45 – 2,52
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide muito meteorizado (7,36% ≤ N_{48} ≤ 8,53%) (Begonha, 2000)	2,38 – 2,41
Igreja de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã muito meteorizado (6,83% ≤ N_{48} ≤ 8,58%) (Begonha, 2002a)	2,35 – 2,42
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade forte e alvéolos (2,99% ≤ N_{48} ≤ 4,00%) (Begonha, 2003a)	2,52 – 2,53
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade intermédia (2,12% ≤ N_{48} ≤ 2,31%) (Begonha, 2003a)	2,58
Igreja Matriz de Espinho – Granito de grão médio orientado afectado por desagregação granular de intensidade forte com alvéolos ou desagregação granular de intensidade intermédia (2,75% ≤ N_{48} ≤ 3,58%) (Begonha, 2003a)	2,54 – 2,56
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio meteorizado (4,77% ≤ N_{48} ≤ 5,88%) (Begonha, 2003b)	2,46 – 2,50
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio muito meteorizado (6,08% ≤ N_{48} ≤ 7,26%) (Begonha, 2003b)	2,42 – 2,47
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro meteorizado (4,16% ≤ N_{48} ≤ 5,87%) (Begonha, 2003b)	2,46 – 2,53
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro muito meteorizado (6,09% ≤ N_{48} ≤ 7,68%) (Begonha, 2003b)	2,39 – 2,43

Quadro 5.8 – Valores limite da densidade aparente (d), obtidos em granitos de monumentos e edifícios de Portugal (continuação).

Monumento ou edifício estudado	**d**
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão fino de duas micas meteorizado (3,02% ≤ N_{48} ≤ 4,19%) (Begonha, 2004b; Malheiro *et al*, 2004)	2,49 – 2,52
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto meteorizado (3,00% ≤ N_{48} ≤ 3,66%) (Moutinho, 2005)	2,52 - 2,55
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (4,85% ≤ N_{48} ≤ 6,19%) (Fojo, 2006)	2,43 – 2,48
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (7,08% ≤ N_{48} ≤ 10,30%) (Fojo, 2006)	2,27 – 2,39
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular (4,04% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Fojo, 2006)	2,48 – 2,51
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26% ≤ N_{48} ≤ 2,49%) (Costa Leite, 2008)	2,53 – 2,57
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87% ≤ N_{48} ≤ 6,81%) (Costa Leite, 2008)	2,27 – 2,41
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado, de cor cinzenta muito clara (2,58% ≤ N_{48} ≤ 2,82%) (Costa Leite, 2008)	2,52 – 2,56
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide, de grão grosseiro, em geral biotítico meteorizado, afectado por desagregação granular (Granito de Lavadores) (4,42% ≤ N_{48} ≤ 5,35%) (Bré, 2008)	2,36 – 2,47
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedras n.º 1,2,3 e 5 (1,92% ≤ N_{48} ≤ 2,63%) (Resende, 2010)	2,54 – 2,58
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedra n.º 4 (3,72% ≤ N_{48} ≤ 3,91%) (Resende, 2010)	2,50 – 2,54

A sua análise permite concluir que a densidade aparente do granito de grão fino meteorizado, não deteriorado, do edifício da Misericórdia de Viana do Castelo, apresenta-se, em geral, superior à do granito de grão fino de outros edifícios e monumentos de Portugal. Todavia, está contida no intervalo de valores definido para o granito do Porto meteorizado de porosidade livre semelhante ($2{,}12 \leq d \leq 3{,}96$ – Begonha, 1997, 2001) e intersecta o intervalo de valores definido para o granito do Porto meteorizado do Hospital de Santo António ($2{,}55 \leq d \leq 2{,}59$ – Begonha, 1997, 2001).

Como referido anteriormente, a porosidade livre às quarenta e oito horas do granito meteorizado da amostra HMV 59 é, em geral, inferior à do granito de grão fino a médio ou médio a grosseiro de outros monumentos e edifícios de Portugal. Como tal, é de esperar que a sua densidade se apresente superior à do granito desses mesmos monumentos e edifícios o que, de facto, é verificado pela análise do Quadro 5.8.

Observa-se ainda que a densidade do granito da amostra HMV 59 é muito próxima, mas inferior, à do granito do Porto não meteorizado ($2{,}62 \leq d \leq 2{,}65$ – Begonha, 1997, 2001).

Todo o granito dos diferentes monumentos e edifícios constantes no Quadro 5.8, afectado por algum tipo de deterioração, revela uma densidade aparente inferior ao granito meteorizado, não deteriorado, do Hospital da Misericórdia.

O granito de grão fino meteorizado, afectado por desagregação granular do Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo (amostra HMV 58) revela uma densidade aparente da mesma ordem de grandeza da dos edifícios e monumentos de Portugal apresentados no Quadro 5.8. É superior à densidade de pedras de granito do Porto afectadas por desagregação granular do Hospital de Santo António (Begonha, 1997, 2001), do microgranito e do granito de grão médio a grosseiro meteorizados, afectados por desagregação granular, da Igreja Matriz de Caminha (Fojo, 2006) e do granito porfiróide

de grão grosseiro meteorizado, afectado por desagregação granular, da Capela do Senhor da Pedra (Bré, 2008).

A densidade do granito da amostra HMV 58 é inferior à do granito porfiróide, de grão grosseiro, afectado por desagregação granular de intensidade intermédia, da Igreja Matriz de Espinho (Begonha, 2003a).

A mesma amostra HMV 58 detém uma densidade superior à de granitos meteorizados não afectados por deteriorações como o granito de Vila Chã da Igreja de São João de Tarouca ($2{,}35 \leq d \leq 2{,}42$ – Begonha, 2002a), o granito de grão fino a médio da Igreja de São Pedro de Rates ($2{,}46 \leq d \leq 2{,}50$ – Begonha, 2003b), o granito de grão fino, de duas micas, do Convento de São Gonçalo de Amarante ($2{,}49 \leq d \leq 2{,}52$ – Begonha, 2004a e Malheiro *et al*, 2004) e o granito de duas micas, de grão médio a grosseiro, com tendência porfiróide, muito meteorizado, da Igreja de Santa Clara ($2{,}27 \leq d \leq 2{,}41$ – Costa Leite, 2008). Situa-se no intervalo de valores apresentados para o granito do Porto meteorizado do Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio ($2{,}52 \leq d \leq 2{,}55$ – Moutinho, 2005).

A Figura 5.7 mostra a correlação linear negativa encontrada entre N_{48} e d, onde se obteve um coeficiente de correlação elevado igual a R^2=0,8917.

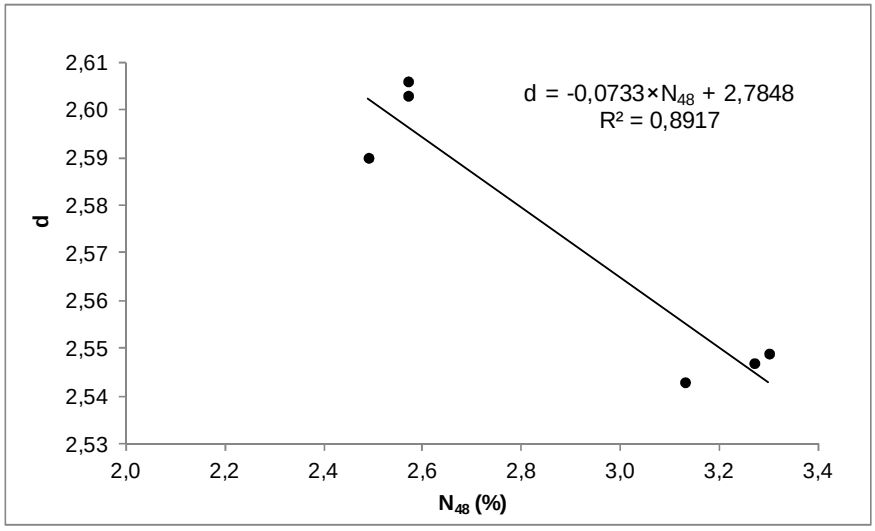


Figura 5.7 – Correlação obtida entre N_{48} e d para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.

Como se pode verificar pelo Quadro 5.9, a correlação linear obtida para o Hospital da Misericórdia é semelhante às obtidas para monumentos e edifícios de Portugal, apresentando, no entanto, o declive mais elevado. Por outro lado, o seu coeficiente de correlação é intermédio relativamente aos apresentados no referido Quadro 5.9.

Como referido anteriormente, importa atentar na comparação entre o granito do Hospital da Misericórdia de Viana e o microgranito da Igreja Matriz de Caminha.

O Quadro 5.9 apresenta as correlações para o granito de grão médio da Igreja Matriz de Caminha e para o conjunto do granito de grão médio e do microgranito do mesmo monumento. De facto, e tal como Fojo (2006) concluiu no seu estudo, obteve-se um coeficiente de correlação muito pequeno para os dados do microgranito da Igreja Matriz de Caminha. Esta situação deve-se à grande proximidade entre os valores obtidos pela autora. Deste modo, utilizar-se-á, sempre que necessário à comparação com o granito do Hospital da Misericórdia, a correlação relativa ao conjunto dos dois granitos aplicados na Igreja Matriz de Caminha.

Quadro 5.9 – Correlações lineares entre d e N_{48} em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício	Correlação d (N_{48})	Coeficiente de correlação R^2
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo	**d=-0,0733×N_{48}+2,7848**	**0,8917**
Granito do Porto (perfis de meteorização+monumentos)	d=-0,0304×N_{48}+2,6504	0,9639
Granito do Porto – Perfis de meteorização	d=-0,0307×N_{48}+2,6554	0,9891
Hospital de Santo António – Granito do Porto meteorizado	d=-0,0331×N_{48}+2,663	0,9853
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro, de tendência porfiróide, meteorizado	d=-0,0356×N_{48}+2,6870	0,8820
Igreja de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã muito meteorizado	d=-0,0370×N_{48}+2,6679	0,8570
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio meteorizado	d=-0,0322×N_{48}+2,6588	0,9609
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro meteorizado	d=-0,0423×N_{48}+2,714	0,9391
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio	d=-0,0376×N_{48}+2,6575	0,9784
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio e microgranito	d=-0,0359×N_{48}+2,6431	0,9754
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência porfiróide, meteorizado	d=-0,0462×N_{48}+2,6615	0,9009
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro e aplito moscovítico meteorizados	d=-0,0468×N_{48}+2,6661	0,9098
Casa na rua de Santa Catarina – Granito do Porto meteorizado	d=-0,0293× N_{48}+2,6286	0,7717

Será de esperar que, dada a semelhança entre os granitos, utilizando a correlação linear obtida para os granitos da Igreja Matriz de Caminha (d=-0,0359×N_{48}+2,6431) e substituindo pelos valores limite de N_{48} da amostra HMV 58 do Hospital da Misericórdia (N_{48}=3,13% e N_{48}=3,30%), se obtenham valores de densidade idênticos aos determinados para o granito do mesmo monumento.

Efectuada a operação, obtêm-se os valores densidade de 2,53 para N_{48}=3,13% e 2,52 para N_{48}=3,30%. Verifica-se, portanto, que os valores obtidos são idênticos aos determinados para o Hospital da Misericórdia de Viana.

Na Figura 5.8, é possível observar a correlação existente entre a densidade e a porosidade livre às 48 horas obtida para todos os monumentos e edifícios estudados, mencionados no início do Subcapítulo 5.2. Obteve-se uma regressão linear negativa (d=-0,0333×N_{48}+2,6547) com um coeficiente de correlação elevado (R^2=0,9189).

Numa primeira análise, verifica-se que os pontos relativos ao Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (círculos de cor preta) se enquadram na nuvem formada pelos vários monumentos e edifícios. Tal como para o Hospital da Misericórdia, o conjunto de todos os monumentos e edifícios revela uma correlação linear negativa entre a densidade e a porosidade livre às 48 horas porém, o declive da recta obtida é inferior ao da determinada para o Hospital. Este maior declive obtido para os provetes do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo poderá ser explicado pela proximidade dos valores de d e de N_{48} dos seis provetes.

Confirma-se assim que a densidade aparente diminui com o aumento da porosidade livre às 48 horas o que corresponderá a um aumento da meteorização e/ou deterioração do granito.

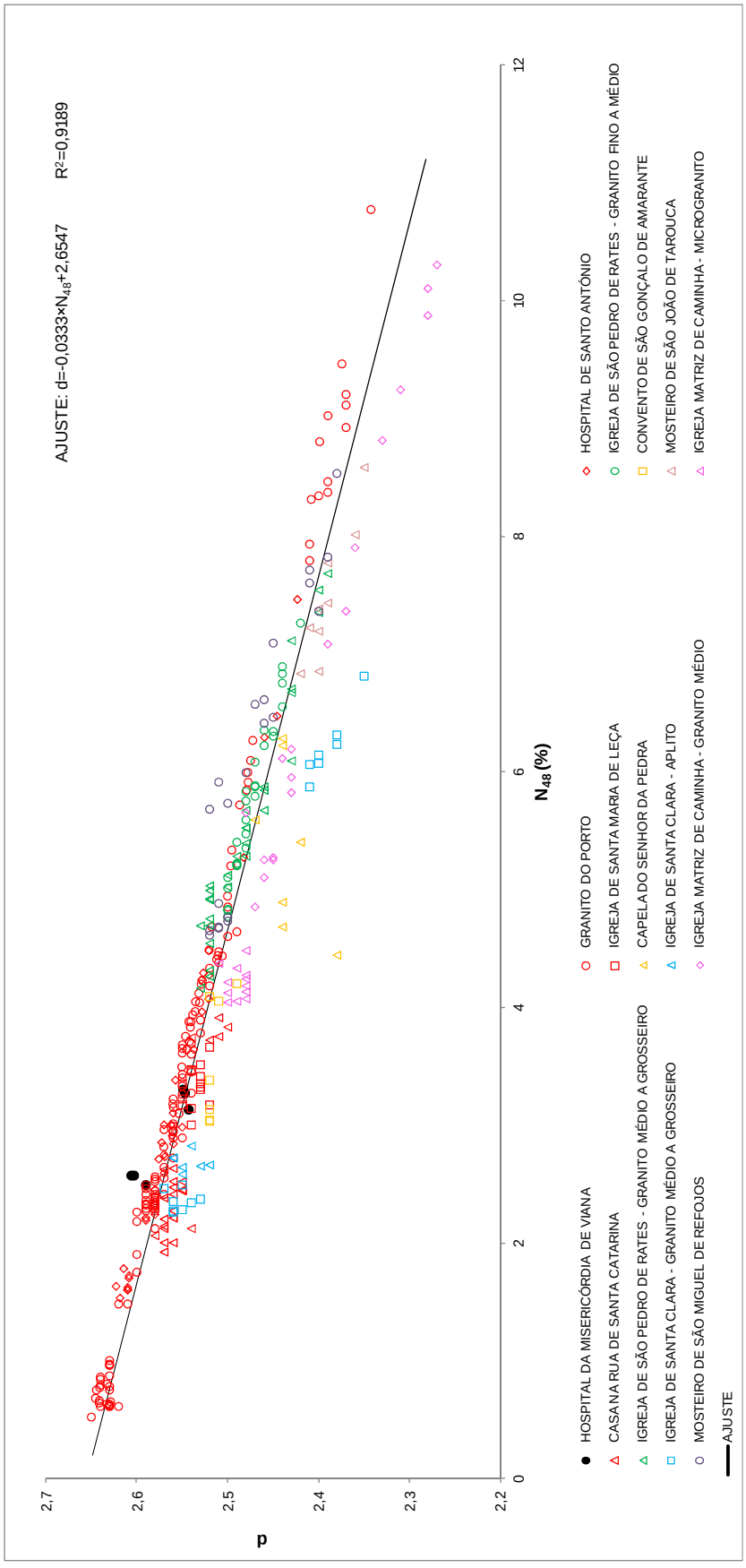


Figura 5.8 – Correlação entre a densidade (d) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

5.2.3. POROMETRIA

Os resultados obtidos com o porosímetro de mercúrio da porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}), da microporosidade (N_{μ}), da razão entre a microporosidade e a porosidade total ao mercúrio (N_{μ}/N_{Hg}) e dos diâmetros de acesso das famílias de fissuras (d_a) nas amostras de granito de grão fino meteorizado HMV 59 (fragmento de tarolo), HMV 58 (fragmento de tarolo com desagregação granular intermédia), HMV 20 (fragmento com desagregação granular intensa), HMV 41 (placa) e HMV 04 (fragmento com desagregação granular intermédia e que resultou da queda de parte de uma pedra devido à oxidação de uma peça metálica) podem ser consultados no Quadro 5.4.

No granito de grão fino não deteriorado (amostra HMV 59), a porosidade total toma o valor de 3,12%, valor muito superior ao de 1% dos granitos sãos (não meteorizados) (Begonha, 1997, 2001), confirmando os resultados mineralógicos obtidos por DRX e MEV no subcapítulo 5.1 de que se aplicaram no monumento pedras meteorizadas.

O processo de deterioração das pedras de granito de grão fino por desagregação granular conduziu a um aumento da porosidade total ao mercúrio, tendo-se obtido valores de 4,88% na amostra HMV 58, afectada por desagregação granular intermédia, e de 13,99% na amostra HMV 20 com desagregação granular de forte intensidade.

A placa compacta HMV 41 apresenta uma porosidade de 5,62%, valor superior ao de HMV 59 (3,12%) e idêntico ao da amostra HMV 58 afectada por desagregação granular de intensidade intermédia.

No fragmento da amostra HMV 04, o valor de N_{Hg} é elevado e igual a 10,27%, consequência tanto da desagregação granular intermédia que está subjacente ao fragmento de granito como da fissuração causada pelo aumento de volume do elemento metálico associado ao fenómeno de corrosão que deverá ser responsável pela diferença de porosidade em relação à amostra HMV 58 (4,88%) afectada unicamente por desagregação granular de intensidade intermédia.

O Quadro 5.10 apresenta os resultados da porosidade total (N_{Hg}) em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Comparando os valores mencionados no Quadro 5.4 com os do Quadro 5.10, denota-se que, para o granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (amostra HMV 59), o valor de N_{Hg} se enquadra com os referentes a granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal, sendo um dos valores mais baixos observados. É, porém, superior ao N_{Hg} de pedra de granito do Porto meteorizado do Hospital de Santo António ($1{,}54\% \leq N_{Hg} \leq 1{,}69\%$ – Begonha, 1997, 2001) e ao do granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência porfiróide, meteorizado, da Igreja de Santa Clara ($2{,}26\% \leq N_{Hg} \leq 2{,}49\%$ – Costa Leite, 2008).

A mesma conclusão pode ser tecida, avaliando a porosidade total ao mercúrio no granito de grão fino meteorizado com desagregação granular intermédia. É apenas superior ao N_{Hg} do granito porfiróide de grão grosseiro afectado por desagregação granular de intensidade intermédia da Igreja Matriz de Espinho (N_{Hg} = 3,36% – Begonha, 2003a). Comparando com o microgranito da Igreja Matriz de Caminha, verifica-se que é inferior ao intervalo de valores definido para esse monumento ($5{,}33\% \leq N_{Hg} \leq 6{,}76\%$ – Fojo, 2006).

É observado um dos maiores valores de porosidade total ao mercúrio no granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular intensa (13,99%).

Quadro 5.10 – Valores limite da porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}) obtidos em granito empregue em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	N_{Hg} (%)
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (2,49% ≤ N_{48} ≤ 2,57%)	**3,12**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular de intensidade intermédia (3,13% ≤ N_{48} ≤ 3,30%)	**4,88**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino – Placa de granito meteorizado	**5,62**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino – Fragmento de granito meteorizado com desagregação granular de intensidade intermédia e que resultou de queda provocada por oxidação de uma peça metálica	**10,27**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular intensa	**13,99**
Granito do Porto não meteorizado (0,75% ≤ N_{48} ≤ 0,97%) (Begonha, 1997, 2001)	0,59 – 1,05
Granito do Porto meteorizado (N_{48} = 2,27%)* (Begonha, 1997, 2001)	2,60 – 3,78
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (1,60% ≤ N_{48} ≤ 1,63%) (Begonha, 1997, 2001)	1,54 – 1,69
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (N_{48} = 2,85%) (Begonha, 1997, 2001)	2,57
Hospital de Santo António – Placa de granito do Porto meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	5,85
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (5,68% ≤ N_{48} ≤ 6,61%) (Begonha, 2000)	5,95 – 6,25
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide muito meteorizado (N_{48} = 7,36%) (Begonha, 2000)	8,46
Igreja de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã muito meteorizado (N_{48} = 8,58%) (Begonha, 2002a)	7,60 – 12,38
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade forte e alvéolos (2,99% ≤ N_{48} ≤ 4,00%) (Begonha, 2003a)	4,91
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade intermédia (2,12% ≤ N_{48} ≤ 2,31%) (Begonha, 2003a)	3,36
Igreja Matriz de Espinho – Granito de grão médio orientado afectado por desagregação granular de intensidade forte com alvéolos ou desagregação granular intermédia (2,75% ≤ N_{48} ≤ 3,58%) (Begonha, 2003a)	3,87
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio meteorizado (5,32% ≤ N_{48} ≤ 5,75%) (Begonha, 2003b)	6,83 – 8,13
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio muito meteorizado (7,66% ≤ N_{48} ≤ 8,24%) (Begonha, 2003b)	9,45 – 9,90
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro meteorizado (4,49% ≤ N_{48} ≤ 4,51%) (Begonha, 2003b)	5,64 – 5,74
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro muito meteorizado (7,99% ≤ N_{48} ≤ 8,32%) (Begonha, 2003b)	8,89 – 9,09
Igreja Matriz de Vila do Conde – Granito de grão fino afectado por desagregação granular muito intensa (Begonha, 2003c)	10,07
Chafariz de Caminha – Granito de grão fino e médio afectado por desagregação granular de intensidade fraca (Begonha, 2003d)	6,09
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão fino de duas micas meteorizado (3,02% ≤ N_{48} ≤ 4,19%) (Begonha, 2004b; Malheiro *et al*, 2004)	4,42 – 4,64
Igreja de Nossa Senhora da Lapa – Granito do Porto meteorizado (Begonha, 2005)	4,27 – 5,18
Igreja de Nossa Senhora da Lapa – Granito do Porto meteorizado afectado por desagregação granular (Begonha, 2005)	6,11

Quadro 5.10 – Valores limite da porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}) obtidos em granito empregue em monumentos e edifícios de Portugal (continuação).

Monumento ou edifício estudado	**N_{Hg} (%)**
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto meteorizado (3,00% ≤ N_{48} ≤ 3,66%) (Moutinho, 2005)	4,20 – 4,43
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (6,11% ≤ N_{48} ≤ 6,19%) (Fojo, 2006)	7,69 – 7,81
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (9,24% ≤ N_{48} ≤ 9,87%) (Fojo, 2006)	9,42 – 11,21
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular (4,05% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Fojo, 2006)	5,33 – 6,76
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26% ≤ N_{48} ≤ 2,49%) (Costa Leite, 2008)	2,89
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87% ≤ N_{48} ≤ 6,81%) (Costa Leite, 2008)	7,42
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado, de cor cinzenta muito clara (2,58% ≤ N_{48} ≤ 2,82%) (Costa Leite, 2008)	4,39
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado, de cor cinzenta muito clara com desagregação granular de intensidade média (Costa Leite, 2008)	9,37
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular (5,22% ≤ N_{48} ≤ 5,35%) (Granito de Lavadores) (Bré, 2008)	5,09 – 5,44
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular de intensidade forte (Granito de Lavadores) (Bré, 2008)	8,92
Mosteiro da Serra do Pilar – Pedra de granito do Porto meteorizado, não deteriorado (Madureira, 2008)	6,65
Mosteiro da Serra do Pilar – Pedra de granito do Porto afectado por desagregação granular intensa (Madureira, 2008)	7,52
Mosteiro da Serra do Pilar – Pedra de granito do Porto afectado por desagregação granular muito intensa (Madureira, 2008)	9,46
Mosteiro da Serra do Pilar – Placa de granito do Porto (Madureira, 2008)	9,43
Mosteiro de Paço de Sousa – Aplito com turmalina meteorizado, afectado por desagregação granular (Cardoso, 2008)	7,79
Mosteiro de Paço de Sousa – Aplito com turmalina meteorizado, afectado por placa (Cardoso, 2008)	6,26
Mosteiro de Travanca – Pedra de granito de grão grosseiro afectado por desagregação granular de intensidade média ou forte, com ou sem alvéolos (Begonha e Novais, 2011)	5,19 – 16,77
Mosteiro de Travanca – Pedra de granito de grão fino afectado por desagregação granular de intensidade forte (Begonha e Novais, 2011)	12,37
Mosteiro de Travanca – Placa de granito de grão médio afectado por desagregação granular de intensidade forte (Begonha e Novais, 2011)	22,01

* N_{48} só foi determinada para uma das amostras.

Na placa de granito meteorizado da amostra HMV 41, o valor de N_{Hg} é da mesma ordem de grandeza do observado na placa de granito do Porto do Hospital de Santo António (5,85% – Begonha, 1997, 2001). Por outro lado, é bastante inferior ao observado no Mosteiro da Serra do Pilar (9,43% – Madureira, 2008) e no Mosteiro de Travanca (22,01% – Begonha e Novais, 2011), facto que pode ser explicado pela elevada compacidade da placa em análise.

De acordo com o Quadro 5.4, a microporosidade N_μ é superior à macroporosidade N_M ($N_\mu/N_{Hg} > 50\%$) à excepção da amostra HMV 20 de granito meteorizado com desagregação granular de forte intensidade. Em termos de percentagem da microporosidade relativamente à porosidade total ao mercúrio (N_μ/N_{Hg}), os valores obtidos (Quadro 5.4) denotam o efeito do aumento da deterioração entre amostras do granito de grão fino, sendo menores para o granito meteorizado mais deteriorado, com desagregação granular intensa, e mais elevados para o granito meteorizado, não deteriorado.

Assim, a relação N_μ/N_{Hg} varia entre 75% no granito meteorizado não deteriorado e 36% no granito meteorizado com desagregação granular de forte intensidade, sendo igual a 65% no granito meteorizado com desagregação granular de intensidade intermédia. Na placa e no fragmento de granito meteorizado com desagregação granular intermédia e que resultou de queda provocada por oxidação de uma peça metálica, o valor de N_μ/N_{Hg} é igual a 53%. Os processos de deterioração que conduzem à desagregação granular ou à formação de placas não só originam a abertura de novas fissuras de maior espessura, como o aumento da espessura das já existentes no granito meteorizado. No caso do fragmento de granito meteorizado com desagregação granular intermédia e que resultou de queda provocada por oxidação de uma peça metálica (amostra HMV 04), o aumento de porosidade terá resultado não só dos mecanismos referidos anteriormente como também da abertura de fissuras provocadas pelo aumento de volume associado à corrosão do metal.

O Quadro 5.11 exibe os resultados da razão entre a microporosidade e a porosidade total ao mercúrio ($N\mu/N_{Hg}$) em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

As amostras HMV 59 de granito de grão fino meteorizado, não deteriorado e HMV 58 de granito com desagregação granular de intensidade intermédia revelam uma microporosidade de importância muito semelhante à das pedras de granito com características semelhantes de vários monumentos apresentados no Quadro 5.11.

Atendendo à semelhança entre o granito de grão fino empregue no antigo Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo e o microgranito aplicado na Igreja Matriz de Caminha, salienta-se que a relação N_μ/N_{Hg} para o microgranito sujeito a desagregação granular de intensidade média, apresenta um intervalo de valores (63% – 78%) no qual se inclui o valor de 65% obtido para o granito de grão fino do Hospital em condições semelhantes de deterioração.

A amostra de granito afectada por desagregação granular de intensidade forte (HMV 20) apresenta uma razão de N_μ/N_{Hg} (36%) semelhante aos valores do Quadro 5.11 relativos a pedras com desagregação granular de intensidade idêntica, nomeadamente nos granitos aplicados na Igreja de Nossa Senhora da Lapa (41% - Begonha, 2005), no Mosteiro da Serra do Pilar (36% – Madureira, 2008), na Capela do Senhor da Pedra (43% – Bré, 2008) e no Mosteiro de Travanca (35% – Begonha e Novais, 2011).

A percentagem da microporosidade relativamente à porosidade total ao mercúrio na placa da amostra HMV 41 (N_μ/N_{Hg} = 53%) é idêntica à da placa de granito do Porto do Mosteiro da Serra do Pilar (50% – Madureira, 2008) e inferior à da placa de granito do Porto do Hospital de Santo António (75% – Begonha, 1997, 2001).

As Figuras 5.9 a 5.13 exibem a distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras de cada uma das cinco amostras estudadas no Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo.

Quadro 5.11 – Valores limite da razão entre a microporosidade (N_μ) e a porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}) obtidos em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	(N_μ/N_{Hg}) (%)
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (2,49% ≤ N_{48} ≤ 2,57%)	**75**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular de intensidade intermédia (3,13% ≤ N_{48} ≤ 3,30%)	**65**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino – Placa de granito meteorizado	**53**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino – Fragmento de granito meteorizado com desagregação granular de intensidade intermédia e que resultou de queda provocada por oxidação de uma peça metálica	**53**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular intensa	**36**
Granito do Porto não meteorizado (0,75% ≤ N_{48} ≤ 0,97%) (Begonha, 1997, 2001)	80 – 82
Granito do Porto meteorizado (N_{48} = 2,27%)* (Begonha, 1997, 2001)	88 – 100
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (1,60% ≤ N_{48} ≤ 1,63%) (Begonha, 1997, 2001)	88 – 89
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (N_{48} = 2,85%) (Begonha, 1997, 2001)	100
Hospital de Santo António – Placa de granito do Porto meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	75
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (5,95% ≤ N_{48} ≤ 6,25%) (Begonha, 2000)	83 – 96
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide muito meteorizado (N_{48} = 7,36%) (Begonha, 2000)	81
Igreja de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã muito meteorizado (N_{48} = 8,58%) (Begonha, 2002a)	79 - 80
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade forte e alvéolos (2,99% ≤ N_{48} ≤ 4,00%) (Begonha, 2003a)	65
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade intermédia (2,12% ≤ N_{48} ≤ 2,31%) (Begonha, 2003a)	64
Igreja Matriz de Espinho – Granito de grão médio orientado afectado por desagregação granular de intensidade forte com alvéolos ou desagregação granular intermédia (2,75% ≤ N_{48} ≤ 3,58%) (Begonha, 2003a)	79
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio meteorizado (5,32% ≤ N_{48} ≤ 5,75%) (Begonha, 2003b)	67 – 73
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio muito meteorizado (7,66% ≤ N_{48} ≤ 8,24%) (Begonha, 2003b)	70 – 72
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro meteorizado (4,49% ≤ N_{48} ≤ 4,51%) (Begonha, 2003b)	77 – 80
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro muito meteorizado (7,99% ≤ N_{48} ≤ 8,32%) (Begonha, 2003b)	72 - 79
Igreja Matriz de Vila do Conde – Granito de grão fino afectado por desagregação granular muito intensa (Begonha, 2003c)	65
Chafariz de Caminha – Granito de grão fino e médio afectado por desagregação granular de intensidade fraca (Begonha, 2003d)	76
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino de duas micas meteorizado (3,02% ≤ N_{48} ≤ 4,19%) (Begonha, 2004b; Malheiro *et al*, 2004)	66 – 78
Igreja de Nossa Senhora da Lapa – Granito do Porto meteorizado (Begonha, 2005)	63 – 70
Igreja de Nossa Senhora da Lapa – Granito do Porto meteorizado afectado por desagregação granular (Begonha, 2005)	41

Quadro 5.11 – Valores limite da razão entre a microporosidade (Nμ) e a porosidade total ao mercúrio (NHg) obtidos em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal (continuação).

Monumento ou edifício estudado	(N_μ/N_{Hg}) (%)
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto meteorizado (3,00% ≤ N_{48} ≤ 3,66%) (Moutinho, 2005)	49 – 56
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (6,11% ≤ N_{48} ≤ 6,19%) (Fojo, 2006)	65 – 67
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (9,24% ≤ N_{48} ≤ 9,87%) (Fojo, 2006)	61 – 62
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular (4,05% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Fojo, 2006)	63 – 78
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26% ≤ N_{48} ≤ 2,49%) (Costa Leite, 2008)	63
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87% ≤ N_{48} ≤ 6,81%) (Costa Leite, 2008)	68
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado, de cor cinzenta muito clara (2,58% ≤ N_{48} ≤ 2,82%) (Costa Leite, 2008)	78
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado de cor cinzenta muito clara com desagregação granular de intensidade média (Costa Leite, 2008)	68
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular (5,22% ≤ N_{48} ≤ 5,35%) (Granito de Lavadores) (Bré, 2008)	62 – 64
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular forte (Granito de Lavadores) (Bré, 2008)	43
Mosteiro da Serra do Pilar – Pedra de granito do Porto meteorizado, não deteriorado (Madureira, 2008)	73
Mosteiro da Serra do Pilar – Pedra de granito do Porto afectado por desagregação granular intensa (Madureira, 2008)	61
Mosteiro da Serra do Pilar – Pedra de granito do Porto afectado por desagregação granular muito intensa (Madureira, 2008)	36
Mosteiro da Serra do Pilar – Placa de granito do Porto (Madureira, 2008)	50
Mosteiro de Paço de Sousa – Aplito com turmalina meteorizado, afectado por desagregação granular (Cardoso, 2008)	70
Mosteiro de Paço de Sousa – Aplito com turmalina meteorizado, afectado por placa (Cardoso, 2008)	66
Mosteiro de Travanca – Pedra de granito de grão grosseiro afectado por desagregação granular de intensidade média ou forte, com ou sem alvéolos (Begonha e Novais, 2011)	36 – 49
Mosteiro de Travanca – Pedra de granito de grão fino afectado por desagregação granular de intensidade forte (Begonha e Novais, 2011)	35
Mosteiro de Travanca – Placa de granito de grão médio afectado por desagregação granular de intensidade forte (Begonha e Novais, 2011)	41

* N_{48} só foi determinada para uma das amostras.

O granito de grão fino meteorizado, não deteriorado do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, apresenta uma rede porosa unimodal com diâmetro de acesso de 0,97 μm (Figura 5.9). O processo de deterioração transformou a rede porosa unimodal do granito numa rede bimodal (Figura 5.10), aumentando significativamente o diâmetro da principal família de fissuras para 2,53 μm e promovendo o aparecimento de uma família secundária (10,69 μm). Na amostra mais deteriorada, granito sujeito a desagregação granular de forte intensidade, a rede bimodal transforma-se numa unimodal (Figura 5.11), aumentando consideravelmente o diâmetro de acesso da família principal de fissuras (26,43 μm).

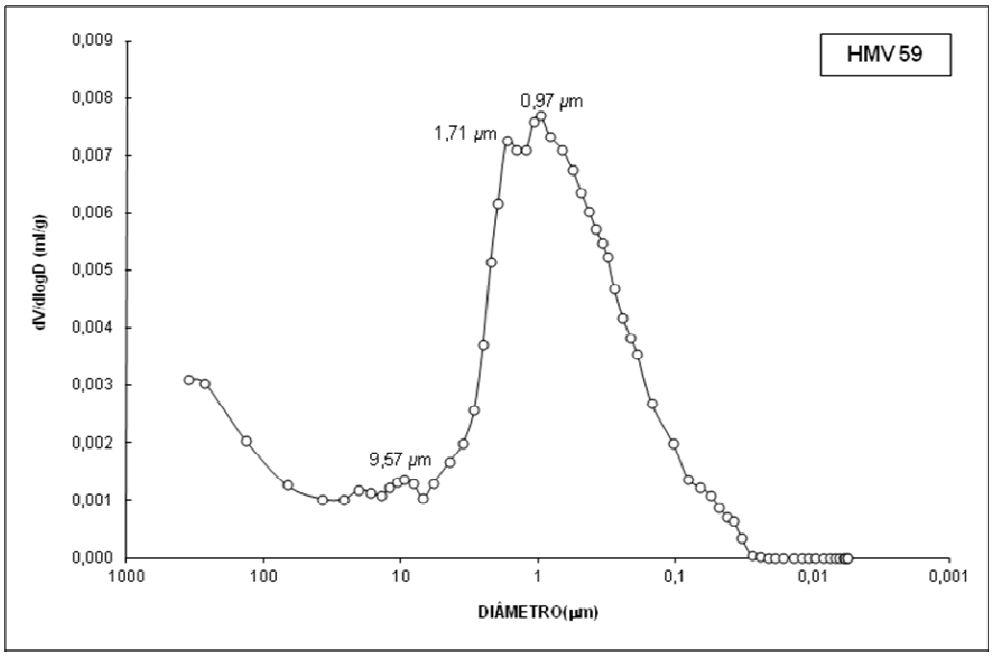


Figura 5.9 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra HMV 59 de um fragmento de tarolo de granito de grão fino meteorizado, mas não deteriorado.

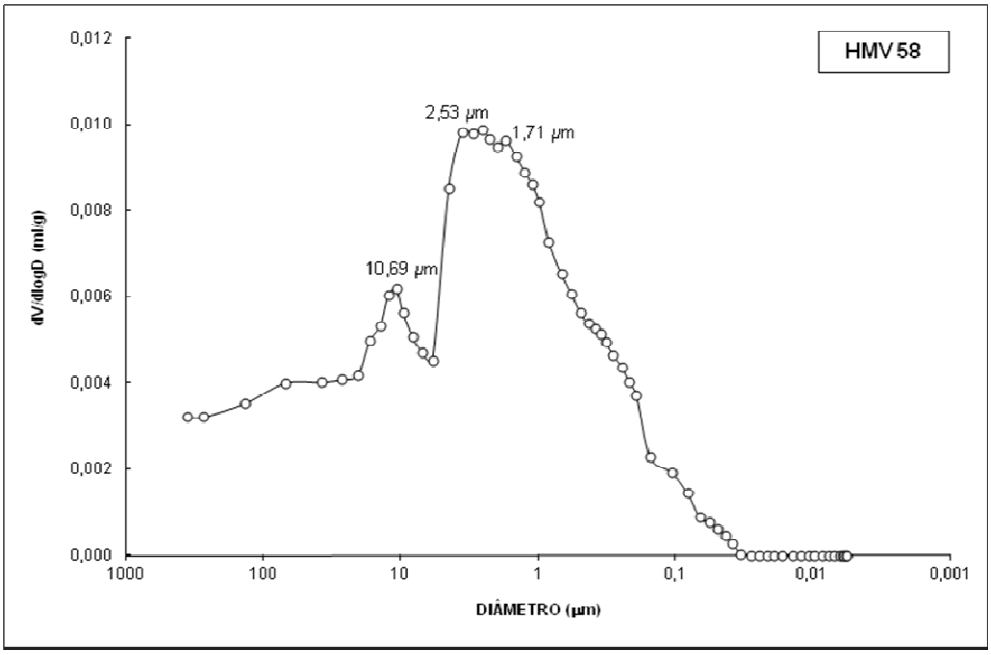


Figura 5.10 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra HMV 58 de um fragmento de tarolo de granito de grão fino meteorizado e afectado por desagregação granular intermédia.

A rede porosa bimodal da placa (Figura 5.12) surge como resultado da deterioração do granito meteorizado. De facto, o diâmetro de acesso da família principal de fissuras do granito aumentou de 0,97 µm (Figura 5.9) para 1,70 µm e surgiu uma família secundária com diâmetro de 9,57 µm, idêntico ao da família secundária da amostra com desagregação granular intermédia (10,69 µm – Figura 5.10).

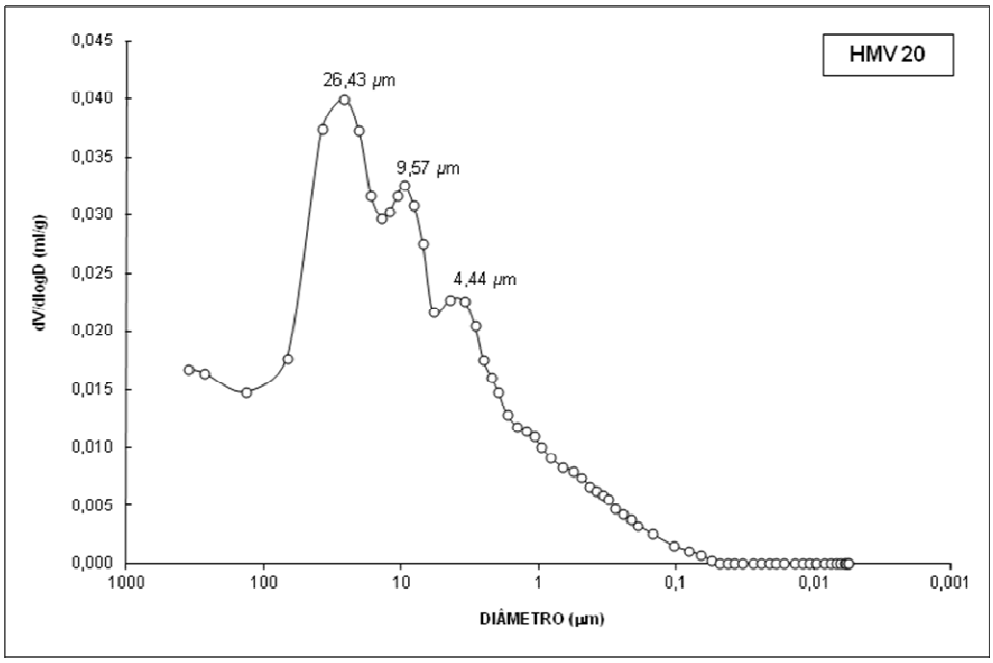


Figura 5.11 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra HMV 20 de um fragmento de granito de grão fino com desagregação granular intensa.

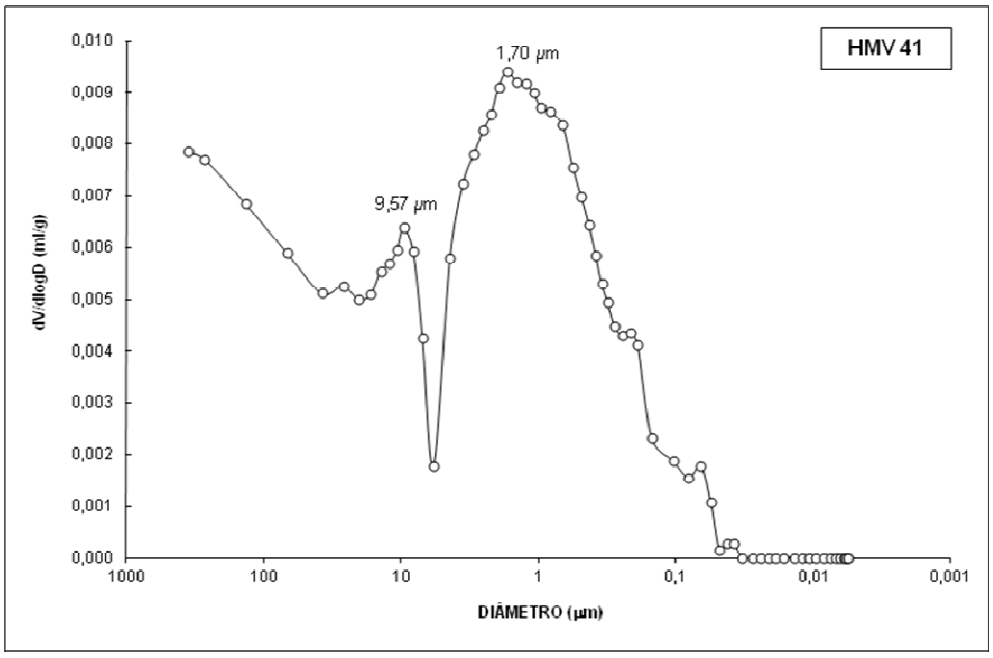


Figura 5.12 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra HMV 41 de uma placa de granito de grão fino meteorizado.

O fragmento de granito meteorizado, com desagregação granular intermédia e que resultou de queda provocada por oxidação de uma peça metálica apresenta-se com uma rede porosa trimodal que se deve, não só à deterioração do granito, mas também ao efeito do aumento de volume da peça metálica oxidada, provavelmente responsável pela família de fissuras com acesso de 269,00 µm (Figura 5.13).

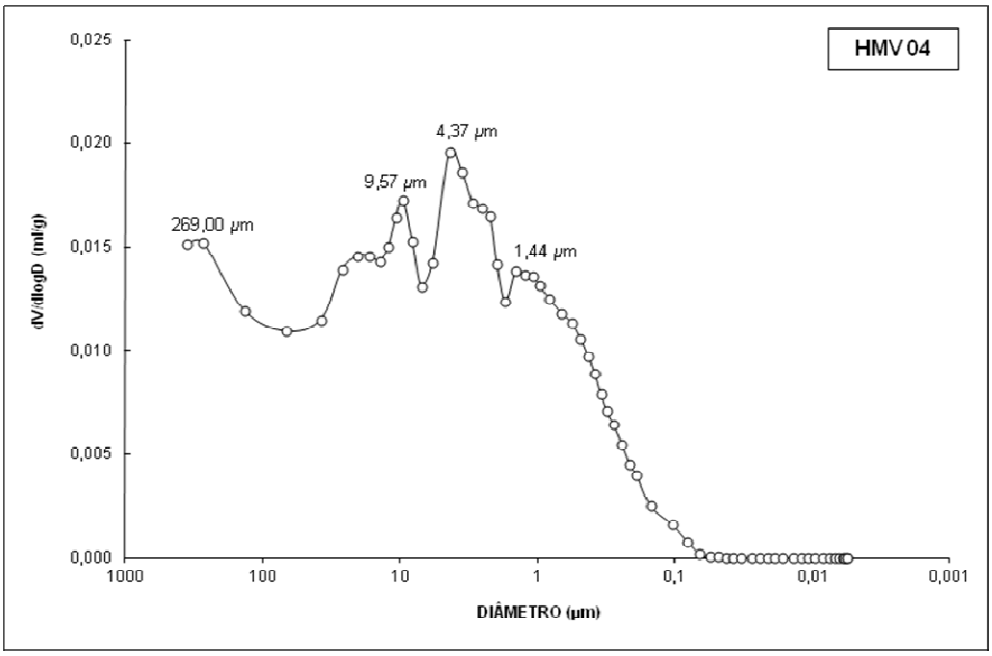


Figura 5.13 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra HMV 04 de um fragmento de granito de grão fino com desagregação granular de intensidade intermédia e que resultou de queda provocada por oxidação de uma peça metálica.

O Quadro 5.12 exibe os valores das aberturas de acesso das principais famílias de fissuras em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

As amostras dos granitos não deteriorados reveladas no Quadro 5.12 são predominantemente bimodais, ao contrário da amostra HMV 59 que se apresenta apenas com uma família de fissuras. No entanto, no mesmo quadro são apresentados granitos sem deterioração que surgem com redes porosas unimodais, como o granito de Braga (Alves, 1997), de Gondizalves (Alves, 1997) e o granito do Porto (Begonha, 1997, 2001). Relativamente às aberturas das fissuras, os valores variam conforme os granitos empregues nos vários monumentos e edifícios.

O Quadro 5.12 mostra que os granitos meteorizados com desagregação granular intermédia empregues nos diversos monumentos, possuem rede bimodal, tal como a amostra HMV 58 do Hospital da Misericórdia de Viana. O diâmetro de acesso da família principal de fissuras desta amostra (2,53 µm) inclui-se no intervalo apresentado para o microgranito empregue na Igreja Matriz de Caminha (1,95 µm a 4,86 µm – Fojo, 2006), sendo superior ao das famílias principais do granito de grão grosseiro empregue na Igreja Matriz de Espinho (0,94 µm – Begonha, 2003a) e do granito de grão fino e médio do Chafariz de Caminha (1,34 µm – Begonha, 2003d). No que concerne ao diâmetro de acesso à família secundária da amostra HMV 58 (10,69 µm), verifica-se que é idêntico ao limite superior do intervalo definido para o microgranito da igreja Matriz de Caminha (8,47 µm – 10,14µm – Fojo, 2006) e que é semelhante ao diâmetro da família secundária do aplito aplicado no Mosteiro de Paço de Sousa (9,66 µm – Cardoso, 2008). Por outro lado, é inferior ao diâmetro de acesso da família secundária do granito de grão grosseiro da Igreja Matriz de Espinho (31,61 µm – Begonha, 2003a) e superior ao do granito de grão grosseiro empregue na Capela do Senhor da Pedra (0,32 µm – Bré, 2008).

Quadro 5.12 – Valores limite das aberturas de acesso das principais famílias de fissuras de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	Família principal d_a (μm)	Famílias secundárias d_a (μm)
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (2,49% ≤ N48 ≤ 2,57%)	**0,97**	
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular de intensidade intermédia (3,13% ≤ N48 ≤ 3,30%)	**2,53**	**10,69**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino – Placa de granito meteorizado	**1,70**	**9,57**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino – Fragmento de granito meteorizado com desagregação granular de intensidade intermédia e que resultou de queda provocada por oxidação de uma peça metálica	**4,37**	**9,57** **269,00**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado com desagregação granular intensa	**26,43**	
Granito de Braga meteorizado (Alves, 1997)	0,4	
Granito de Gondizalves meteorizado (Alves, 1997)	0,4	
Granito do Porto não meteorizado (0,75% ≤ N_{48} ≤ 0,97%) (Begonha, 1997, 2001)	0,19 – 0,36	9,94 – 9,95
Granito do Porto meteorizado (N_{48} = 2,27%)* (Begonha, 1997, 2001)	0,73 – 1,04	
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (1,60% ≤ N_{48} ≤ 1,63%) (Begonha, 1997, 2001)	0,52	
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (N_{48} = 2,85%) (Begonha, 1997, 2001)	1,04 – 1,32	
Hospital de Santo António – Placa de granito do Porto meteorizado (Begonha, 1997, 2001)	10,83	0,73
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (5,68% ≤ N_{48} ≤ 6,61%) (Begonha, 2000)	1,06 – 2,77	10,37 – 10,41
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide muito meteorizado (N_{48} = 7,36%) (Begonha, 2000)	1,90 – 2,13	10,20
Mosteiro de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã muito meteorizado (N_{48} = 8,58%) (Begonha, 2002a)	1,63 – 1,64	9,05 – 18,03
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade forte e alvéolos (2,99% ≤ N_{48} ≤ 4,00%) (Begonha, 2003a)	0,80	14,21
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade intermédia (2,12% ≤ N_{48} ≤ 2,31%) (Begonha, 2003a)	0,94	31,61
Igreja Matriz de Espinho – Granito de grão médio orientado afectado por desagregação granular de intensidade forte com alvéolos ou desagregação granular intermédia (2,75% ≤ N_{48} ≤ 3,58%) (Begonha, 2003a)	0,80 – 1,88	9,36
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio meteorizado (5,32% ≤ N_{48} ≤ 5,75%) (Begonha, 2003b)	1,87 – 1,90	9,31 – 9,36
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio muito meteorizado (7,66% ≤ N_{48} ≤ 8,24%) (Begonha, 2003b)	3,30 – 4,04	8,56 – 9,10
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro meteorizado (4,49% ≤ N_{48} ≤ 4,51%) (Begonha, 2003b)	0,95 – 1,21	9,03 – 9,25
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro muito meteorizado (7,99% ≤ N_{48} ≤ 8,32%) (Begonha, 2003b)	1,91 – 1,91	9,10 – 14,11
Igreja Matriz de Vila do Conde – Granito de grão fino com desagregação granular muito intensa (Begonha, 2003c)	3,99	9,45
Chafariz de Caminha – Granito de grão fino e médio com desagregação granular de intensidade fraca (Begonha, 2003d)	1,34	18,02
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão fino de duas micas meteorizado (3,02% ≤ N_{48} ≤ 4,19%) (Begonha, 2004b; Malheiro *et al*, 2004)	0,33 – 2,06	8,69 – 9,26

Quadro 5.12 – Valores limite das aberturas de acesso das principais famílias de fissuras de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal (continuação).

Monumento ou edifício estudado	**Família principal d_a (μm)**	**Famílias secundárias d_a (μm)**
Igreja de Nossa Senhora da Lapa – Granito do Porto meteorizado (Begonha, 2005)	0,40 – 1,17	9,50 – 9,96
Igreja de Nossa Senhora da Lapa – Granito do Porto meteorizado afectado por desagregação granular (Begonha, 2005)	16,32	5,20
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto meteorizado (3,00% ≤ N_{48} ≤ 3,66%) (Moutinho, 2005)	10,7 – 18,5	1,6 – 2,8
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (6,11% ≤ N_{48} ≤ 6,19%) (Fojo, 2006)	12,58 – 12,95	0,19 – 3,83
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (9,24% ≤ N_{48} ≤ 9,87%) (Fojo, 2006)	9,17 – 29,23	0,33 – 3,69
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular (4,05% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Fojo, 2006)	1,95 – 4,86	8,74 – 10,14
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26% ≤ N_{48} ≤ 2,49%) (Costa Leite, 2008)	0,76	9,49 - 13,03
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87% ≤ N_{48} ≤ 6,81%) (Costa Leite, 2008)	0,78	9,05 – 16,09
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado, de cor cinzenta muito clara (2,58% ≤ N_{48} ≤ 2,82%) (Costa Leite, 2008)	0,79	
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado de cor cinzenta muito clara com desagregação granular de intensidade média (Costa Leite, 2008)	2,39	9,19
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular (5,22% ≤ N_{48} ≤ 5,35%) (Granito de Lavadores) (Bré, 2008)	10,50 – 16,10	0,32
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular forte (Granito de Lavadores) (Bré, 2008)	31,54	2,97
Mosteiro da Serra do Pilar – Pedra de granito do Porto meteorizado, não deteriorado (Madureira, 2008)	0,28 – 0,82	8,52
Mosteiro da Serra do Pilar – Pedra de granito do Porto afectado por desagregação granular intensa (Madureira, 2008)	0,82	8,14 – 8,33
Mosteiro da Serra do Pilar – Pedra de granito do Porto afectado por desagregação granular muito intensa (Madureira, 2008)	34,54	
Mosteiro da Serra do Pilar – Placa de granito do Porto (Madureira, 2008)	21,96 – 34,54	
Mosteiro de Paço de Sousa – Aplito com turmalina meteorizado, afectado por desagregação granular (Cardoso, 2008)	1,62	9,66
Mosteiro de Paço de Sousa – Aplito com turmalina meteorizado, afectado por placa (Cardoso, 2008)	2,35	9,92
Mosteiro de Travanca – Pedra de granito de grão grosseiro afectado por desagregação granular de intensidade média com alvéolos (Begonha e Novais, 2011)	75,37	8,06
Mosteiro de Travanca – Pedra de granito de grão grosseiro afectado por desagregação granular de intensidade forte (Begonha e Novais, 2011)	10,99	3,51 – 4,40
Mosteiro de Travanca – Pedra de granito de grão grosseiro afectado por desagregação granular de intensidade forte com alvéolos (Begonha e Novais, 2011)	2,53	8,43
Mosteiro de Travanca – Pedra de granito de grão fino afectado por desagregação granular de intensidade forte (Begonha e Novais, 2011)	2,53	75,38
Mosteiro de Travanca – Placa de granito de grão médio afectado por desagregação granular de intensidade forte (Begonha e Novais, 2011)	2,22	8,85 - 17,30

* N_{48} só foi determinada para uma das amostras.

O Quadro 5.12 mostra ainda que a maioria dos granitos meteorizados com desagregação granular de intensidade forte empregues nos diversos monumentos possuem rede bimodal, contrariamente ao que sucede na amostra HMV 20 do Hospital da Misericórdia de Viana e no granito do Porto, afectado por desagregação granular muito intensa, empregue no Mosteiro da Serra do Pilar em que as redes são unimodais. O diâmetro de acesso da família de fissuras da amostra HMV 20 (26, 43 µm) é inferior ao da do granito do Porto aplicado na Serra do Pilar (34,54 µm – Madureira, 2008) e ao diâmetro de acesso da família principal de fissuras do granito de grão grosseiro da Capela do Senhor da Pedra (31,54 µm). No entanto, é superior aos diâmetros das famílias principais definidas para o granito da Igreja Matriz de Vila do Conde (3,99 µm – Begonha, 2003a), o granito do Porto afectado por desagregação granular da Igreja de Nossa Senhora da Lapa (16,32% – Begonha, 2005), o granito do Porto afectado por desagregação granular intensa do Mosteiro da Serra do Pilar (0,82 µm – Madureira, 2008) e o granito de grão fino do Mosteiro de Travanca (2,53 µm – Begonha e Novais, 2011).

A placa da amostra HMV 41 apresenta-se com uma rede porosa bimodal tal como a placa de granito do Porto do Hospital de Santo António e a placa de granito de grão médio, afectado por desagregação granular do Mosteiro de Travanca. Contrariamente, a placa estudada no Mosteiro da Serra do Pilar surge com uma rede porosa unimodal (Quadro 5.12). O diâmetro de acesso da família principal de fissuras da amostra HMV 41 (1,70 µm) é inferior ao diâmetro de acesso das famílias principais de fissuras das placas dos monumentos supracitados. O diâmetro de acesso da família secundária da amostra em análise (9,57 µm), é superior ao da placa do Hospital de Santo António (0,73 µm – Begonha, 1997, 2001) e situa-se no intervalo de valores definido para a família secundária da placa de granito afectado por desagregação granular do Mosteiro de Travanca (8,85 µm a 17,30 µm – Begonha e Novais, 2011).

O fragmento de granito meteorizado com desagregação granular intermédia e que resultou de queda provocada por oxidação de uma peça metálica (amostra HMV 04) apresenta, como anteriormente mencionado, uma rede porosa trimodal em que o diâmetro de acesso à principal família de fissuras (4,37 µm) é, em geral, inferior ao diâmetro de acesso às famílias principais de fissuras dos granitos afectados por desagregação granular dos vários monumentos constantes no Quadro 5.12, excluindo-se o caso do granito da Igreja Matriz de Vila do Conde, da Igreja Matriz de Espinho, do Mosteiro da Serra do Pilar e do Mosteiro de Travanca. Situa-se, no entanto, no intervalo de valores definido para o diâmetro de acesso à família principal de fissuras do microgranito da Igreja Matriz de Caminha (1,95 µ a 4,86 µm – Fojo, 2006). O diâmetro de acesso à segunda família de fissuras (9,57 µm) revela-se contido no intervalo de valores determinado para o diâmetro de acesso da família secundária do microgranito da Igreja Matriz de Caminha (8,47 µm a 10,14 µm – Fojo, 2006), sendo da mesma ordem de grandeza do da do granito de grão fino da Igreja Matriz de Vila do Conde (9,45 µm – Begonha, 2003c). A terceira família de fissuras da amostra HMV 04 tem diâmetro de acesso igual a 269,00 µm, valor muito elevado e que provavelmente se deverá à fissuração associada ao aumento de volume resultante da oxidação da peça metálica.

5.2.4. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

O Quadro 5.13 exibe os resultados obtidos no ensaio de absorção de água por capilaridade, apresentando os valores dos coeficientes de capilaridade A, A_1 (quando aplicável) e B, com respectivas médias e desvios-padrão. No Anexo A1, é possível consultar em detalhe todos os registos do peso no tempo e curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete (dW/S) e da ascensão da franja capilar (L), para cada provete.

Quadro 5.13 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade.

Provete	**A (g×cm^{-2}×h$^{-1/2}$)**		**A$_1$ (g×cm^{-2}×h$^{-1/2}$)**		**B (cm×h$^{-1/2}$)**	
		Média ± desvio-padrão		Média ± desvio-padrão		Média ± desvio-padrão
58.1	0,0872		0,0640		2,6937	
58.2	0,0866	0,085 ± 0,003	0,0642	0,062 ± 0,003	2,6069	2,544 ± 0,189
58.3	0,0811		0,0589		2,3318	
59.1	0,0776				3,5408	
59.2	0,0880	0,082 ± 0,005			3,8547	3,647 ± 0,180
59.3	0,0800				3,5442	

As Figuras 5.14 e 5.15 mostram os resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade nos provetes HMV 59.2 e HMV 58.2 representativos do granito de grão fino meteorizado, não deteriorado e do mesmo granito mas afectado por desagregação granular intermédia.

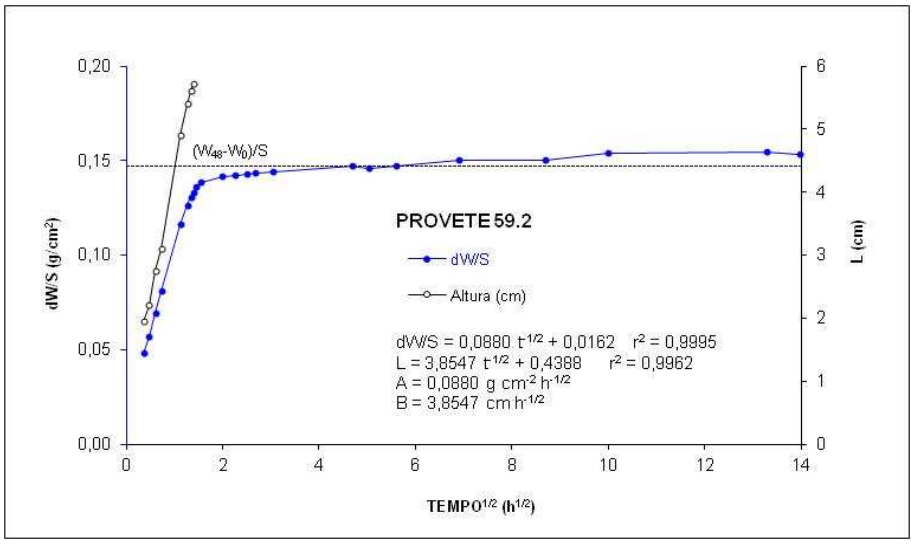


Figura 5.14 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade do provete HMV 59.2 de granito de grão fino meteorizado, não deteriorado.

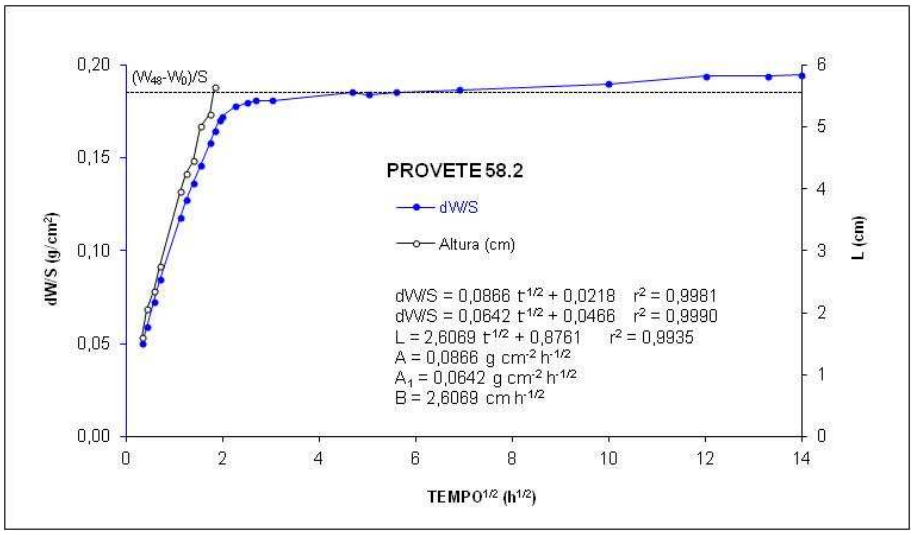


Figura 5.15 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade do provete HMV 58.2 de granito de grão fino meteorizado, afectado por desagregação granular intermédia.

Como se pode verificar no Quadro 5.13 e Figura 5.15, o granito de grão fino meteorizado, afectado por desagregação granular intermédia do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (HMV 58), apresenta o comportamento de uma rede porosa bimodal caracterizada pelos coeficientes de capilaridade A, compreendido entre 0,0811 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ e 0,0872 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ (média de 0,085 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2} \pm 0,003\ g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$), e A_1, compreendido entre 0,0589 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ e 0,0642 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ (média de 0,062 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2} \pm 0,003\ g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$).

A amostra HMV 59 (granito de grão fino meteorizado, não deteriorado) comporta-se como uma rede porosa unimodal (Quadro 5.13 e Figura 5.14) à qual está associada um coeficiente de capilaridade A que varia entre 0,0776 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ e 0,0880 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ (média de 0,082 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2} \pm 0,005\ g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$) e que é inferior ao obtido para a primeira família de poros da amostra HMV 58, facto que já se esperava pelo aumento da deterioração e da porosidade livre às 48 horas da amostra HMV 59 (N_{48}=2,54% ± 0,05%) para HMV 58 (N_{48}=3,23% ± 0,09%).

Os comportamentos compatíveis com uma rede porosa bimodal no granito afectado por desagregação granular e unimodal no granito meteorizado, não deteriorado, confirmam os resultados obtidos com o porosímetro de mercúrio o que, tal como referido no Ponto 4.2.2.4., não teria obrigatoriamente que ocorrer.

Conforme se pode verificar pelo Quadro 5.14, os valores do coeficiente de capilaridade A do granito meteorizado, não deteriorado do Hospital da Misericórdia, são da mesma ordem de grandeza dos dos granitos de diversos monumentos e edifícios de Portugal com idêntica porosidade livre às 48 horas. Os valores do coeficiente de capilaridade A determinados para a amostra HMV 59 (0,0776 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ – 0,0880 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$) encontram-se contidos no intervalo definido para o granito do Porto meteorizado (0,0565 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ a 0,135 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ para $2,12\% \leq N_{48} \leq 3,96\%$ - Begonha, 1997, 2001) e para o granito do Porto meteorizado do Hospital de Santo António (0,0701 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ a 0,0861 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ para $2,71\% \leq N_{48} \leq 3,00\%$ – Begonha, 1997, 2001). São, no entanto, superiores aos valores apresentados para o granito de grão grosseiro meteorizado da Igreja de Santa Clara (0,0481 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ a 0,0584 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ para $2,26\% \leq N_{48} \leq 2,49\%$ – Costa Leite, 2008) e inferiores aos valores do granito do Porto meteorizado da Casa na rua de Santa Catarina (0,0435 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ a 0,0716 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ para $1,92\% \leq N_{48} \leq 2,63\%$ – Resende, 2010).

Relativamente à amostra HMV 58 (granito de grão fino meteorizado, afectado por desagregação granular intermédia), denota-se que esta detém valores do coeficiente de capilaridade A inferiores aos do granito afectado por desagregação granular de diversos monumentos constantes no Quadro 5.14. De facto, tal seria de esperar uma vez que a sua porosidade livre às 48 horas é inferior à da dos granitos dos edifícios do quadro mencionado.

Na Figura 5.16, observa-se a correlação potencial obtida entre os parâmetros A e N_{48} do granito de grão fino do Hospital da Misericórdia. Verifica-se que é uma correlação bastante fraca uma vez que o coeficiente de correlação toma um valor muito pequeno (R^2=0,1324).

Noutros monumentos e edifícios de Portugal, os ajustes encontrados são mais fidedignos, uma vez que os coeficientes de correlação surgem com valores superiores a 0,80 (Quadro 5.15).

As correlações entre os parâmetros A e N_{48} surgem sob a forma de correlações potenciais (granito do Porto, granito do Porto meteorizado do Hospital de Santo António, granito de grão médio meteorizado do Convento de São Gonçalo de Amarante, granito de duas micas, de grão médio a grosseiro e aplito meteorizados da Igreja de Santa Clara), lineares (granito de grão médio e microgranito meteorizados da Igreja Matriz de Caminha) ou polinomiais (perfis de meteorização do granito do Porto, granito de grão médio a grosseiro meteorizado do Mosteiro de São Miguel de Refojos, Granito do Porto

meteorizado do Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio, granito porfiróide, de grão grosseiro, meteorizado (granito de Lavadores) da Capela do Senhor da Pedra e granito do Porto meteorizado da Casa na rua de Santa Catarina) tal como apresenta o Quadro 5.15.

Quadro 5.14 – Valores limite do coeficiente de capilaridade A em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	A ($g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$)
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (2,49% ≤ N_{48} ≤ 2,57%)	**0,0776 – 0,0880**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular de intensidade intermédia (3,13% ≤ N_{48} ≤ 3,30%)	**0,0811 – 0,0872**
Granito de Braga muito meteorizado (5,63% ≤ N_{48} ≤ 7,19%) (Alves, 1997)	0,138 – 0,222
Granito de Gondizalves mediana a muito meteorizado (2,32% ≤ N_{48} ≤ 7,31%) (Alves, 1997)	0,060 – 0,28
Granito do Porto não meteorizado (0,63% ≤ N_{48} ≤ 1,00%) (Begonha, 1997, 2001)	0,0074 – 0,0100
Granito do Porto meteorizado (2,12% ≤ N_{48} ≤ 3,96%) (Begonha, 1997, 2001)	0,0565 – 0,135
Granito do Porto meteorizado (4,04% ≤ N_{48} ≤ 6,26%) (Begonha, 1997, 2001)	0,119 – 0,270
Granito do Porto muito meteorizado (8,31% ≤ N_{48} ≤ 10,77%) (Begonha, 1997, 2001)	0,464 – 0,546
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (1,53% ≤ N_{48} ≤ 1,78%) (Begonha, 1997, 2001)	0,0318 – 0,0602
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (2,71% ≤ N_{48} ≤ 3,00%) (Begonha, 1997, 2001)	0,0701 – 0,0861
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (3,38% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Begonha, 1997, 2001)	0,092 – 0,128
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (5,27% ≤ N_{48} ≤ 7,46%) (Begonha, 1997, 2001)	0,148 – 0,252
Hospital de Santo António – Pedras de granito do Porto meteorizado, afectadas por desagregação granular (3,96% ≤ N_{48} ≤ 4,29%) (Begonha, 1997, 2001)	0,093 – 0,121
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (4,61% ≤ N_{48} ≤ 4,88%) (Begonha, 2000)	0,1582 – 0,1810
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (5,68% ≤ N_{48} ≤ 7,09%) (Begonha, 2000)	0,1919 – 0,2822
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide muito meteorizado (7,36% ≤ N_{48} ≤ 8,53%) (Begonha, 2000)	0,3504 – 0,5248
Igreja de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã muito meteorizado (6,83% ≤ N_{48} ≤ 8,58%) (Begonha, 2002a)	0,0891 – 0,2500
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade forte e alvéolos (2,99% ≤ N_{48} ≤ 4,00%) (Begonha, 2003a)	0,0727 – 0,1231
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade intermédia (2,12% ≤ N_{48} ≤ 2,31%) (Begonha, 2003a)	0,0475 – 0,0663
Igreja Matriz de Espinho – Granito de grão médio orientado afectado por desagregação granular de intensidade forte com alvéolos ou desagregação granular intermédia (2,75% ≤ N_{48} ≤ 3,58%) (Begonha, 2003a)	0,0992 – 0,1503
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio meteorizado (4,77% ≤ N_{48} ≤ 5,88%) (Begonha, 2003b)	0,1745 – 0,2914
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio muito meteorizado (6,08% ≤ N_{48} ≤ 7,26%) (Begonha, 2003b)	0,2376 – 0,3622
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro meteorizado (4,16% ≤ N_{48} ≤ 5,87%) (Begonha, 2003b)	0,0793 – 0,3023
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro muito meteorizado (6,09% ≤ N_{48} ≤ 7,68%) (Begonha, 2003b)	0,2241 – 0,3933
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão fino de duas micas meteorizado (3,02% ≤ N_{48} ≤ 4,19%) (Begonha, 2004b; Malheiro *et al*, 2004)	0,0837 – 0,2029
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto meteorizado (3,00% ≤ N_{48} ≤ 3,66%) (Moutinho, 2005)	0,0988 – 0,1527
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (4,85% ≤ N_{48} ≤ 6,19%) (Fojo, 2006)	0,2451 – 0,3949

Quadro 5.14 – Valores limite do coeficiente de capilaridade A em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal (continuação).

Monumento ou edifício estudado	A ($g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$)
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (7,08% ≤ N_{48} ≤ 10,30%) (Fojo, 2006)	0,4949 – 0,8590
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular (4,04% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Fojo, 2006)	0,1783 – 0,2390
Sé Catedral de Évora – Granito de duas micas meteorizado, afectado por desagregação granular (5,8 ± 0,2% ≤ N_{48} ≤ 6,9 ± 0,3%) (Costa, 2007)	0,4497 ± 0,0392
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26% ≤ N_{48} ≤ 2,49%) (Costa Leite, 2008)	0,0481 – 0,0584
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87% ≤ N_{48} ≤ 6,81%) (Costa Leite, 2008)	0,2053 – 0,3250
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado, de cor cinzenta muito clara (2,58% ≤ N_{48} ≤ 2,82%) (Costa Leite, 2008)	0,0684 – 0,0807
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular (Granito de Lavadores) (4,42% ≤ N_{48} ≤ 5,26%) (Bré, 2008)	0,2180 – 0,2519
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedras n.º 1,2,3 e 5 (1,92% ≤ N_{48} ≤ 2,63%) (Resende, 2010)	0,0435 – 0,0716
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedra n.º 4 (3,72% ≤ N_{48} ≤ 3,91%) (Resende, 2010)	0,2125 – 0,2449

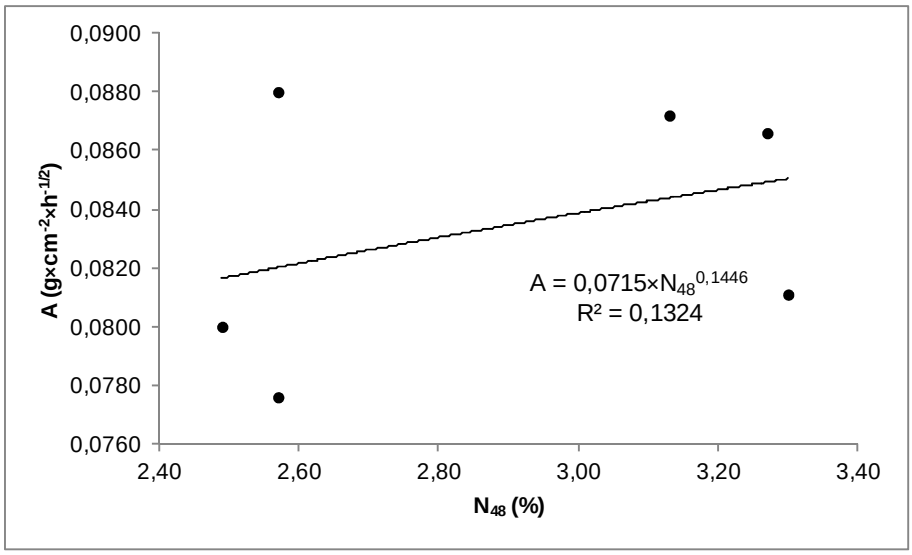


Figura 5.16 – Correlação obtida entre A e N_{48} para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.

Atendendo à semelhança entre o microgranito da Igreja Matriz de Caminha e o granito do Hospital da Misericórdia, seria de esperar que se obtenham valores de A idênticos aos determinados para a amostra HMV 58 através da correlação obtida para o conjunto do granito de grão médio e microgranito da Igreja Matriz de Caminha. Efectuando a substituição na equação para os valores de N_{48} = 3,13% e N_{48} = 3,30% (valores limite da porosidade livre às 48 horas da amostra HMV 58), os valores do coeficiente A surgem iguais a 0,0923 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ e 0,1099 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$, revelando-se semelhantes, mas superiores aos determinados no Hospital (0,0811 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ – 0,0872 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$). Esta diferença poderá ser devida ao facto de a relação ter tido como base o conjunto dos provetes de granito de duas micas de grão médio e o microgranito. Tal como já referido, foi realizada a mesma correlação considerando apenas o microgranito, todavia obteve-se uma correlação muito baixa.

Quadro 5.15 – Correlações entre A e N_{48} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício	Correlação A (N_{48})	Coeficiente de correlação R^2
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo	$A=0,0715\times N_{48}^{0,1446}$	**0,1324**
Granito do Porto (perfis de meteorização+monumentos)	$A=0,0165\times N_{48}^{1,5055}$	0,9098
Granito do Porto – Perfis de meteorização	$A=0,0038\times N_{48}^{2}+0,0205\times N_{48}-0,0098$	0,9642
Hospital de Santo António – Granito do Porto meteorizado	$A=0,0253\times N_{48}^{1,0818}$	0,9467
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado	$A=0,023\times N_{48}^{2}-0,2115\times N_{48}+0,6572$	0,9665
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão médio, de duas micas, meteorizado	$A=0,0048\times N_{48}^{2,5002}$	0,9426
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto meteorizado	$A=-0,2589\times N_{48}^{2}+1,8468\times N_{48}-3,1451$	0,8347
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio	$A=0,1100\times N_{48}-0,2862$	0,9801
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio e microgranito	$A=0,1032\times N_{48}-0,2307$	0,9810
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado	$A=0,0123\times N_{48}^{1,6771}$	0,9906
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro e aplito moscovítico meteorizados	$A=0,0134\times N_{48}^{1,6517}$	0,9825
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado (Granito de Lavadores)	$A=-0,2537\times N_{48}^{2}+2,9584\times N_{48}-8,361$	0,9444
Casa na rua de Santa Catarina – Granito do Porto meteorizado	$A=0,0496\times N_{48}^{2}-0,1845\times N_{48}+0,2156$	0,9932

A Figura 5.17 apresenta a correlação potencial entre A e N_{48} obtida para o conjunto dos granitos de vários monumentos e edifícios de Portugal.

Verifica-se que os valores relativos ao granito do Hospital da Misericórdia se enquadram na nuvem de pontos obtida com os dados de vários monumentos e edifícios.

Foi encontrado para o conjunto dos monumentos um ajuste em forma de potência ($A=0,0165\times N_{48}^{1,527}$) ao qual está associado um coeficiente de correlação elevado ($R^2=0,8951$). Esta correlação potencial é do mesmo tipo das encontradas noutros monumentos, tal como denota o Quadro 5.15.

De acordo com o Quadro 5.13 e Figuras 5.14 e 5.15, o coeficiente de capilaridade B que traduz a ascensão da franja capilar por unidade de raiz quadrada do tempo, é elevado nos seis provetes, sendo superior no granito de grão fino meteorizado, não deteriorado, ao contrário do esperado.

Efectivamente, o coeficiente de capilaridade B varia entre 3,541 $cm\times h^{-1/2}$ e 3,855 $cm\times h^{-1/2}$ (média de 3,647 $cm\times h^{-1/2}$ ± 0,180 $cm\times h^{-1/2}$) no granito de grão fino meteorizado, não deteriorado e entre 2,332 $cm\times h^{-1/2}$ e 2,694 $cm\times h^{-1/2}$ (média de 2,544 $cm\times h^{-1/2}$ ± 0,189 $cm\times h^{-1/2}$) no granito de grão fino meteorizado, afectado por desagregação granular intermédia.

Verifica-se que o instante em que a franja capilar atinge o topo dos provetes coincide, aproximadamente, com o instante em que termina a embebição da rede porosa livremente acessível à água por capilaridade, visível pela variação de declive da curva de absorção de água. De facto, quando a franja capilar atinge o topo dos provetes, o volume de água que penetrou na rede porosa corresponde sensivelmente à embebição obtida no ensaio de determinação da porosidade livre às 48 horas, correspondente ao valor $(W_{48}-W_0)/S$.

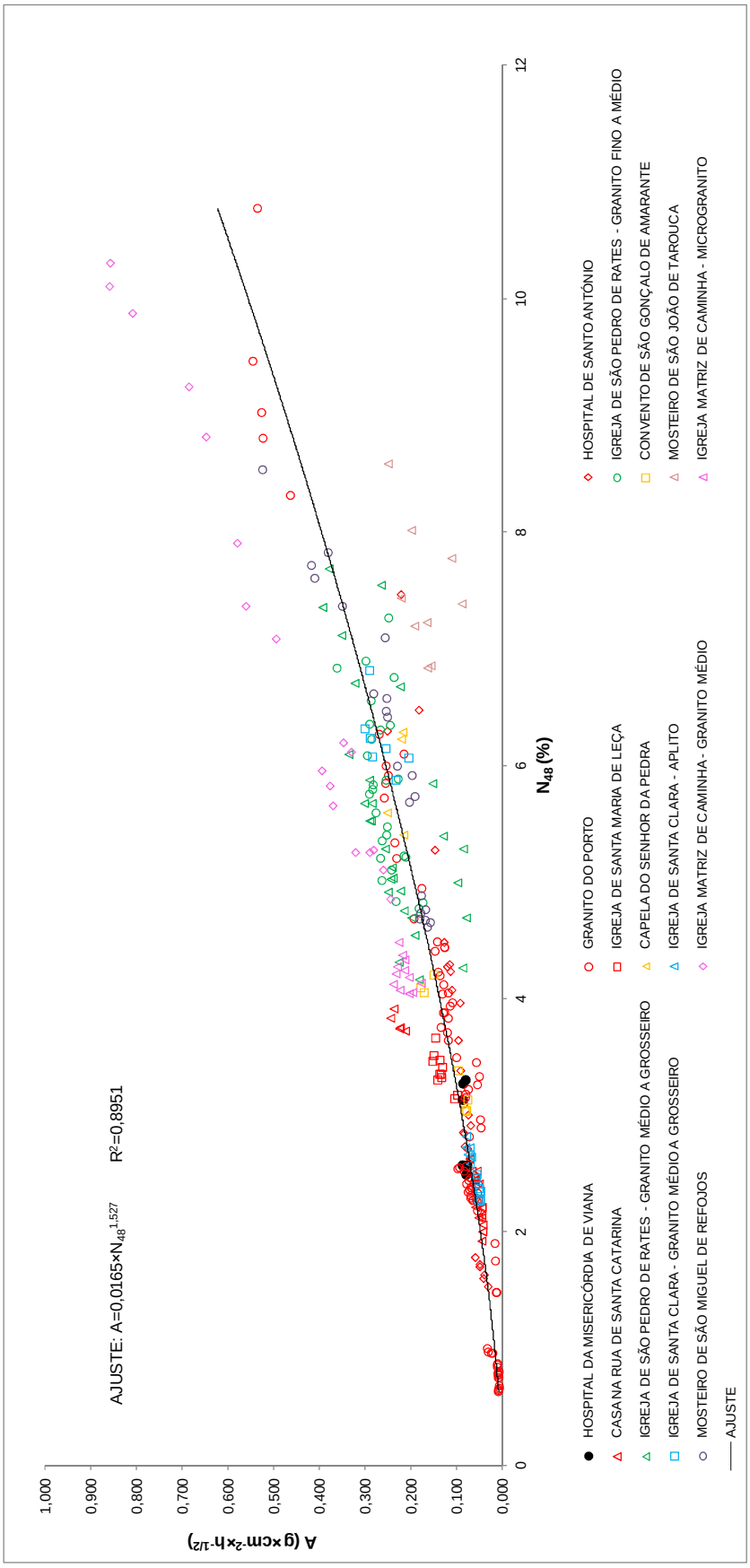


Figura 5.17 – Correlação entre o coeficiente de capilaridade (A) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Tal significa que a rede porosa é bem interligada e homogénea ao longo de cada um dos provetes, pelo que o coeficiente de Hirschwald (razão entre a porosidade livre às 48 horas e a porosidade total) deverá ser muito elevado.

No Quadro 5.16, são exibidos os valores limite do coeficiente de capilaridade B em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Quadro 5.16 – Valores limite do coeficiente de capilaridade B em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	B ($cm \times h^{-1/2}$)
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (2,49% ≤ N_{48} ≤ 2,57%)	**3,5408 – 3,8547**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular de intensidade intermédia (3,13% ≤ N_{48} ≤ 3,30%)	**2,3318 – 2,6937**
Granito de Braga muito meteorizado (5,63% ≤ N_{48} ≤ 7,19%) (Alves, 1997)	2,7 – 3,5
Granito de Gondizalves mediana a muito meteorizado (2,32% ≤ N_{48} ≤ 7,31%) (Alves, 1997)	2,8 – 5,1
Granito do Porto não meteorizado (0,63% ≤ N_{48} ≤ 1,00%) (Begonha, 1997, 2001)	0,797 – 1,988
Granito do Porto meteorizado (2,12% ≤ N_{48} ≤ 3,96%) (Begonha, 1997, 2001)	2,588 – 4,659
Granito do Porto meteorizado (4,04% ≤ N_{48} ≤ 6,26%) (Begonha, 1997, 2001)	3,120 – 5,265
Granito do Porto muito meteorizado (8,31 ≤ N_{48} ≤ 10,77) (Begonha, 1997, 2001)	6,179 – 7,083
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (1,53% ≤ N_{48} ≤ 1,78%) (Begonha, 1997, 2001)	2,361 – 4,024
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (2,71% ≤ N_{48} ≤ 3,00%) (Begonha, 1997, 2001)	2,639 – 3,746
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (3,38% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Begonha, 1997, 2001)	2,818 – 3,062
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (5,27% ≤ N_{48} ≤ 7,46%) (Begonha, 1997, 2001)	3,010 – 4,889
Hospital de Santo António – Pedras de granito do Porto meteorizado, afectadas por desagregação granular (3,96% ≤ N_{48} ≤ 4,29%) (Begonha, 1997, 2001)	2,448 – 3,106
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (4,61% ≤ N_{48} ≤ 4,88%) (Begonha, 2000)	3,998 – 4,522
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (5,68% ≤ N_{48} ≤ 7,09%) (Begonha, 2000)	3,448 – 4,607
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide muito meteorizado (7,36% ≤ N_{48} ≤ 8,53%) (Begonha, 2000)	5,149 – 7,123
Igreja de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã muito meteorizado (6,83% ≤ N_{48} ≤ 8,58%) (Begonha, 2002a)	1,5710 – 3,5111
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade forte e alvéolos (2,99% ≤ N48 ≤ 4,00%) (Begonha, 2003a)	2,7472 – 3,5821
Igreja Matriz de Espinho – Granito porfiróide de grão grosseiro com desagregação granular de intensidade intermédia (2,12% ≤ N48 ≤ 2,31%) (Begonha, 2003a)	2,1367 – 3,0758
Igreja Matriz de Espinho – Granito de grão médio orientado afectado por desagregação granular de intensidade forte com alvéolos ou desagregação granular intermédia (2,75% ≤ N_{48} ≤ 3,58%) (Begonha, 2003a)	3,7472 – 4,6574
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio meteorizado (4,77% ≤ N_{48} ≤ 5,88%) (Begonha, 2003b)	3,9614 – 6,4640
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão fino a médio muito meteorizado (6,08% ≤ N_{48} ≤ 7,26%) (Begonha, 2003b)	4,2622 – 6,7697
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro meteorizado (4,16% ≤ N_{48} ≤ 5,87%) (Begonha, 2003b)	2,4805 – 7,1991
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro muito meteorizado (6,09% ≤ N_{48} ≤ 7,68%) (Begonha, 2003b)	4,7261 – 7,0000

Quadro 5.16 – Valores limite do coeficiente de capilaridade B em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal (continuação).

Monumento ou edifício estudado	B ($cm \times h^{-1/2}$)
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino de duas micas meteorizado (3,02% ≤ N_{48} ≤ 4,19%) (Begonha, 2004b; Malheiro *et al*, 2004)	3,1357 – 5,6552
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto meteorizado (3,00% ≤ N_{48} ≤ 3,66%) (Moutinho, 2005)	3,9793 – 6,1742
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (4,85% ≤ N_{48} ≤ 6,19%) (Fojo, 2006)	5,6148 – 7,1451
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (7,08% ≤ N_{48} ≤ 10,30%) (Fojo, 2006)	7,9767 – 9,6345
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular (4,04% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Fojo, 2006)	5,1410 – 6,6003
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26% ≤ N_{48} ≤ 2,49%) (Costa Leite, 2008)	2,4152 – 2,7603
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87% ≤ N_{48} ≤ 6,81%) (Costa Leite, 2008)	4,3614 – 6,1254
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado, de cor cinzenta muito clara (2,58% ≤ N_{48} ≤ 2,82%) (Costa Leite, 2008)	2,7125 – 3,3916
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide, de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular (Granito de Lavadores) (4,42% ≤ N_{48} ≤ 5,26%) (Bré, 2008)	4,5040 – 5,9952
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedras n.º 1,2,3 e 5 (1,92% ≤ N_{48} ≤ 2,63%) (Resende, 2010)	2,2496 – 3,2319
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedra n.º 4 (3,72% ≤ N_{48} ≤ 3,91%) (Resende, 2010)	6,4492 – 6,9285

Comparando os valores limite do coeficiente de capilaridade B do granito meteorizado, não deteriorado, da amostra HMV 59 (Quadro 5.13), com os granitos meteorizados, de porosidade livre semelhante à da amostra mencionada, do Quadro 5.16, verifica-se que estes são da mesma ordem de grandeza.

O granito afectado por desagregação granular intermédia do Hospital da Misericórdia apresenta uma porosidade livre às 48 horas e um coeficiente de capilaridade B inferiores aos dos granitos afectados por desagregação granular dos vários monumentos e edifícios revelados no Quadro 5.16.

Na Figura 5.18, é possível observar uma correlação linear negativa entre o coeficiente de capilaridade B e a porosidade livre às 48 horas, revelando um coeficiente de correlação elevado.

O estudo da mesma correlação nos granitos de outros monumentos e edifícios (Quadro 5.17) demonstra que o melhor ajuste surge sob a forma de uma equação polinomial de segundo grau (granitos meteorizados do Mosteiro de São Miguel de Refojos, do Igreja de Santa maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio, da Igreja Matriz de Caminha, da Capela do Senhor da Pedra e da Casa na rua de Santa Catarina) ou potencial (granitos meteorizados do Convento de São Gonçalo de Amarante e da Igreja de Santa Clara), ao contrário do observado no granito do Hospital da Misericórdia.

Seguindo o mesmo raciocínio aquando da análise ao coeficiente de capilaridade A, tentou-se determinar o coeficiente de capilaridade B da amostra HMV 58 a partir das equações de ajuste, também determinadas por Fojo (2006), dos granitos da Igreja Matriz de Caminha. Obteve-se a melhor correlação com a utilização conjunta do granito de grão médio e do microgranito ($B = -0{,}0034 \times N_{48}^2 + 0{,}6996 \times N_{48} + 2{,}9076$ com $R^2 = 0{,}8683$). Todavia, substituindo N_{48} na equação pelos valores limite da porosidade livre da amostra HMV 58 (N_{48} = 3,13% e N_{48} = 3,30%) resultam valores

do coeficiente de capilaridade B iguais ao dobro dos determinados em ensaio. Mais uma vez, esta diferença poderá ser explicada não só pela utilização conjunta do granito de grão médio e do microgranito da Igreja Matriz de Caminha para a obtenção do ajuste com maior coeficiente de correlação, mas também por a gama dos valores obtidos nos seis provetes do Hospital da Misericórdia ser muito restrita.

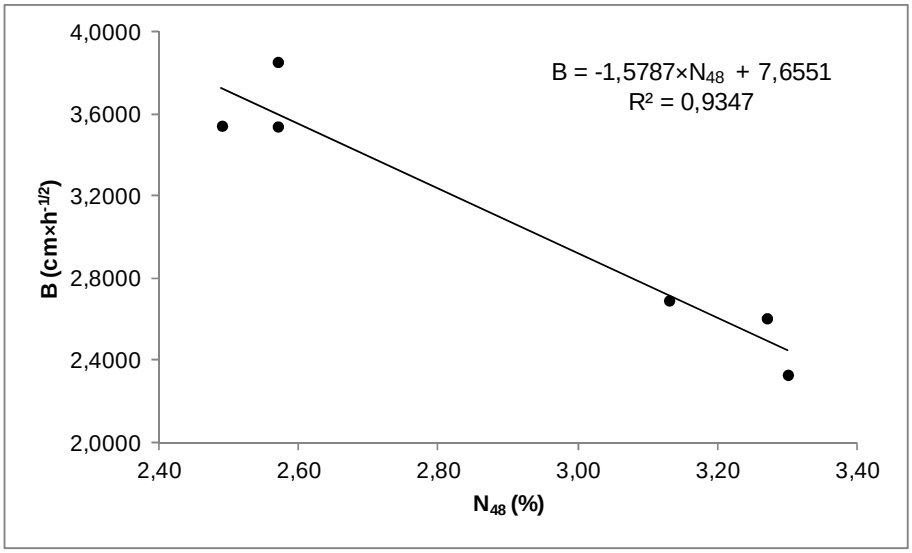


Figura 5.18 – Correlação obtida entre B e N_{48} para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.

Quadro 5.17 – Correlações entre B e N_{48} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício	**Correlação B (N_{48})**	**Coeficiente de correlação R^2**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo	**$B=-1,5787\times N_{48}+7,6551$**	**0,9347**
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide, meteorizado	$B=0,3389\times N_{48}^{2}-3,7134\times N_{48}+14,135$	0,9113
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão fino de duas micas meteorizado	$B=0,5046\times N_{48}^{1,5771}$	0,8838
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto meteorizado	$B=-20,349\times N_{48}^{2}+140,5\times N_{48}-236,78$	0,8142
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado	$B=-0,0894\times N_{48}^{2}+2,0551\times N_{48}-2,1408$	0,9065
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio e microgranito meteorizados	$B=-0,0034\times N_{48}^{2}+0,6996\times N_{48}+2,9076$	0,8683
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado	$B=1,5396\times N_{48}^{0,641}$	0,9482
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro e aplito moscovítico meteorizados	$B=1,6088\times N_{48}^{0,627}$	0,9207
Capela do Senhor da Pedra – Granito de Lavadores, porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado (Granito de Lavadores)	$B=1,2709\times N_{48}^{2}-16,564\times N_{48}+58,386$	0,9994
Casa na rua de Santa Catarina – Granito do Porto meteorizado	$B=1,3817\times N_{48}^{2}-5,6891\times N_{48}+8,348$	0,9674

Na Figura 5.19, apresenta-se o ajuste entre o coeficiente de capilaridade B e a porosidade livre às 48 horas obtido com os dados de vários monumentos e edifícios.

Observa-se que os pontos definidos para o granito do Hospital da Misericórdia se enquadram na nuvem de pontos exibida. Contudo, revela-se que existe uma fraca correlação entre os parâmetros B e N_{48} quando se efectua o estudo com vários monumentos e edifícios, uma vez que o coeficiente de correlação obtido é relativamente baixo, (R^2=0,6075). A correlação potencial determinada, mostra apenas uma certa tendência de distribuição da nuvem de pontos.

Foi ainda realizado o estudo de modo a se obter uma correlação entre os coeficientes de capilaridade B e A.

Relativamente ao granito aplicado no Hospital da Misericórdia, pode-se afirmar que não existe relação entre os dois parâmetros, uma vez que o coeficiente de correlação é praticamente nulo, tomando o valor de 0,0201 (Figura 5.20).

No entanto, foram obtidos, para grande parte dos monumentos e edifícios de Portugal estudados, coeficientes de correlação elevados no que respeita à relação entre os coeficientes de capilaridade B e A, tal como mostra o Quadro 5.18.

As correlações obtidas são maioritariamente polinomiais de segundo grau, à excepção das do granito do Porto (perfis de meteorização + monumentos) e do granito e aplito da Igreja Santa Clara que surgem sob a forma de ajustes potenciais.

De notar, que a relação entre B e A no microgranito da Igreja Matriz de Caminha é a única que exibe um coeficiente de correlação considerável, comparativamente com os de relações determinadas entre outros parâmetros do mesmo granito.

Observando a Figura 5.21, verifica-se que, de facto, os dados relativos ao Hospital da Misericórdia não evoluem do mesmo modo dos dos restantes monumentos e edifícios, provavelmente por as diferenças entre os valores de A e os de B não serem muito significativas.

A mesma figura apresenta a correlação potencial obtida entre os coeficientes de capilaridade B e A ($B=10{,}499\times A^{0{,}4925}$) para o conjunto de vários monumentos e edifícios de Portugal, tendo-se obtido um coeficiente de correlação relativamente elevado e igual a 0,8564.

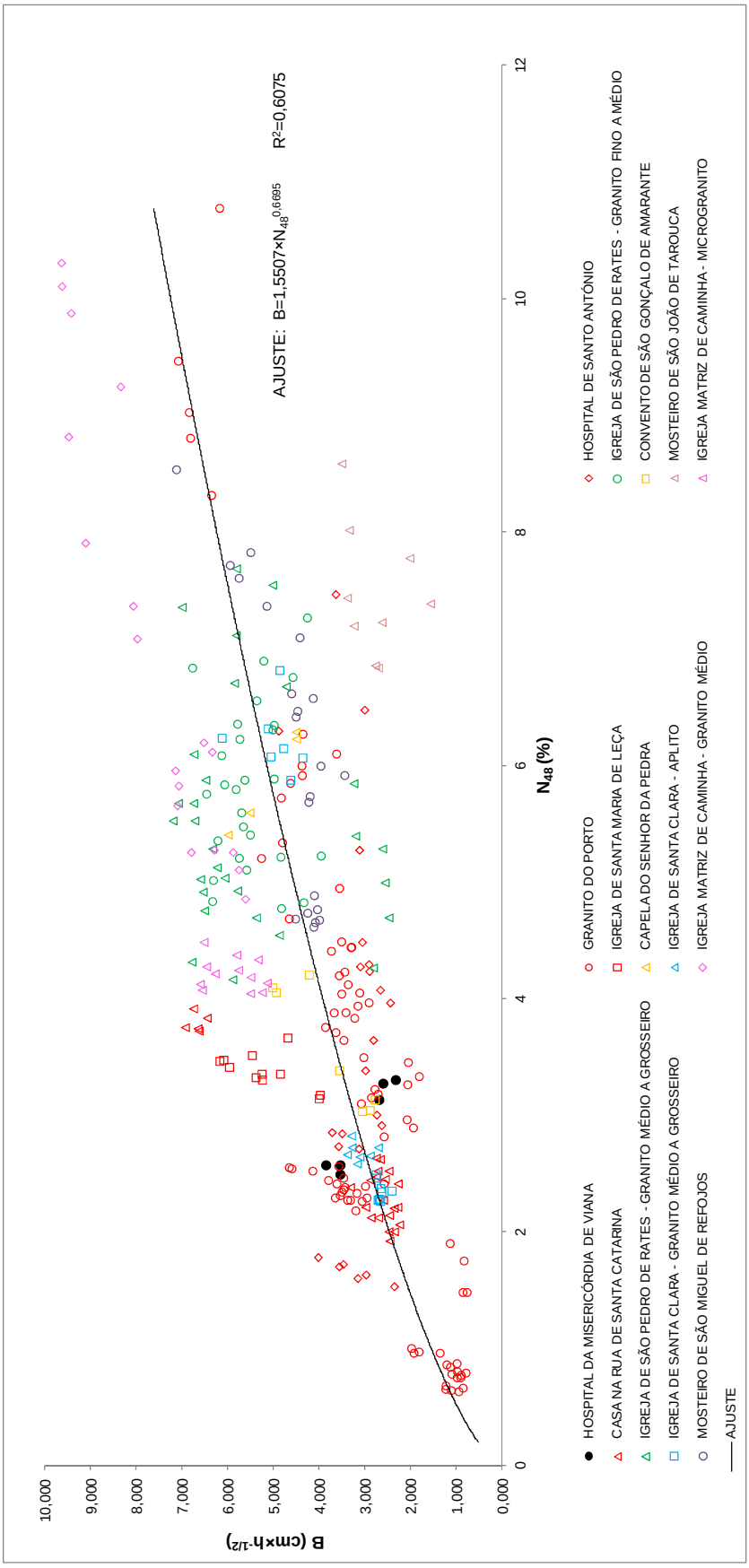


Figura 5.19 – Correlação entre o coeficiente de capilaridade (B) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

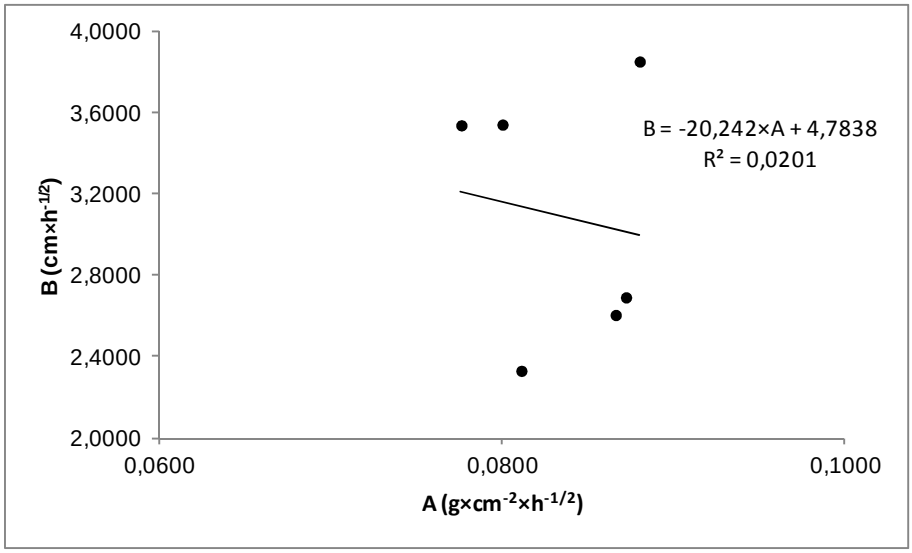


Figura 5.20 – Correlação obtida entre os coeficientes de capilaridade B e A para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.

Quadro 5.18 – Correlações entre B e A em granitos de monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício	**Correlação B (A)**	**Coeficiente de correlação R^2**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo	**B=-20,242×A+4,7838**	**0,0201**
Granito do Porto (Perfis de meteorização+monumentos)	$B=10,694\times A^{0,4957}$	0,8438
Granito do Porto – Perfis de meteorização	$B=9,9335\times A^{0,4680}$	0,904
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro, de tendência porfiróide, meteorizado	$B=18,239\times A^2-3,7022\times A+4,1631$	0,9336
Mosteiro de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã muito meteorizado	$B=-48,708\times A^2+28,956\times A-0,6313$	0,9745
Igreja de São Pedro de Rates – Granito de grão médio a grosseiro meteorizado	$B=-73,404\times A^2+47,715\times A-1,1587$	0,8376
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão médio, de duas micas, meteorizado	$B=-12,271\times A^2+23,553\times A-1,16967$	0,9776
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado	$B=-8,4990\times A^2+15,7800\times A+2,2722$	0,9509
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito meteorizado	$B=363,95\times A^2-124,21\times A+15,66$	0,8388
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio e microgranito meteorizados	$B=-4,8579\times A^2+11,2530\times A+3,5535$	0,9217
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado	$B=8,3126\times A^{0,3851}$	0,9717
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro e aplito moscovítico meteorizados	$B=8,3647\times A^{0,3843}$	0,9607
Casa na rua de Santa Catarina – Granito do Porto meteorizado	$B=-23,406\times A^2+29,747\times A+1,0649$	0,9796

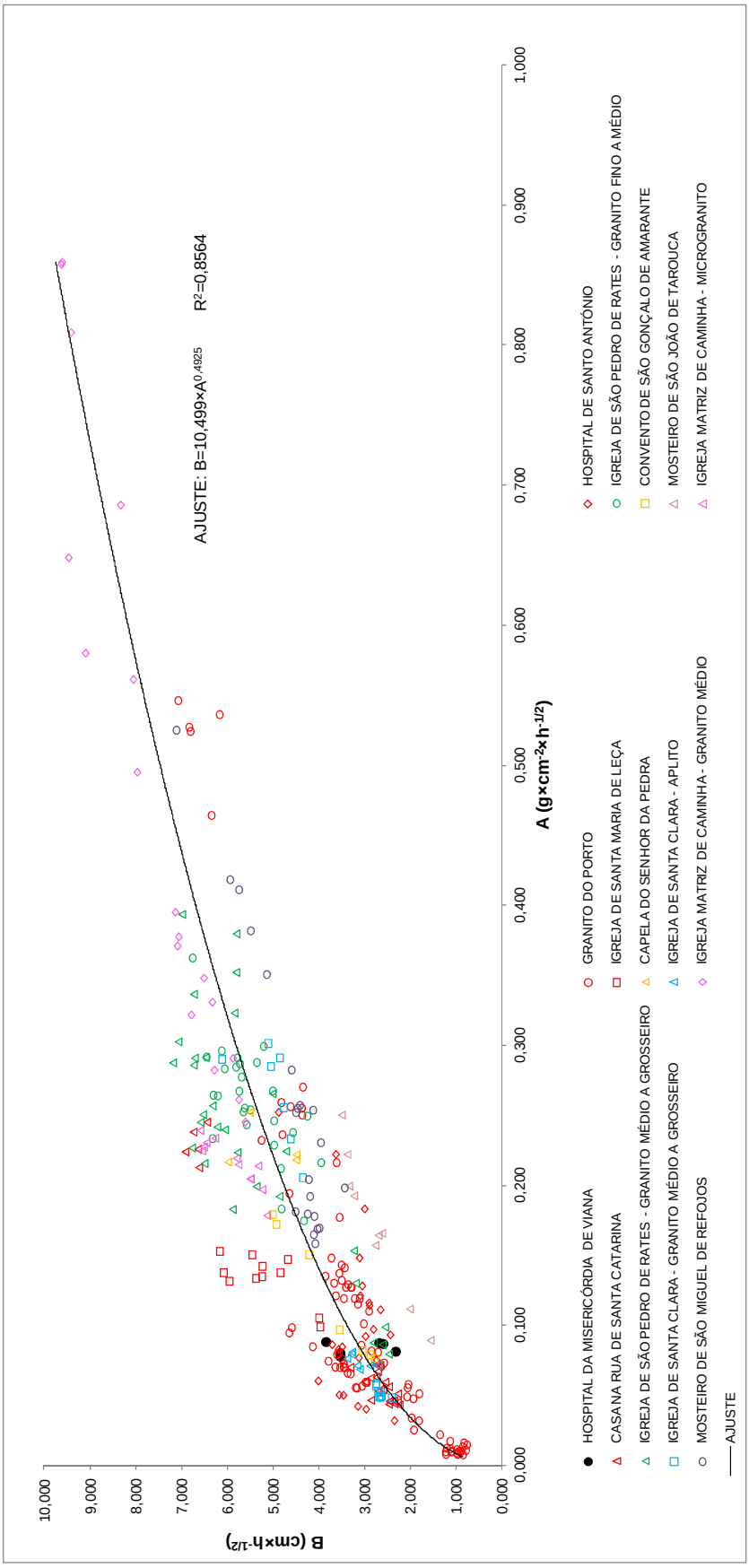


Figura 5.21 – Correlação entre os coeficientes de capilaridade B e A de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

5.2.5. EVAPORAÇÃO

No Quadro 5.19, apresentam-se os resultados obtidos no ensaio de evaporação, nomeadamente o fluxo de evaporação do vapor de água (q), a saturação crítica (Sc) e o instante em que ocorre a saturação crítica (t_{Sc}). No Anexo A2, mostram-se os resultados obtidos para os seis provetes estudados.

Quadro 5.19 – Resultados do ensaio de evaporação.

Provete	**q (g×cm^{-2}×h^{-1})**		**Sc (%)**		**t_{Sc} (h)**	
		Media ± desvio-padrão		Media ± desvio-padrão		Media ± desvio-padrão
HMV 58.1	-0,0019		39		47,05	
HMV 58.2	-0,0018	-0,0020 ± 0,0003	47	44 ± 4	45,15	43,25 ± 5,03
HMV 58.3	-0,0023		46		37,55	
HMV 59.1	-0,0017		50		34,28	
HMV 59.2	-0,0018	-0,0019 ± 0,0003	50	50 ± 0	34,25	32,43 ± 3,18
HMV 59.3	-0,0021		50		28,75	

As Figuras 5.22 e 5.23 exibem gráficos que correspondem ao ensaio de evaporação efectuado sobre os provetes HMV 59.2 e HMV 58.2, representativos do granito de grão fino meteorizado, não deteriorado do Hospital da Misericórdia de Viana e do mesmo tipo de granito mas afectado por desagregação granular intermédia. Estas figuras denotam que a curva de perda de peso por unidade de superfície (dW/S) em função do tempo (t) se divide em três segmentos: o primeiro é um segmento de recta de forte declive que corresponde a um período no qual o fluxo de evaporação do vapor de água (q) é constante; o segundo, um segmento intermédio curvo em que há diminuição progressiva do valor do fluxo de evaporação; o terceiro, um segmento rectilínio com fluxo de evaporação constante, mas de declive muito inferior ao do primeiro segmento.

Observando o Quadro 5.19, constata-se que o fluxo de evaporação, q, é muito semelhante no granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (HMV 59) cujos valores se compreendem entre -0,0018 g×cm^{-2}×h^{-1} e -0,0023 g×cm^{-2}×h^{-1} (média de -0,0019 g×cm^{-2}×h^{-1} ± 0,0003 g×cm^{-2}×h^{-1}) e no granito de grão fino meteorizado, afectado por desagregação granular intermédia (HMV 58) cujos valores variam entre -0,0017 g×cm^{-2}×h^{-1} e -0,0021 g×cm^{-2}×h^{-1} (média de -0,0020 g×cm^{-2}×h^{-1} ± 0,0003 g×cm^{-2}×h^{-1}).

Comparando os valores do fluxo de evaporação da amostra HMV 59 com os de granitos semelhantes e de idêntica porosidade livre às quarenta e oito horas contantes no Quadro 5.20, verifica-se que são inferiores aos do granito do Porto meteorizado do Hospital de Santo António (-0,0049 g×cm^{-2}×h^{-1} - -0,0053 g×cm^{-2}×h^{-1} – Begonha, 1997, 2001) com 2,73% ≤ N_{48} ≤ 2,84%, do granito de duas micas, de grão médio a grosseiro, meteorizado, da Igreja de Santa Clara (-0,0029 g×cm^{-2}×h^{-1} – -0,0036 g×cm^{-2}×h^{-1} – Costa Leite, 2008) com 2,26% ≤ N_{48} ≤ 2,49% e do aplito moscovítico meteorizado da Igreja de Santa Clara (-0,0036 g×cm^{-2}×h^{-1} – -0,0048 g×cm^{-2}×h^{-1} – Costa Leite, 2008) com 2,58% ≤ N_{48} ≤ 2,82%. São, no entanto, superiores aos valores definidos para o granito do Porto meteorizado da Casa na rua de Santa Catarina (-0,0011 g×cm^{-2}×h^{-1} – -0,0018 g×cm^{-2}×h^{-1} – Resende, 2009) com 1,92% ≤ N_{48} ≤ 2,63%.

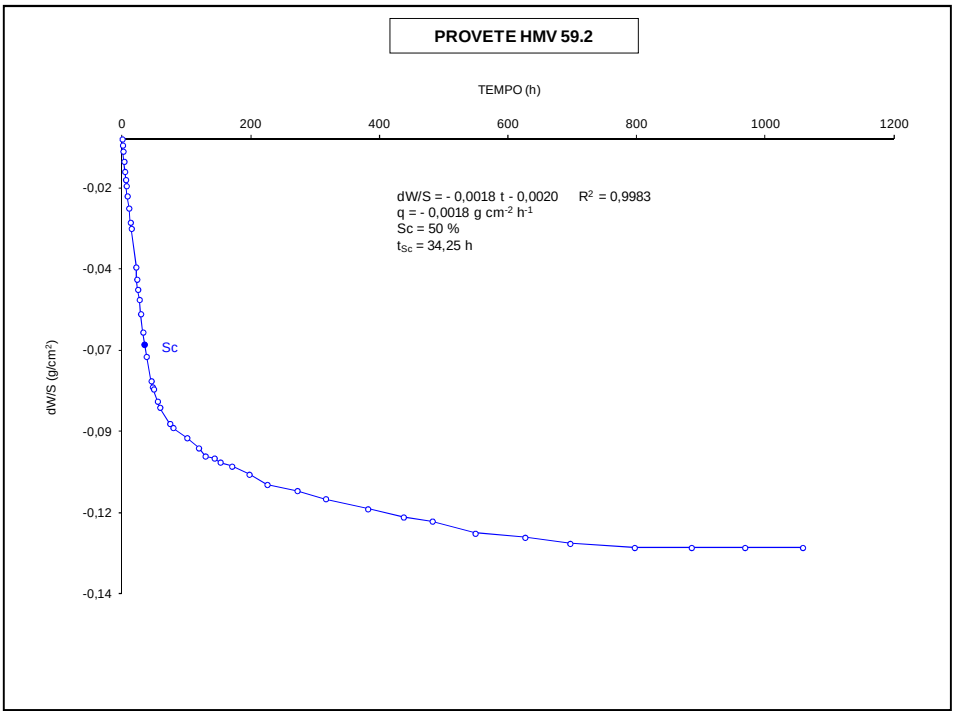


Figura 5.22 – Diagrama do ensaio de evaporação. Provete HMV 59.2 de granito de grão fino meteorizado, não deteriorado.

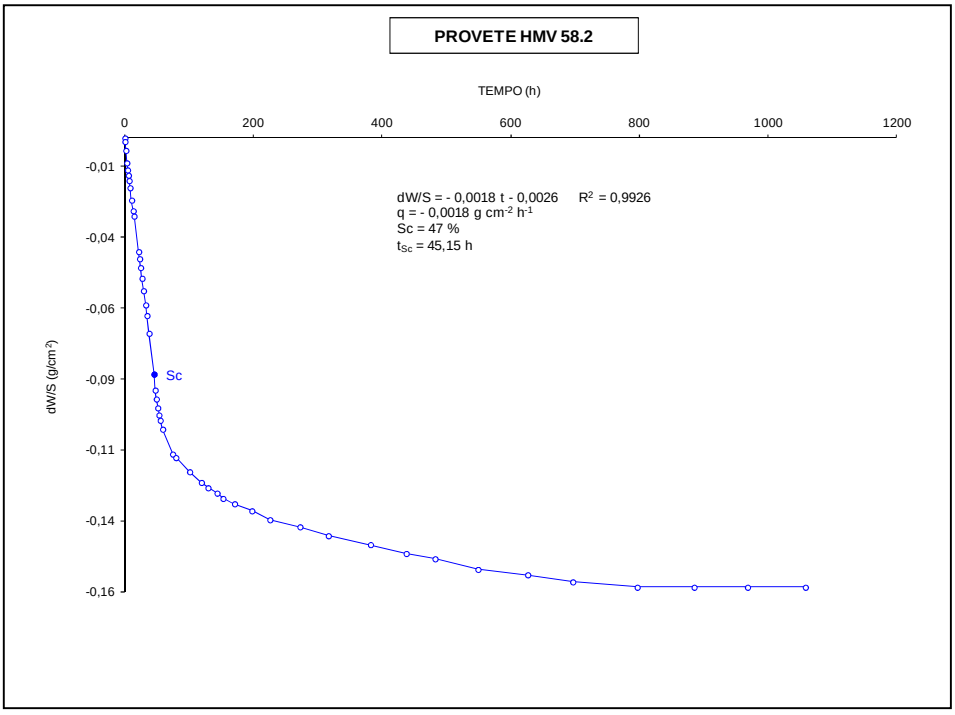


Figura 5.23 - Diagrama do ensaio de evaporação. Provete HMV 58.2 de granito de grão fino meteorizado, afectado por desagregação granular intermédia.

Quadro 5.20 - Valores limite do fluxo de evaporação q em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	q ($g \times cm^{-2} \times h^{-1}$)
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (2,49% ≤ N_{48} ≤ 2,57%)	**-0,0017 - -0,0021**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular de intensidade intermédia (3,13% ≤ N_{48} ≤ 3,30%)	**-0,0018 - -0,0023**
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (4,61% ≤ N_{48} ≤ 4,88%) (Begonha, 2000)	-0,0008 - -0,0018
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (5,68% ≤ N_{48} ≤ 7,09%) (Begonha, 2000)	-0,0011 - -0,0019
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide muito meteorizado (7,36% ≤ N_{48} ≤ 8,53%) (Begonha, 2000)	-0,0004 - -0,0011
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (1,70% ≤ N_{48} ≤ 1,72%) (Begonha, 2001)	-0,0038 - -0,0041
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (2,73% ≤ N_{48} ≤ 2,84%) (Begonha, 2001)	-0,0049 - -0,0053
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (3,38% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Begonha, 2001)	-0,0039 - -0,0048
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (5,27% ≤ N_{48} ≤ 7,46%) (Begonha, 2001)	-0,0031 - -0,0043
Hospital de Santo António – Pedras de granito do Porto meteorizado, afectadas por desagregação granular (3,96% ≤ N_{48} ≤ 4,29%) (Begonha, 2001)	-0,0026 - -0,0041
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão fino de duas micas meteorizado (3,03% ≤ N_{48} ≤ 4,20%) (Angélico *et al*, 2005)	-0,0034 - -0,0039
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (4,85% ≤ N_{48} ≤ 6,19%) (Fojo, 2006)	-0,0015 - -0,0023
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (7,08% ≤ N_{48} ≤ 10,30%) (Fojo, 2006)	-0,0018 - -0,0030
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular (4,04% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Fojo, 2006)	-0,0020 - -0,0032
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26% ≤ N_{48} ≤ 2,49%) (Costa Leite, 2008)	-0,0029 - -0,0036
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87% ≤ N_{48} ≤ 6,81%) (Costa Leite, 2008)	-0,0023 - -0,0033
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado, de cor cinzenta muito clara (2,58% ≤ N_{48} ≤ 2,82%) (Costa Leite, 2008)	-0,0036 - -0,0048
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular (Granito de Lavadores) (4,42% ≤ N48 ≤ 5,26%) (Bré, 2008)	-0,0024 - -0,0039
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedras n.º 1,2,3 e 5 (1,92% ≤ N_{48} ≤ 2,63%) (Resende, 2010)	-0,0011 - -0,0018
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedra n.º 4 (3,72% ≤ N_{48} ≤ 3,91%) (Resende, 2010)	-0,0008 - -0,0019

Relativamente ao granito da amostra HMV 58 (granito meteorizado, afectado por desagregação granular), observa-se que, para porosidades livres às 48 horas ligeiramente superiores, este apresenta valores de fluxo de evaporação situados no intervalo definido para o granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular, da Igreja Matriz de Caminha (-0,0015 $g \times cm^{-2} \times h^{-1}$ – -0,0023 $g \times cm^{-2} \times h^{-1}$ – Fojo, 2006) com 4,85% ≤ N_{48} ≤ 6,19% e inferiores aos valores do granito do

Porto meteorizado, afectado por desagregação granular, do Hospital de Santo António (-0,0026 g×cm^{-2}×h^{-1} – -0,0041 g×cm^{-2}×h^{-1} – Begonha, 1997, 2001) com 3,96% ≤ N_{48} ≤ 4,29% e do granito porfiróide de grão grosseiro, afectado por desagregação granular, da Capela do Senhor da Pedra (-0,0024 g×cm^{-2}×h^{-1} – -0,0039 g×cm^{-2}×h^{-1} – Bré, 2008) com 4,42% ≤ N_{48} ≤ 5,26%.

Determinou-se a relação entre o fluxo de evaporação de vapor de água (q) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) a partir dos resultados obtidos para o granito de grão fino do Hospital da Misericórdia. A Figura 5.24 revela que não foi conseguida uma correlação significativa entre os parâmetros, uma vez que o máximo valor do coeficiente de correlação obtido foi de 0,1088. O mesmo se verificou em vários monumentos e edifícios de Portugal, uma vez que o único monumento cujo granito revelou uma correlação plausível entre q e N_{48} foi o da Capela do Senhor da Pedra ($q=0,0034N_{48}^2-0,0413N_{48}+0,1209$) com $R^2=0,8235$.

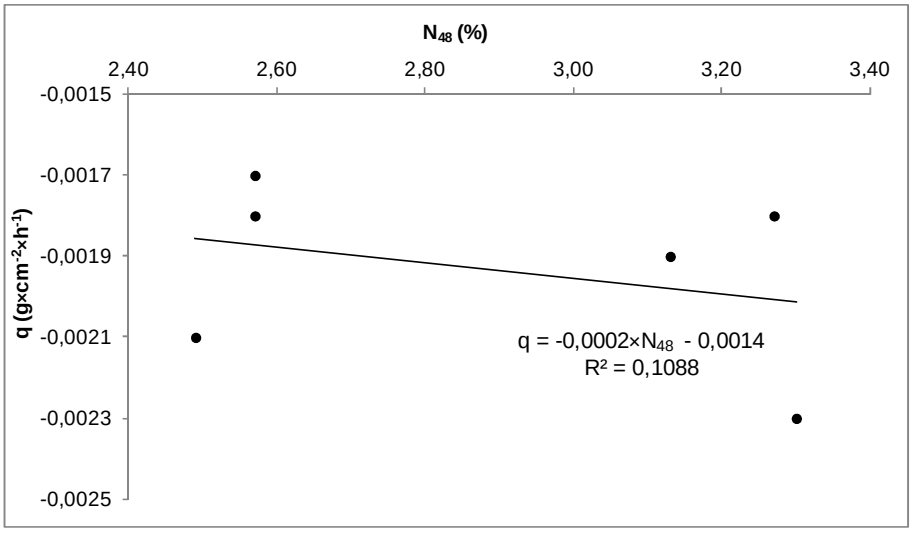


Figura 5.24 – Correlação obtida entre q e N_{48} para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.

Projectando os pares de valores (N_{48}-q) dos granitos empregues em vários monumentos e edifícios de Portugal, obteve-se uma nuvem de pontos dispersa (Figura 5.25), não se tendo verificado uma correlação significativa entre os dois parâmetros ($R^2=0,0181$).

A saturação crítica corresponde ao ponto a partir do qual a evaporação deixa de se realizar na superfície do provete, passando a efectuar-se no seu interior pelo que, quanto maior a saturação crítica, mais prejudicial é para a pedra, uma vez que maior quantidade de solução salina irá evaporar no interior da rede porosa.

Os valores obtidos para a saturação crítica Sc variam entre 39% e 47% (média de 44% ± 4%) na amostra HMV 58 e tomam o valor de 50% em todos os provetes da amostra HMV 59 (Quadro 5.19).

Estes resultados mostram que no granito de grão fino meteorizado com ou sem desagregação granular cerca de metade da água de embebição evapora à superfície da pedra e que cerca da outra metade na rede porosa, situação que conduz à cristalização de minerais de sais solúveis no interior da pedra e, em especial, os de maior solubilidade como a halite.

O Quadro 5.21 apresenta os valores limite da saturação crítica Sc em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

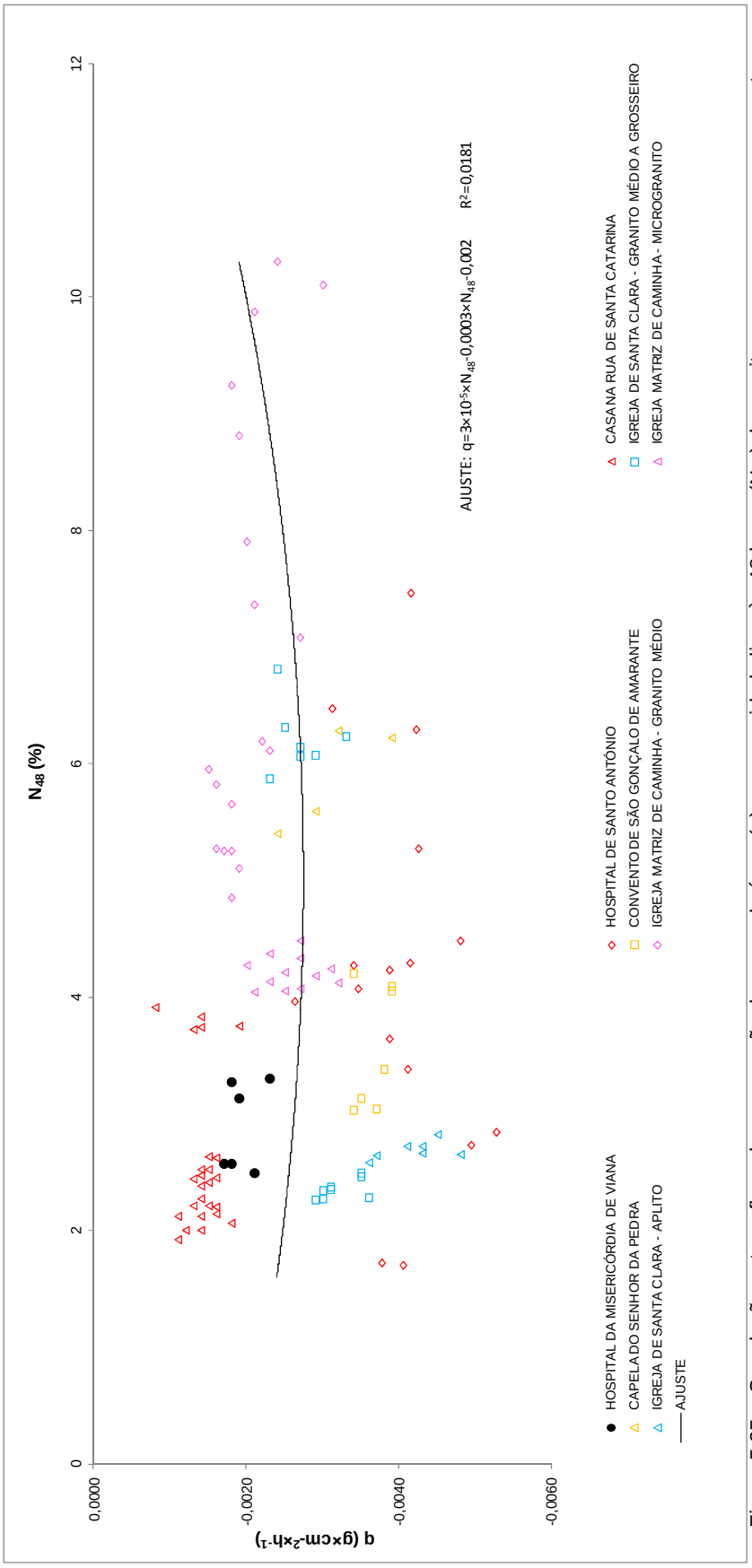


Figura 5.25 – Correlação entre o fluxo de evaporação de vapor de água (q) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Quadro 5.21 – Valores limite da saturação crítica Sc em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	Sc (%)
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (2,49% ≤ N_{48} ≤ 2,57%)	**50**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular de intensidade intermédia (3,13% ≤ N_{48} ≤ 3,30%)	**39 – 47**
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (4,6%1 ≤ N_{48} ≤ 4,88%) (Begonha, 2000)	75 – 89
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (5,68% ≤ N_{48} ≤ 7,09%) (Begonha, 2000)	48 – 78
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide muito meteorizado (7,36% ≤ N_{48} ≤ 8,53%) (Begonha, 2000)	61 – 83
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (1,70% ≤ N_{48} ≤ 1,72%) (Begonha, 2001)	59 – 61
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (2,73% ≤ N_{48} ≤ 2,84%) (Begonha, 2001)	58 – 59
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (3,38% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Begonha, 2001)	59 – 69
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (5,27% ≤ N_{48} ≤ 7,46%) (Begonha, 2001)	45 – 62
Hospital de Santo António – Pedras de granito do Porto meteorizado, afectadas por desagregação granular (3,96% ≤ N_{48} ≤ 4,29%) (Begonha, 2001)	60 – 71
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão fino de duas micas meteorizado (3,03% ≤ N_{48} ≤ 4,20%) (Angélico *et al*, 2005)	78 – 89
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (4,85% ≤ N_{48} ≤ 6,19%) (Fojo, 2006)	34 – 45
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (7,08% ≤ N_{48} ≤ 10,30%) (Fojo, 2006)	29 – 41
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular (4,04% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Fojo, 2006)	36 – 55
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26% ≤ N_{48} ≤ 2,49%) (Costa Leite, 2008)	50 – 59
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87% ≤ N_{48} ≤ 6,81%) (Costa Leite, 2008)	32 – 49
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado, de cor cinzenta muito clara (2,58% ≤ N_{48} ≤ 2,82%) (Costa Leite, 2008)	67 – 75
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular (Granito de Lavadores) (4,42% ≤ N_{48} ≤ 5,26%) (Bré, 2008)	70 – 83
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedras n.º 1,2,3 e 5 (1,92% ≤ N_{48} ≤ 2,63%) (Resende, 2010)	61 – 71
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedra n.º 4 (3,72% ≤ N_{48} ≤ 3,91%) (Resende, 2010)	32 – 39

Denota-se que tanto os valores da saturação crítica da amostra HMV 58 como da amostra HMV 59 são da mesma ordem de grandeza dos apresentados no quadro anterior. Apenas o granito do Porto meteorizado, afectado por desagregação granular, do Hospital de Santo António, o granito de grão grosseiro, afectado por desagregação granular, da Capela do Senhor da Pedra, o granito meteorizado

do Mosterio de São Miguel de Refojos e o granito do Porto meteorizado da Casa na rua de Santa Catarina revelam saturação crítica bastante superior ao observado nos provetes estudados.

No que respeita à relação entre a saturação crítica e a porosidade livre às 48 horas, verifica-se que, para o granito de grão fino do Hospital da Misericórdia, existe uma correlação muito fraca entre os dois parâmetros (R^2=0,4393), tal como mostra a Figura 5.26.

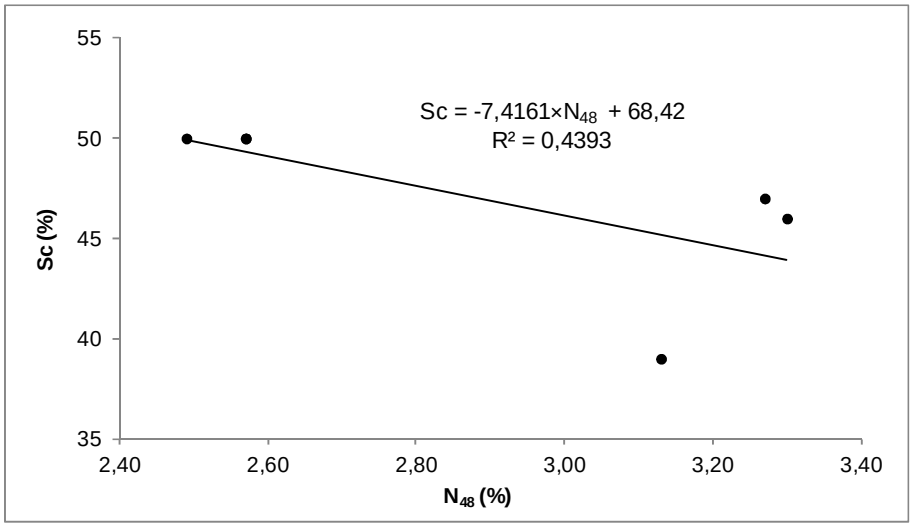


Figura 5.26 – Correlação obtida entre Sc e N_{48} para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.

Em relação aos monumentos e edifícios que têm sido abordados, apenas se obtiveram correlações relativamente fortes para os granitos dos monumentos apresentados no Quadro 5.22. Todas as correlações determinadas são do tipo polinomial de segundo grau e o coeficiente de correlação mais elevado corresponde ao ajuste determinado para o granito do Porto empregue na Casa na rua de Santa Catarina (R^2=0,9368).

Quadro 5.22 – Correlações entre Sc e N_{48} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício	**Correlação Sc (N_{48})**	**Coeficiente de correlação R^2**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo	**Sc=-7,4161×N_{48}+68,42**	**0,4393**
Convento de São Gonçalo de Amarante – Granito de grão médio, de duas micas, meteorizado	Sc=4,222×N_{48}^2-24,205×N_{48}+115,49	0,8121
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado	Sc=-1,1551×N_{48}^2+5,3303×N_{48}+49,385	0,8279
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado (Granito de Lavadores)	Sc=57,959×N_{48}^2-670,07×N_{48}+2005,7	0,8418
Casa na rua de Santa Catarina – Granito do Porto meteorizado	Sc=-12,464×N_{48}^2+55,265×N_{48}+5,0585	0,9368

Analisando a Figura 5.27, verifica-se que a nuvem de pontos (N_{48}-Sc), construída para vários monumentos e edifícios de Portugal, se revela dispersa, não apresentando uma tendência de distribuição notória. Esta observação torna-se evidente pelo baixo coeficiente de correlação obtido (R^2=0,996) no ajuste à nuvem de pontos.

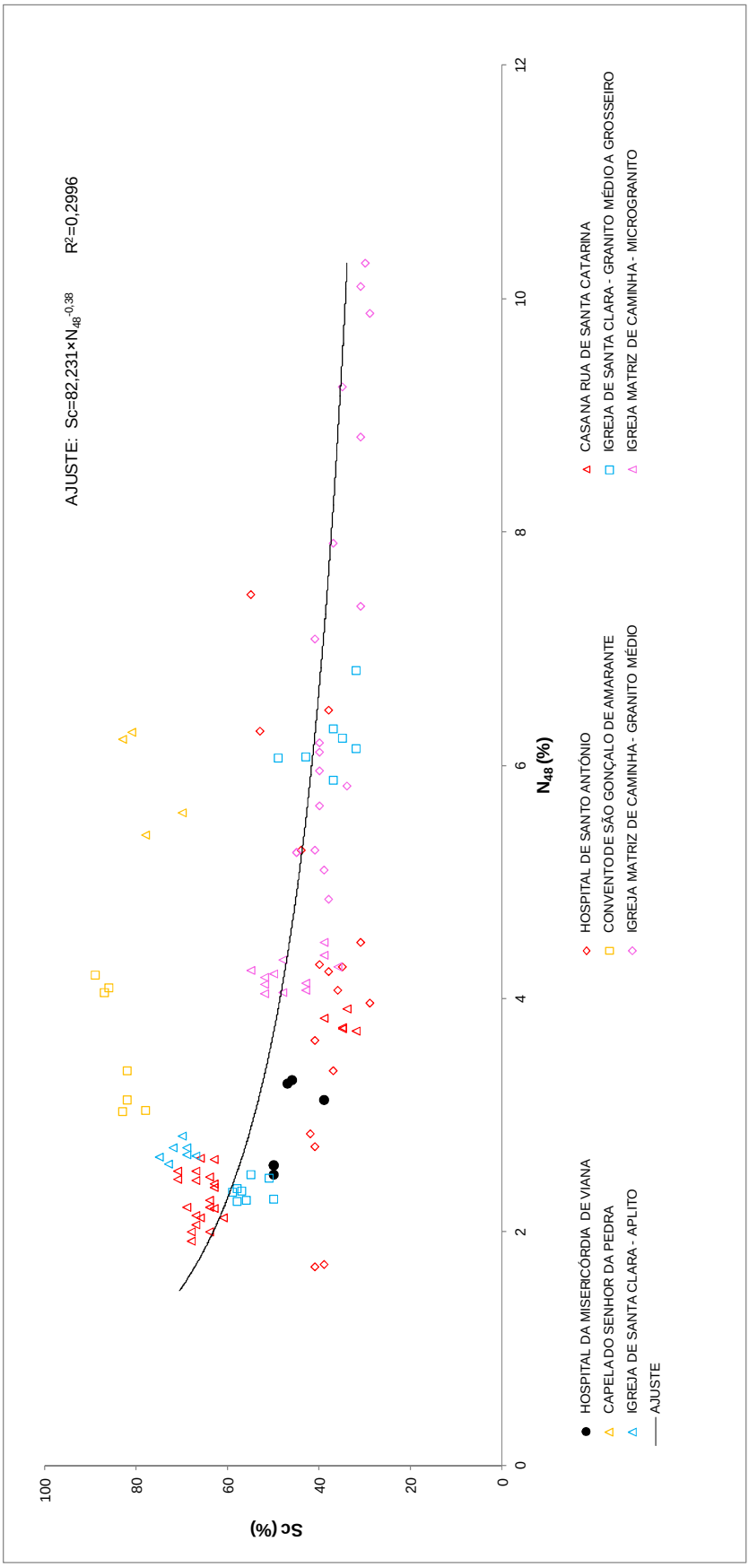


Figura 5.27 – Correlação entre a saturação crítica (Sc) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

No que concerne ao tempo de saturação crítica, observa-se que este é maior no granito de grão fino meteorizado, com desagregação granular intermédia, variando entre 37,55h e 47,05h (média de 43,25h ± 5,03h), do que no granito meteorizado, não deteriorado, em que os valores de t_{Sc} estão compreendidos entre 28,75h e 34,28h (média de 32,43h ± 3,18h), tal como se verifica pela análise do Quadro 5.19.

A leitura do Quadro 5.23 denota que o tempo em que é atingida a saturação crítica nos granitos empregues em vários monumentos e edifícios de Portugal, varia de monumento para monumento e depende do grau de meteorização e deterioração do granito. Deste modo, observa-se uma vasta gama de valores.

O granito de grão fino meteorizado, não deteriorado, do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo, apresenta valores de t_{Sc} semelhantes aos do granito do Porto meteorizado da Casa na rua de Santa Catarina (18,8h – 33,1h – Resende, 2009) com $1,92\% \leq N_{48} \leq 2,63\%$.

Relativamente aos granitos afectados por desagregação granular, estes apresentam, de igual modo, tempos de saturação crítica muito diferentes. O tempo de saturação crítica do granito de grão fino meteorizado, afectado por desagregação granular da amostra HMV 58 (37,6h – 47,0h) é semelhante ao do microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular, da Igreja Matriz de Caminha (32,1h – 59,8h – Fojo, 2006) com $4,04\% \leq N_{48} \leq 4,48\%$.

Tentando perceber a relação existente entre o tempo de saturação crítica e a porosidade livre às 48 horas, determinaram-se as correlações para o granito de grão fino do Hospital da Misericórdia (Figura 5.28) e para granitos de vários monumentos e edifícios de Portugal (Quadro 5.24).

Para o granito do Hospital da Misericórdia, obteve-se uma correlação potencial relativamente fraca (R^2=0,6765).

Verificou-se que apenas no granito de alguns monumentos e edifícios existe uma correlação entre os parâmetros t_{Sc} e N_{48}, nomeadamente no granito do Porto meteorizado do Hospital de Santo António, no conjunto do granito de grão médio e microgranito meteorizados da Igreja Matriz de Caminha, no granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência porfiróide da Igreja de Santa Clara, no conjunto do anterior com o aplito moscovítico do mesmo monumento e no Granito do Porto meteorizado da Casa na rua de Santa Catarina (Quadro 5.24).

As correlações obtidas para o granito dos monumentos e edifícios mencionados são maioritariamente do tipo polinomial de segundo grau, exceptuando a correlação exponencial do granito de grão médio a grosseiro meteorizado da Igreja de Santa Clara.

A Figura 5.29 revela que, no conjunto, os pontos (N_{48}-t_{Sc}) de vários monumentos e edifícios de Portugal, se organizam de uma forma relativamente dispersa, não tendo sido possível determinar uma forte correlação entre os parâmetros em causa. Obteve-se uma linha de tendência polinomial de segundo grau ($t_{Sc}=1,192\times N_{48}^2+2,9983\times N_{48}+9,8469$) com um coeficiente de correlação igual a 0,5223.

Com o objectivo de perceber as possíveis relações entre o tempo de saturação crítica e os parâmetros determinados até este ponto, estudaram-se as potenciais correlações entre t_{Sc} e A, t_{Sc} e B, t_{Sc} e q e t_{Sc} e Sc.

Relativamente ao granito do Hospital da Misericórdia, verifica-se que a relação entre o tempo de saturação crítica e o coeficiente de capilaridade A é fraca (R^2=0,3801), como se pode observar na Figura 5.30.

Quadro 5.23 – Valores limite do tempo de saturação crítica t_{Sc} em granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	t_{Sc} (h)
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado, não deteriorado (2,49% ≤ N_{48} ≤ 2,57%)	**28,8 – 34,3**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo – Granito de grão fino meteorizado afectado por desagregação granular de intensidadeintermédia (3,13% ≤ N_{48} ≤ 3,30%)	**37,6 – 47,0**
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (4,61% ≤ N_{48} ≤ 4,88%) (Begonha, 2000)	16 - 85
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide meteorizado (5,68% ≤ N_{48} ≤ 7,09%) (Begonha, 2000)	74 – 109
Mosteiro de São Miguel de Refojos – Granito de grão médio a grosseiro de tendência porfiróide muito meteorizado (7,36% ≤ N_{48} ≤ 8,53%) (Begonha, 2000)	152 - 156
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (1,70% ≤ N_{48} ≤ 1,72%) (Begonha, 2001)	7,6
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado (2,73% ≤ N_{48} ≤ 2,84%) (Begonha, 2001)	10,7 – 11,6
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (3,38% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Begonha, 2001)	14,8 – 17,8
Hospital de Santo António – Pedra de granito do Porto meteorizado, afectada por placas (5,27% ≤ N_{48} ≤ 7,46%) (Begonha, 2001)	27,5 – 51,7
Hospital de Santo António – Pedras de granito do Porto meteorizado, afectadas por desagregação granular (3,96% ≤ N_{48} ≤ 4,29%) (Begonha, 2001)	18,9 – 21,5
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino de duas micas meteorizado (3,03% ≤ N_{48} ≤ 4,20%) (Angélico *et al*, 2005)	7,3 – 7,4
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (4,85% ≤ N_{48} ≤ 6,19%) (Fojo, 2006)	72,2 – 120,9
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio meteorizado, afectado por desagregação granular (7,08% ≤ N_{48} ≤ 10,30%) (Fojo, 2006)	81,3 – 175,8
Igreja Matriz de Caminha – Microgranito meteorizado, afectado por desagregação granular (4,04% ≤ N_{48} ≤ 4,48%) (Fojo, 2006)	32,1 – 59,8
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26% ≤ N_{48} ≤ 2,49%) (Costa Leite, 2008)	15,2 – 15,4
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87% ≤ N_{48} ≤ 6,81%) (Costa Leite, 2008)	63,4 – 103,3
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico meteorizado de cor cinzenta muito clara (2,58% ≤ N_{48} ≤ 2,82%) (Costa Leite, 2008)	9,0 – 9,2
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado, afectado por desagregação granular (Granito de Lavadores) (4,42% ≤ N48 ≤ 5,26%) (Bré, 2008)	9,9 – 13,7
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedras n.º 1,2,3 e 5 (1,92% ≤ N_{48} ≤ 2,63%) (Resende, 2010)	18,8 – 33,1
Casa na rua de Santa Catarina, Porto – Granito do Porto meteorizado: Pedra n.º 4 (3,72% ≤ N_{48} ≤ 3,91%) (Resende, 2010)	81,5 – 195,2

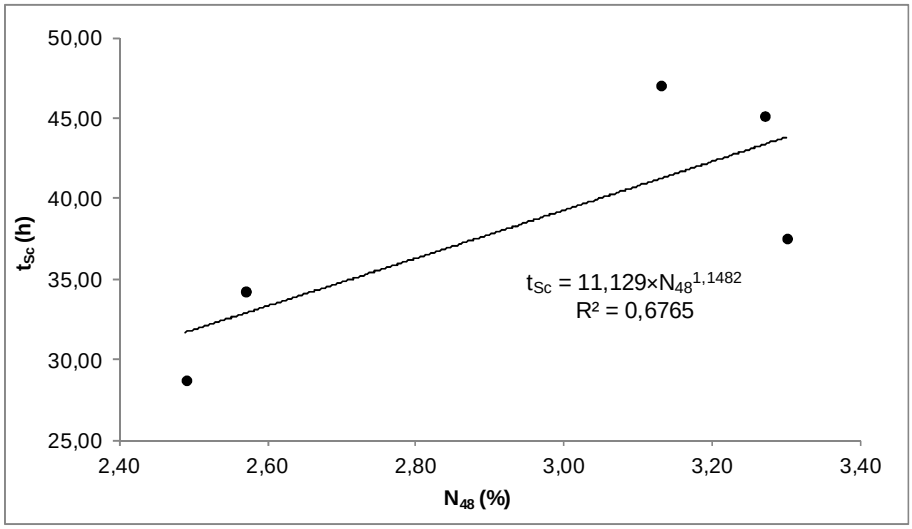


Figura 5.28 – Correlação obtida entre t_{Sc} e N_{48} para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia

Quadro 5.24 – Correlações entre t_{Sc} e N_{48} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício	**Correlação t_{Sc} (N_{48})**	**Coeficiente de correlação R^2**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo	**$t_{Sc}=11,129\times N_{48}^{1,1482}$**	**0,6765**
Hospital de Santo António – Granito do Porto meteorizado	$t_{Sc}=0,9077\times N_{48}^2-0,641\times N_{48}+6,2672$	0,9732
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio e microgranito meteorizados	$t_{Sc}=-2,4065\times N_{48}^2+53,115\times N_{48}-114,05$	0,8676
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado	$t_{Sc}=5,7728\times e^{0,4151\times N_{48}}$	0,9834
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro e aplito moscovítico meteorizados	$t_{Sc}=6,0674\times N_{48}^2-35,588\times N_{48}+63,474$	0,9555
Casa na rua de Santa Catarina – Granito do Porto meteorizado	$t_{Sc}=44,875\times N_{48}^2-208,65\times N_{48}+270,12$	0,8641

Obtiveram-se correlações com R^2 elevado apenas nos granitos dos monumentos e edifícios constantes no Quadro 5.25, exceptuando o granito de grão fino do Hospital da Misericórdia. Manifestam-se segundo ajustes polinomiais de segundo grau, excepto os referentes ao granito do Porto meteorizado do Hospital de Santo António e ao granito de grão médio meteorizado da Igreja de Santa Clara, cujas correlações são do tipo potencial.

Focando a correlação obtida para o conjunto do granito de grão médio e microgranito meteorizados da Igreja Matriz de Caminha ($A=2\times10^{-5}\times t_{Sc}^2+0,0012\times t_{Sc}+0,1301$ com $R^2=0,8146$), é de esperar que, substituindo na equação os valores de t_{Sc} pelos obtidos no granito de grão fino da amostra HMV 58 do Hospital da Misericórdia, se obtenham valores de A semelhantes aos determinados para a mesma amostra HMV 58.

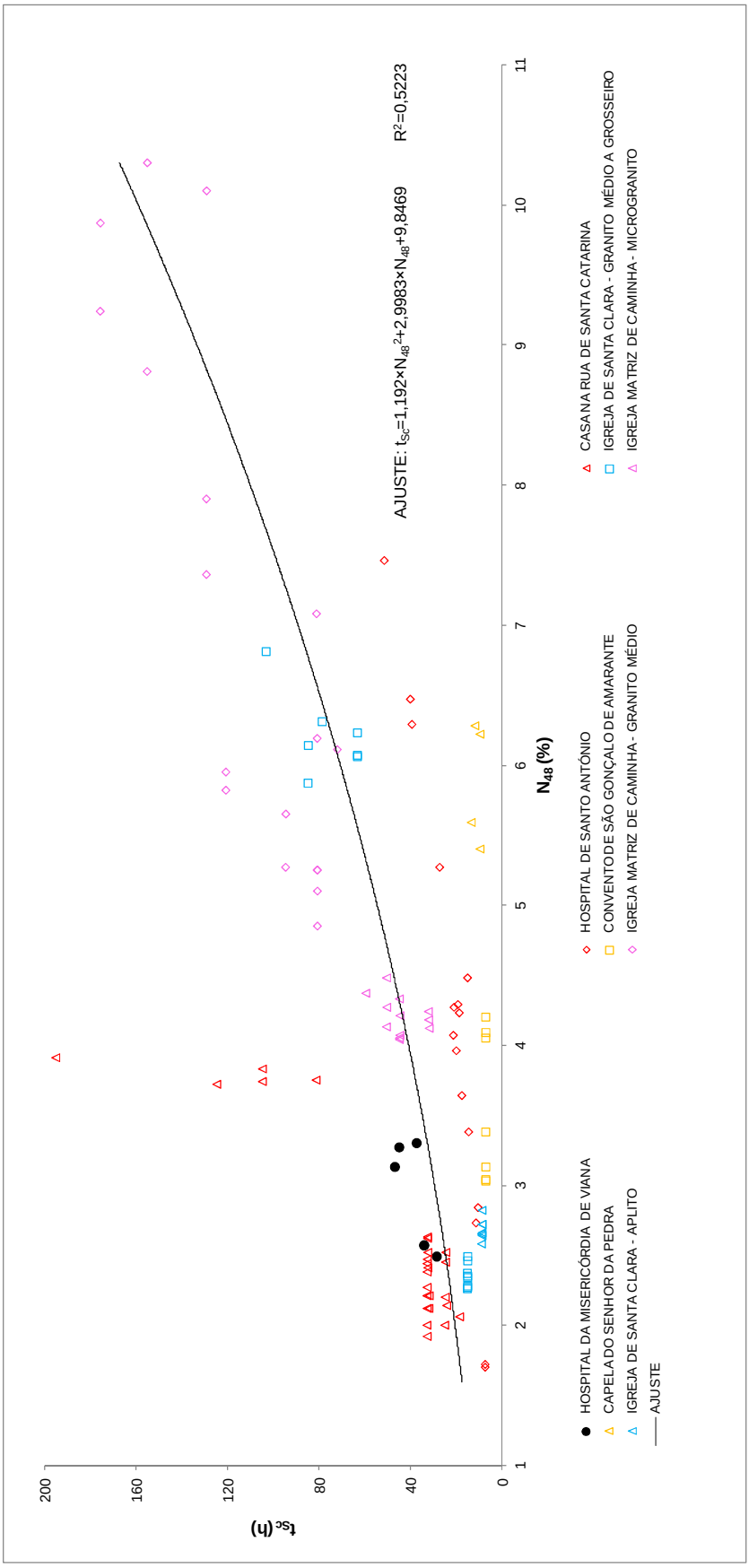


Figura 5.29 – Correlação entre o tempo de saturação crítica (t_{Sc}) e a porosidade livre às 48 horas (N_{48}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

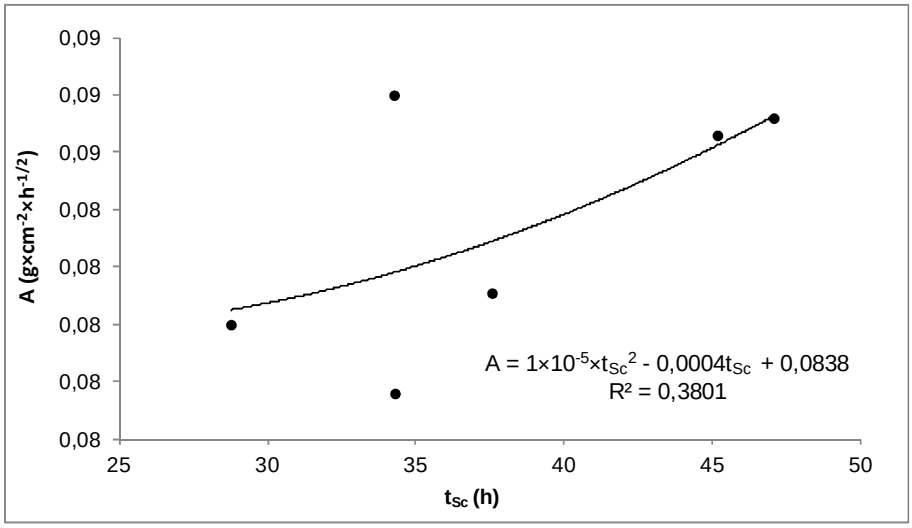


Figura 5.30 – Correlação obtida entre t_{Sc} e A para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia

Quadro 5.25 – Correlações entre A e t_{Sc} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício	Correlação A (t_{Sc})	Coeficiente de correlação R^2
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo	**$A=1\times10^{-5}\times t_{Sc}^{2}-0{,}0004\times t_{Sc}+0{,}0838$**	**0,3801**
Hospital de Santo António – Granito do Porto meteorizado	$A=0{,}0116\times t_{Sc}^{0{,}7686}$	0,9036
Igreja Matriz de Caminha – Granito de grão médio e microgranito meteorizados	$A=2\times10^{-5}\times t_{Sc}^{2}+0{,}0012\times t_{Sc}+0{,}1301$	0,8146
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado	$A=0{,}0035\times t_{Sc}^{0{,}9942}$	0,9683
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro e aplito moscovítico meteorizados	$A=-2\times10^{-5}\times t_{Sc}^{2}+0{,}0051\times t_{Sc}+0{,}005$	0,9073
Capela do Senhor da Pedra – Granito porfiróide de grão grosseiro, em geral biotítico, meteorizado (Granito de Lavadores)	$A=0{,}0057\times t_{Sc}^{2}-0{,}1259\times t_{Sc}+0{,}9067$	0,9845
Casa na rua de Santa Catarina – Granito do Porto meteorizado	$A=-1\times10^{-5}\times t_{Sc}^{2}+0{,}004\times t_{Sc}+0{,}0512$	0,9443

Substituindo pelos valores de t_{Sc}=37,6h e t_{Sc}=47,0h (valores limite do tempo de saturação crítica determinados para o granito de grão fino da amostra HMV 58), obtém-se A=0,204 $g\times cm^{-2}\times h^{-1/2}$ e A=0,231 $g\times cm^{-2}\times h^{-1/2}$, valores que se apresentam mais elevados do que os obtidos no ensaio de absorção de água por capilaridade ($0{,}0811\ g\times cm^{-2}\times h^{-1/2} \leq A \leq 0{,}0872\ g\times cm^{-2}\times h^{-1/2}$). Esta diferença pode dever-se não só ao facto de a correlação ter como base o granito de grão médio e o microgranito da Igreja Matriz de Caminha, como ao facto de o coeficiente de correlação não ser efectivamente muito elevado. Além disso, os valores obtidos nos provetes da amostra HMV 58 são muito próximos.

Ajustando os pontos (t_{Sc}-A) dos granitos de vários monumentos e edifícios de Portugal, verifica-se que a correlação obtida é relativamente fraca (R^2=0,6751 - Figura 5.31), situação que, como já referido, se manifestou individualmente nos granitos de vários monumentos e edifícios.

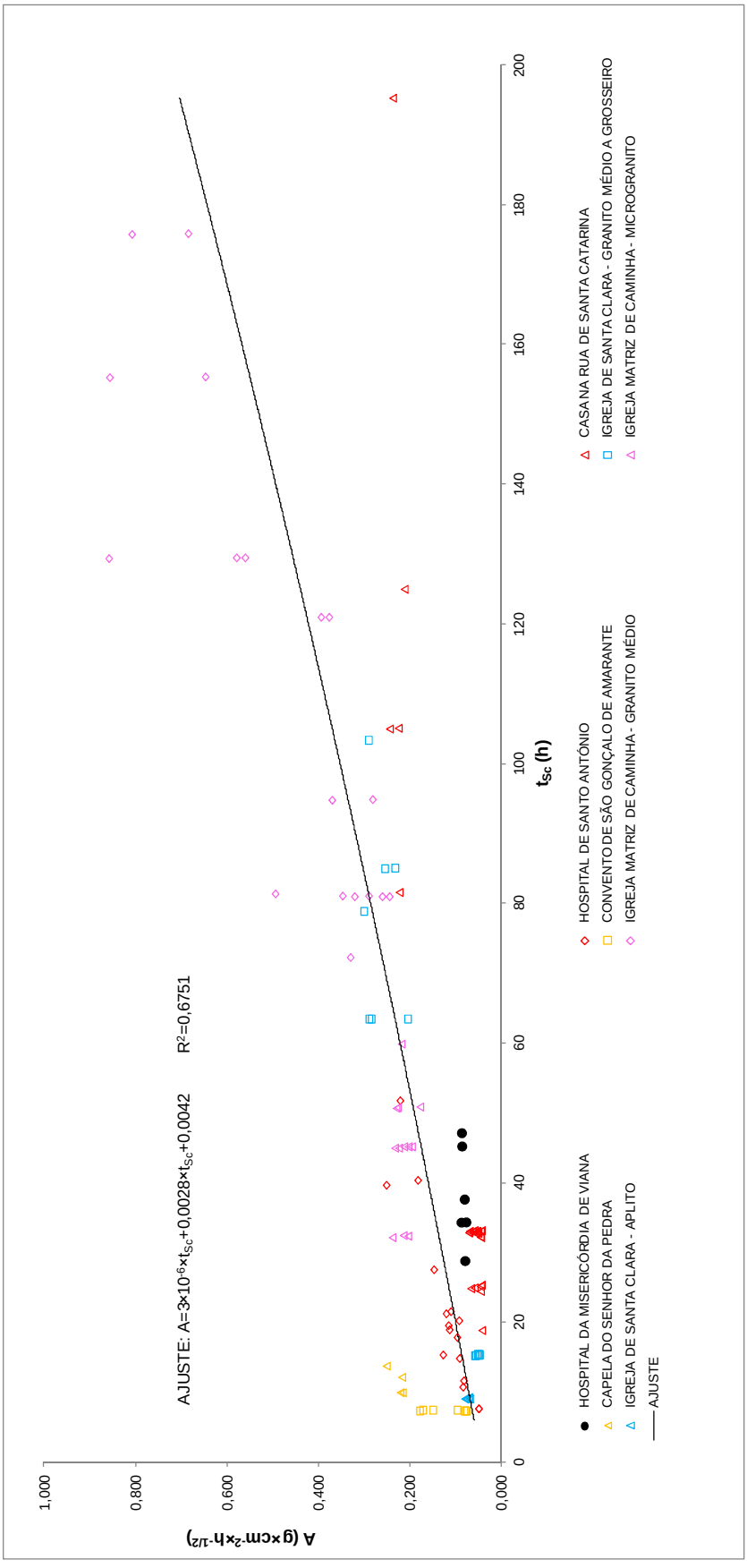


Figura 5.31 – Correlação entre o coeficiente de capilaridade A e o tempo de saturação crítica (t_{Sc}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Analisando as correlações entre o tempo de saturação crítica e o coeficiente de capilaridade B, verifica-se que as mesmas são muito fracas. Para o granito do Hospital da Misericórdia, obteve-se um coeficiente de correlação igual a 0,5064 (Figura 5.32). Estudando o granito de vários monumentos e edifícios, apenas se obtiveram boas correlações no granito de duas micas meteorizado da Igreja de Santa Clara (granito de grão médio individualmente e em conjunto com o aplito moscovítico) e no granito do Porto da Casa na rua de Santa Catarina, como mostra o Quadro 5.26.

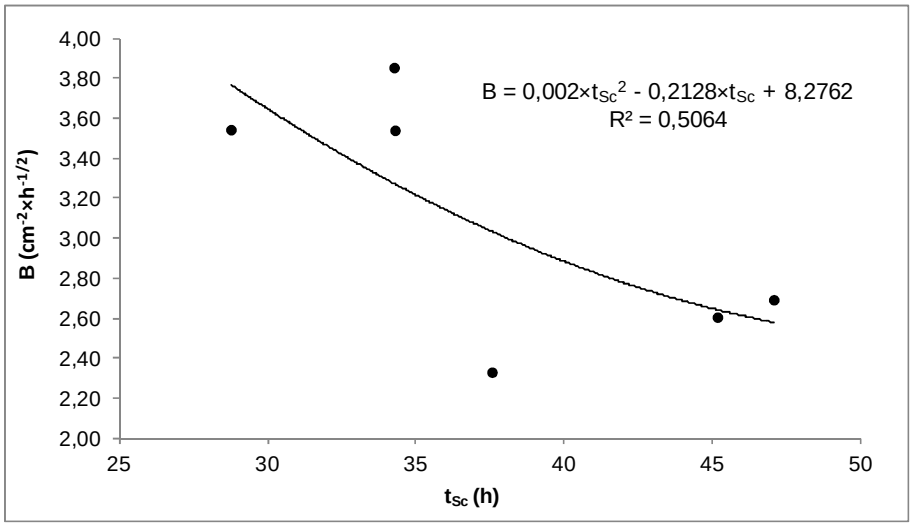


Figura 5.32 – Correlação obtida entre t_{Sc} e B para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.

Quadro 5.26 – Correlações entre B e t_{Sc} em granitos de monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício	Correlação B (t_{Sc})	Coeficiente de correlação R^2
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo	**$B=-0,002\times t_{Sc}^2-0,2128\times t_{Sc}+8,2762$**	**0,5064**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado	$B=0,9628\times t_{Sc}^{0,3761}$	0,908
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro e aplito moscovítico meteorizados	$B=-0,0004\times t_{Sc}^2+0,0653\times t_{Sc}+2,1721$	0,7888
Casa na rua de Santa Catarina – Granito do Porto meteorizado	$B=-0,0003\times t_{Sc}^2+0,0951\times t_{Sc}+0,0723$	0,9431

A Figura 5.33 mostra a correlação entre t_{Sc} e B obtida para o conjunto dos granitos de vários monumentos e edifícios de Portugal. Como se verifica, o coeficiente de correlação é baixo (R^2=0,6512), tal como sucede na maior parte dos mesmos monumentos e edifícios quando estudados individualmente.

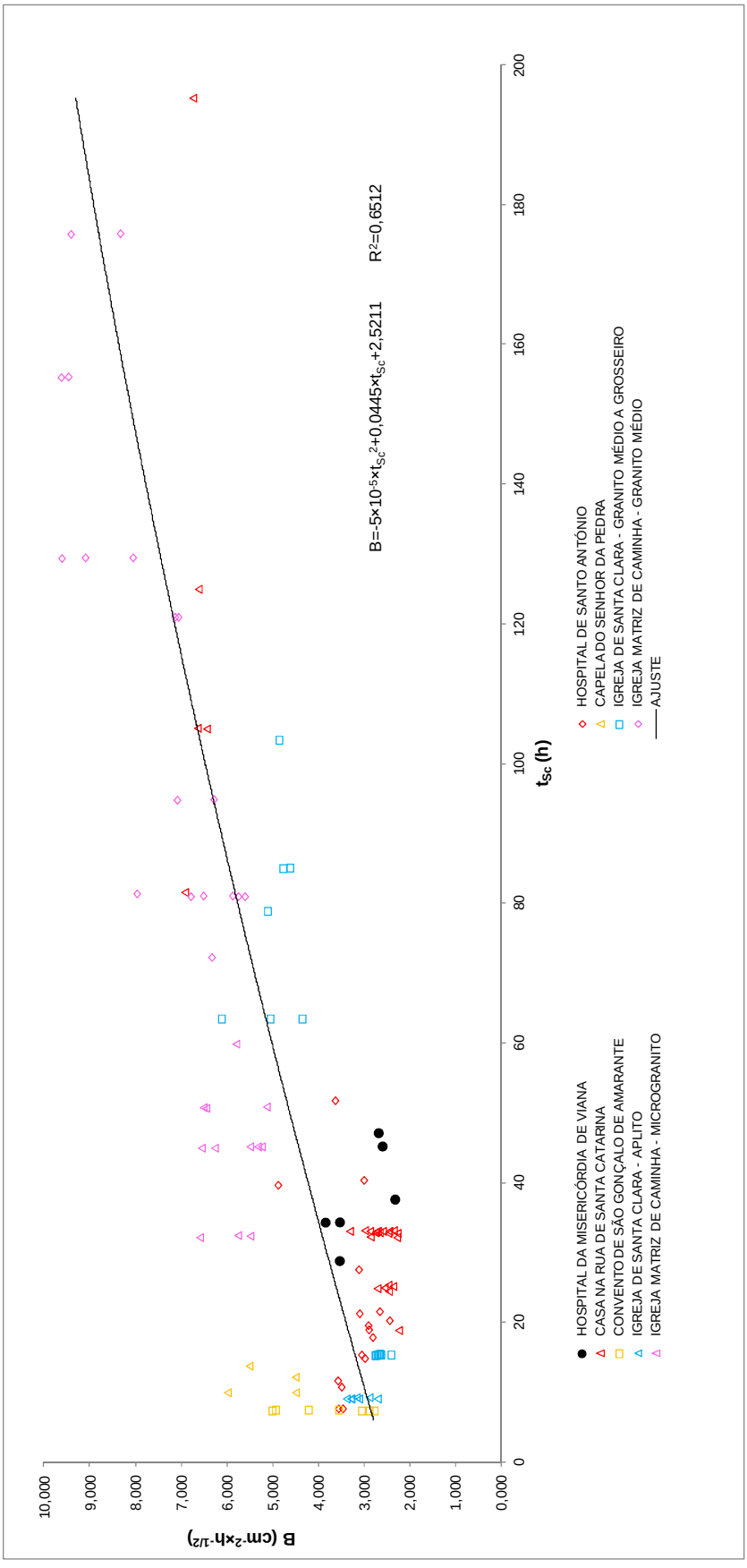


Figura 5.33 – Correlação entre o coeficiente de capilaridade B e o tempo de saturação crítica (t_{Sc}) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

No concerne à relação entre o tempo de saturação crítica e o fluxo de evaporação de vapor de água, verificou-se que nenhum monumento ou edifício analisado, incluindo o Hospital da Misericórdia, apresenta um coeficiente de correlação superior ou próximo de 0,80. As Figuras 5.34 e 5.35 apresentam as correlações obtidas para o granito do Hospital da Misericórdia e para o conjunto dos granitos de vários monumentos e edifícios de Portugal, respectivamente.

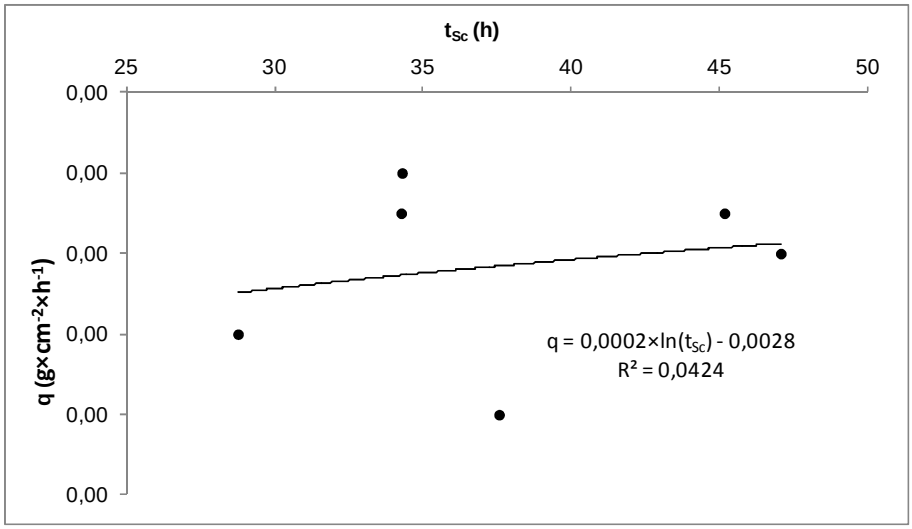


Figura 5.34 – Correlação obtida entre t_{Sc} e q para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.

Por último, analisando a relação entre o tempo de saturação crítica e a saturação crítica, denota-se que não existe uma forte correlação entre os parâmetros no granito de grão fino aplicado no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo (Figura 5.36). De facto, observa-se que no granito do Hospital da Misericórdia, o coeficiente de correlação não se revela muito elevado (R^2=0,6415 – Figura 5.36).

Nos granitos de vários monumentos e edifícios analisados individualmente, as correlações também não se apresentam muito fortes, sendo os coeficientes de correlação mais elevados os registados no granito de duas micas de grão médio, com tendência a porfiróide, meteorizado da Igreja de Santa Clara (R^2=0,8682), no conjunto do anterior com o aplito moscovítico meteorizado do mesmo monumento (R^2=0,9006) e no granito do Porto meteorizado da Casa na rua de Santa Catarina (R^2=0,9043), tal como mostra o Quadro 5.27.

A Figura 5.37 revela alguma dispersão do conjunto de pontos (Sc-tSc) do granito de vários monumentos e edifícios de Portugal, sendo perceptível uma tendência assimptótica para zero. Obteve-se uma correlação do tipo exponencial ($t_{Sc}=250{,}74\times e^{-0{,}039\times Sc}$), com o coeficiente de correlação relativamente baixo, tomando o valor de 0,4902.

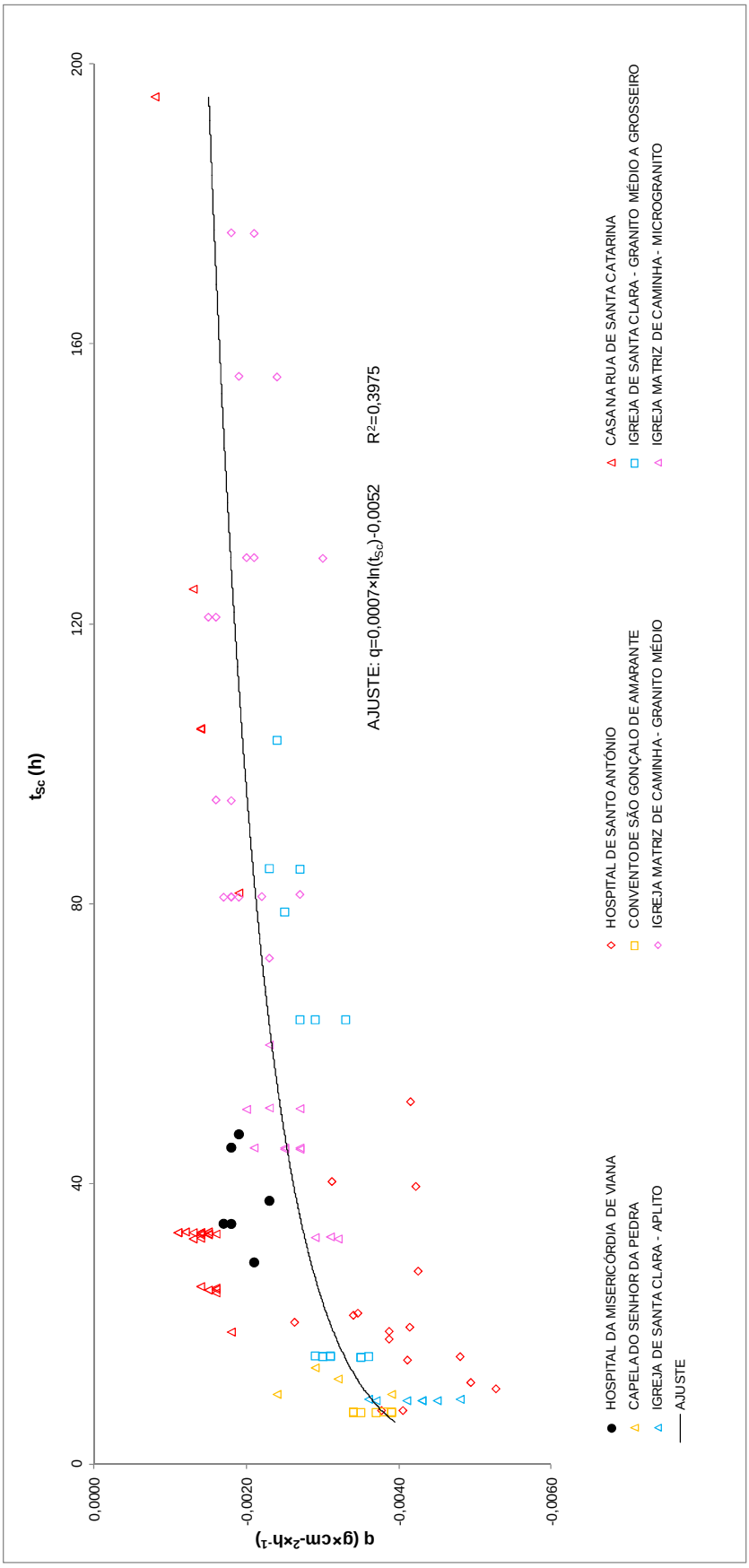


Figura 5.35 – Correlação entre o fluxo de evaporação (q) e o tempo de saturação crítica (tSc) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

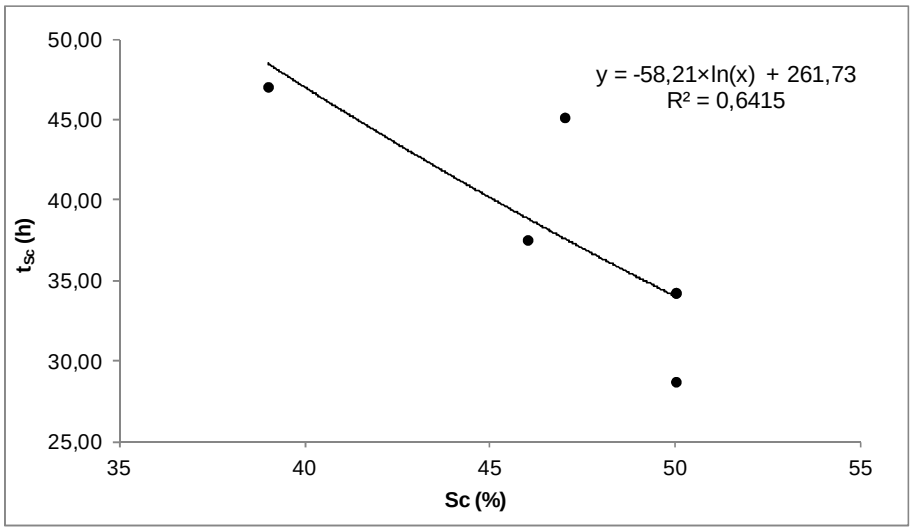


Figura 5.36 – Correlação obtida entre t_{Sc} e Sc para granito de grão fino do Hospital da Misericórdia.

Quadro 5.27 – Correlações entre t_{Sc} e Sc em granitos de monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício	**Correlação t_{Sc} (Sc)**	**Coeficiente de correlação R^2**
Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo	**t_{Sc}=-58,21×ln(t_{Sc})+261,73**	**0,6415**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado	$t_{Sc}=0,0212\times Sc^2-4,9825\times Sc+230,44$	0,8682
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro e aplito moscovítico meteorizados	$t_{Sc}=5\times10^6\times Sc^{-3,127}$	0,9006
Casa na rua de Santa Catarina – Granito do Porto meteorizado	$t_{Sc}=235825\times Sc^{-2,144}$	0,9043

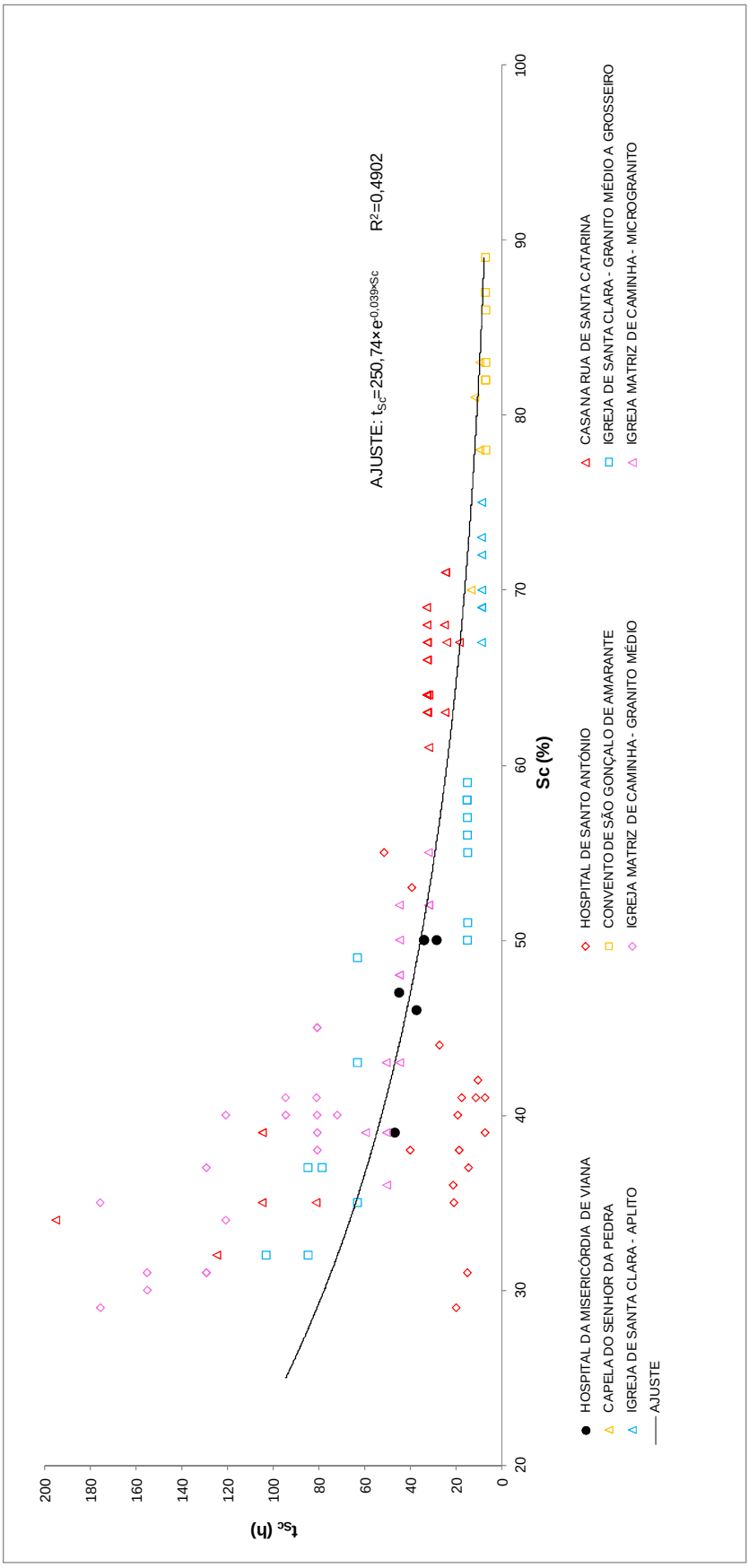


Figura 5.37 – Correlação entre o tempo de saturação crítica (tSc) e a saturação crítica (Sc) de granitos empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

6
ESTUDO MINERALÓGICO DAS DETERIORAÇÕES DO GRANITO DE GRÃO FINO

6.1. FACHADA PRINCIPAL E *LOGGIAS*

Os resultados por MEV permitiram identificar diversos minerais de sais solúveis, nomeadamente o cloreto de sódio – halite (NaCl), o sulfato de cálcio – gesso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), o fosfato de cálcio – brushite ($CaHPO_4 \cdot 2H_2O$), o nitrato de sódio – nitratite ($NaNO_3$) e o carbonato de cálcio – calcite ($CaCO_3$).

Nas amostras HMV 18, HMV 27, HMV 30, HMV 31, HMV 41, HMV 45, HMV 47 e HMV 49, observaram-se e analisaram-se diversos cristais de muito pequenas dimensões constituídos por cálcio, carbono e oxigénio sempre associados à presença de material biológico (líquenes e/ou fungos). A destruição da rede cristalina destes cristais pelo feixe de electrões do MEV associado ao facto de estarem sistematicamente relacionados com a presença de material biológico, levam a supor estar-se em presença de oxalato de cálcio. Consequentemente, foram feitas várias tentativas de identificar este tipo de cristais na amostra HMV 18 através da técnica de Electron Backscattered Diffraction (EBSD) com o intuito de verificar se os mesmos eram os oxalatos de cálcio whewellite ($Ca(C_2O_4) \cdot H_2O$) ou weddellite ($Ca(C_2O_4) \cdot 2H_2O$) ou se o carbonato de cálcio, calcite. Não foi possível obter um padrão Kikuchi por, provavelmente, haver uma destruição da rede cristalina na zona de análise por incidência do feixe de electrões e/ou devido ao revestimento de ouro-paládio da amostra. A pequena quantidade destes cristais não permite a sua identificação por DRX. No presente trabalho, estes cristais serão referidos como oxalato de cálcio dado a sua morfologia, hábitos cristalinos e formas simples exibidas.

O Quadro 6.1 apresenta os minerais de sais solúveis identificados por MEV nas diferentes deteriorações do granito e nos diferentes locais.

A cristalização dos minerais de sais solúveis na rede porosa dos granitos de grão fino e de grão médio utilizados no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo está na origem da maior parte das deteriorações da pedra. A acção destes minerais é tanto mais destrutiva quanto maiores as suas solubilidade e higroscopicidade, quanto maiores as forças de cristalização que desenvolvem no seu processo de crescimento, bem como quanto maior o número de ocorrências de ciclos de cristalização/dissolução, cristalização/deliquescência e hidratação/desidratação (Amoroso e Fassina, 1983; Hammecker, 1993; Begonha, 1997, 2001).

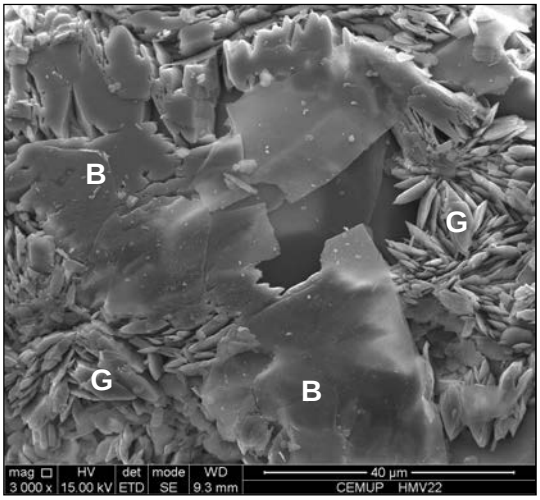
As Figuras 6.1 e 6.2 apresentam imagens obtidas por MEV da cristalização do gesso, halite e oxalato de cálcio no interior do meio poroso do granito de grão fino.

Quadro 6.1 – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

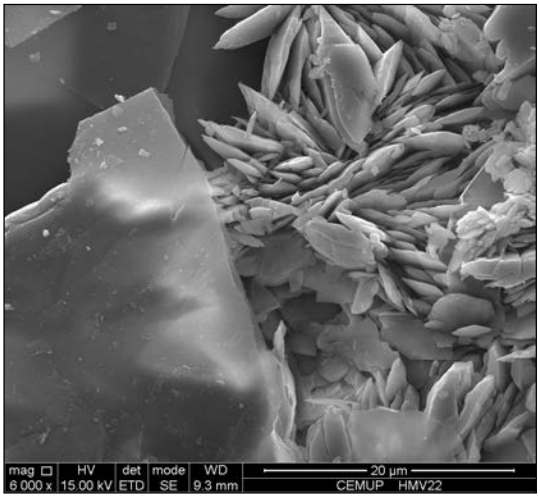
Deterioração	**Localização**	**Minerais de sais solúveis**
Desagregação granular	*Loggia* do 2º andar	Halite + gesso + nitratite
	Loggia do rés-do-chão	Halite + gesso ± oxalato de cálcio
Placas	Interior da *loggia* do 1º andar	Gesso + oxalato de cálcio
	Loggia do rés-do-chão	Halite + gesso + oxalato de cálcio + brushite
Plaquetas	Friso entre as *loggias* do 1º andar e rés-do-chão	Gesso + oxalato de cálcio
	Loggia do rés-do-chão	Gesso
Crostas negras	Friso sob o frontão	Gesso
	Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares	Gesso + halite
	Loggia do rés-do-chão	Gesso + halite + calcite
Material pulverulento sob crosta negra	Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares	Gesso
Eflorescências pulverulentas	Friso sob o frontão	Gesso + brushite + calcite
	Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares	Brushite + gesso + oxalato de cálcio
Filme castanho claro	Frontão	
Fime castanho escuro	*Loggia* do rés-do-chão	Oxalato de cálcio
Argamassa de cal	*Loggia* do rés-do-chão	Calcite
Concha de junta de argamassa de cal	*Loggia* do rés-do-chão	Calcite + gesso
Desagregação granular	Porta das Chagas	Halite + gesso + oxalato de cálcio
Plaquetas	Porta das Chagas	Gesso

Arnold (1984) refere que os sais solúveis ocorrem nos materiais de construção porosos dos edifícios como soluções aquosas ou cristalizados nos poros ou nas superfícies, estando fortemente ligados à migração da água nas paredes. Aparecem concentrados nos locais onde a água se move numa direcção e se evapora, caso das zonas mais altas da humidade ascensional, lateralmente a zonas onde a água corre ao longo da superfície e zonas onde a água atinge a superfície e se evapora. Em qualquer destas zonas, os sais precipitam quando a solução se torna saturada relativamente a um sal particular. Steiger e Zeunert (1996) mostraram que os sistemas salinos com interesse (constituídos por misturas de sais solúveis) diferem muito em termos das suas características físicas e químicas dos sistemas constituídos por um único sal solúvel. O conceito de humidade de saturação de um sal individual não se aplica às misturas de sais. As humidades relativas de deliquescência dos sais num sistema salino são inferiores às obtidas em soluções com um único sal.

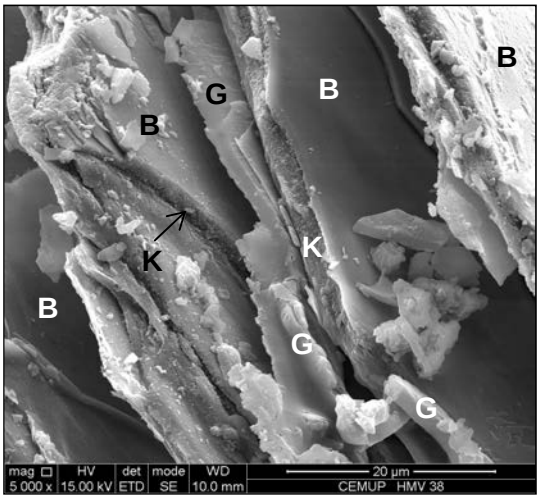
Arnold e Kueng (1985) e Arnold e Zehnder (1985, 1987) mostraram que a maior parte dos hábitos cristalinos dos minerais de sais solúveis não são estáveis, transformando-se durante o processo de envelhecimento. Assim, devido às condições de cristalização no interior da rede porosa do granito, os minerais de sais solúveis aparecem não só sob a forma de cristais euédricos e isomórficos, mas também sob a forma de pêlos ou de cristais de hábitos prismático, acicular e tabular, formas e hábitos que se afastam dos atribuídos a esses minerais pela cristalografia clássica, exibindo ainda frequentemente figuras de dissolução.



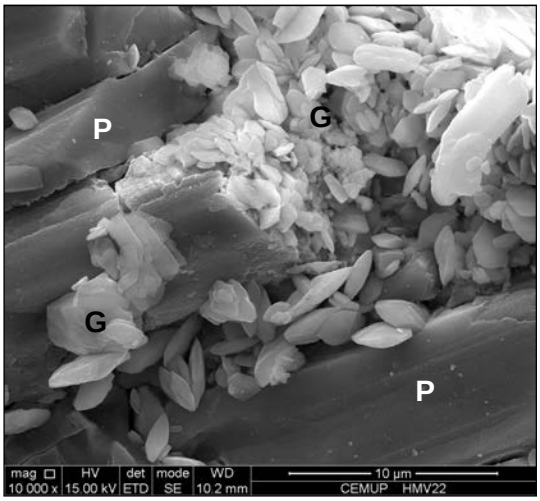
a) HMV 22 – Gesso (G) entre os folhetos de biotite (B), deformando-os



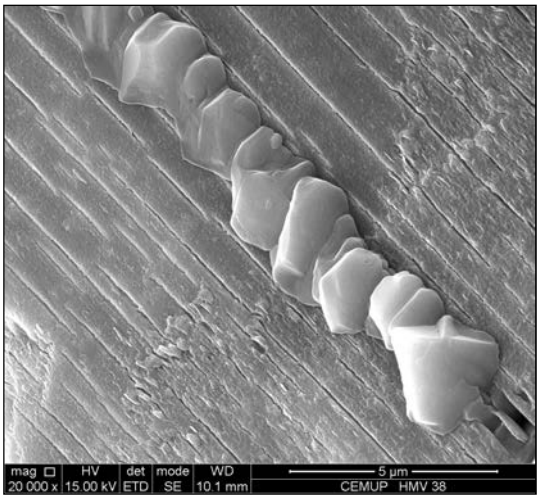
b) HMV 22 – Gesso entre os folhetos de biotite, deformando-os – Ampliação da figura ao lado



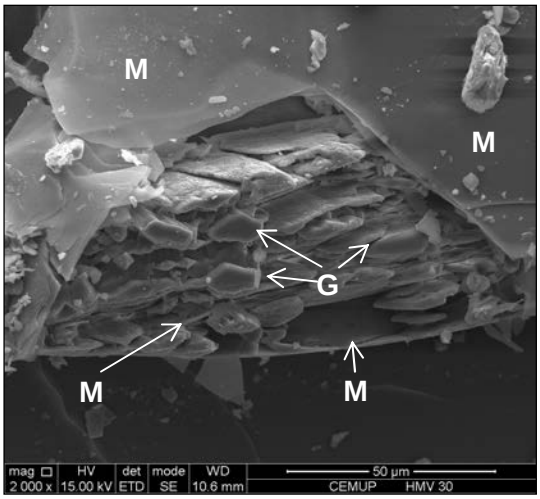
c) HMV 38 – Gesso (G) entre folhetos de biotite (B) alternados com caulinite (K)



d) HMV 22 – Gesso (G) segundo os planos de clivagem da plagióclase sódica (P)

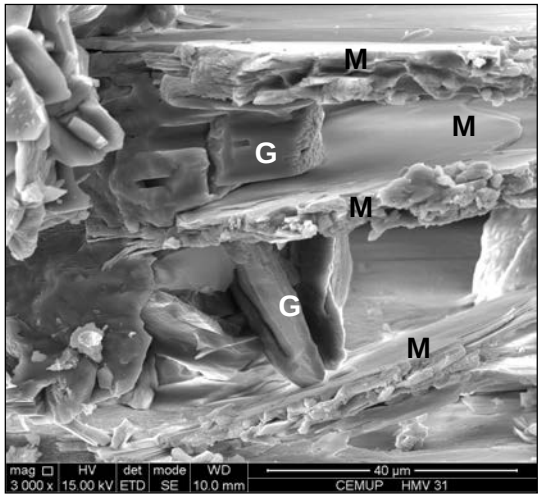


e) HMV 38 – Gesso segundo plano de clivagem da moscovite

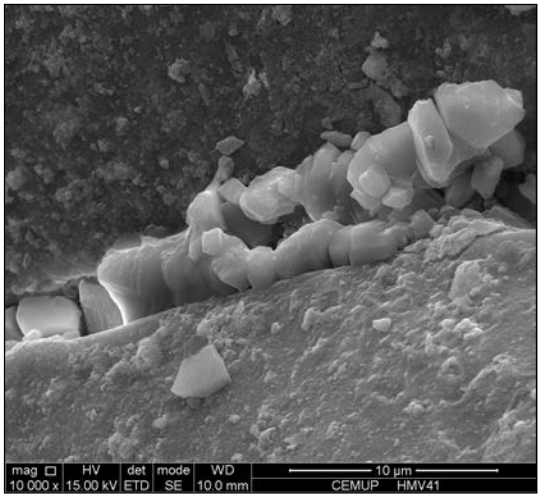


f) HMV 30 – Gesso (G) entre os folletos de moscovite (M)

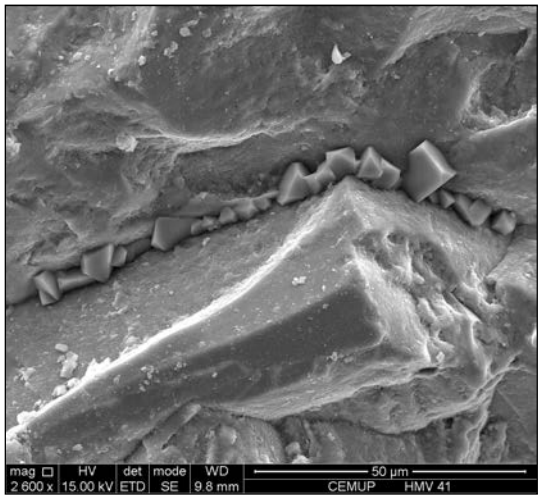
Figura 6.1 – Cristalização de minerais de sais solúveis (gesso) no interior da rede porosa do granito – Imagens obtidas por MEV.



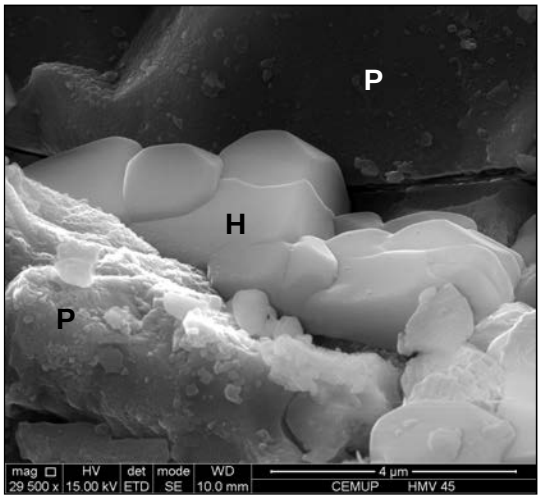
a) HMV 31 – Gesso (G) entre os folletos de moscovite (M), deformando-os



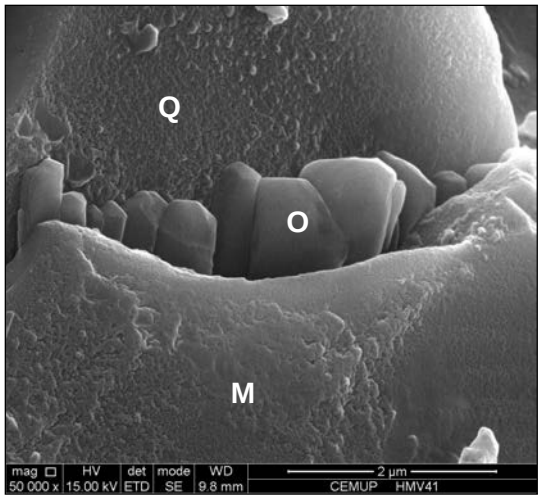
b) HMV 41 – Cristais de gesso em fissura intergranular de dois cristais de quartzo



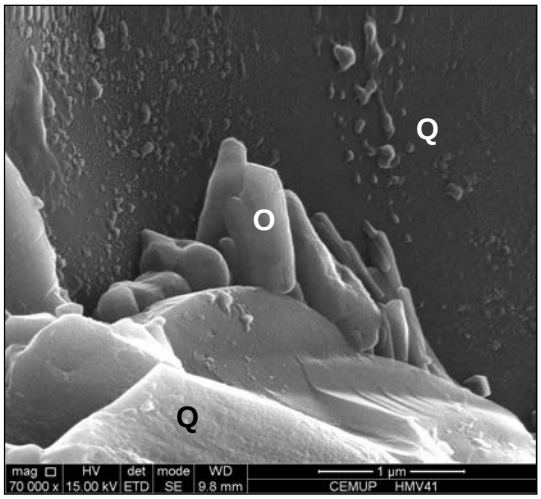
c) HMV 41 – Cristais de halite em fissura intergranular de dois cristais de quartzo



d) HMV 45 – Cristais de halite (H) segundo fissura na plagióclase sódica (P)



e) HMV 41 – Oxalato de cálcio (O) em fissura intergranular de quartzo (Q) e moscovite (M)



f) HMV 41 – Oxalato de cálcio (O) em fissura intragranular de quartzo (Q)

Figura 6.2 – Cristalização de minerais de sais solúveis (gesso, halite e oxalato de cálcio) no interior da rede porosa do granito – Imagens obtidas por MEV.

6.1.1. DESAGREGAÇÃO GRANULAR

O Quadro 6.2 mostra os minerais de sais solúveis identificados por MEV nas amostras de desagregação granular obtidas na Fachada Principal e nas *loggias*.

Quadro 6.2 – Desagregação granular – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

Deterioração	Localização	Amostra	Minerais de sais solúveis
Desagregação granular	*Loggia* do 2º andar	HMV 13	Halite + gesso + nitratite
	Loggia do rés-do-chão	HMV 30	Halite + gesso + oxalato de cálcio
		HMV 39	Halite + gesso
		HMV 45	Halite + gesso + oxalato de cálcio

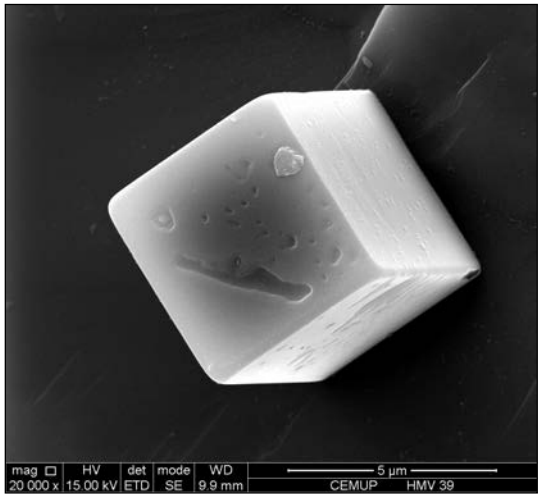
A halite foi observada em quantidade muito significativa nas quatro amostras estudadas HMV 13, HMV 30, HMV 39 e HMV 45. As Figuras 6.3 a 6.9 apresentam diversos aspectos exibidos por este mineral, nomeadamente:

- Cubo (Figuras 6.3a, 6.3c, 6.3d e 6.3f);
- Cubo pouco dissolvido (Figuras 6.3e, 6.3f e 6.5a);
- Formas simples cubo+octaedro (Figura 6.4);
- Formas simples cubo+octaedro com pouca dissolução (Figuras 6.5a e 6.5b);
- Formas simples cubo+octaedro medianamente dissolvidas (Figuras 6.5d, 6.5e e 6.5f);
- Formas simples cubo+octaedro muito dissolvidas (Figura 6.6);
- Prismas com as formas simples cubo+octaedro sem indícios de dissolução (Figuras 6.7a, 6.7b, 6.7c, 6.7d, 6.8a e 6.8e);
- Prismas com as formas simples cubo+octaedro pouco a medianamente dissolvidas (Figuras 6.7e, 6.7f, 6.8b, 6.8c e 6.8d);
- Cristais prismáticos muito dissolvidos (Figuras 6.8e e 6.8f);
- Cristais parcial ou integralmente delimitados por figuras de dissolução (Figuras 6.9a e 6.9b);
- "Véus" muito finos, "transparentes" ao feixe de electrões do MEV, que se adaptam, modelam e parecem ter deslizado sobre a superfície dos minerais constituintes do granito (Figuras 6.9b e 6.9c);
- Cristais segundo um padrão compatível com a evaporação de gotas de soluções aquosas de cloreto de sódio (Figuras 6.9d e 6.9e).

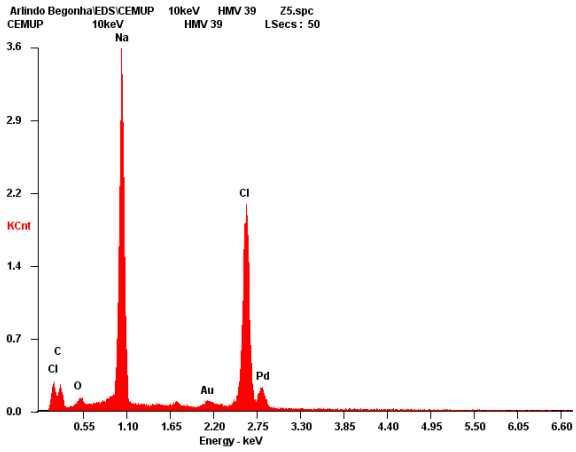
O gesso foi identificado em quantidade muito significativa nas quatro amostras estudadas HMV 13, HMV 30, HMV 39 e HMV 45. As Figuras 6.10 a 6.13 apresentam diversos aspectos exibidos por este mineral, designadamente:

- Cristais tabulares (Figuras 6.10, 6.11a e 6.11b);
- Cristais lamelares com hábito pseudo-hexagonal (Figuras 6.11c, 6.11d, 6.11e, 6.11f, 6.12a, 6.12d, 6.12f e 6.13d);
- Cristais lamelares (Figuras 6.12a e 6.12b);
- Cristais em forma de ponta de lança (Figuras 6.12a, 6.12c, 6.12d e 6.12e);
- Cristais prismáticos (Figura 6.12e);
- Cristais isométricos subédricos (Figuras 6.12c, 6.12d e 6.12e);
- Cristais anédricos com figuras de dissolução (Figuras 6.12e, 6.12f, 6.13b e 6.13d);
- Cristais subédricos com figuras de dissolução (Figuras 6.13a e 6.13c).

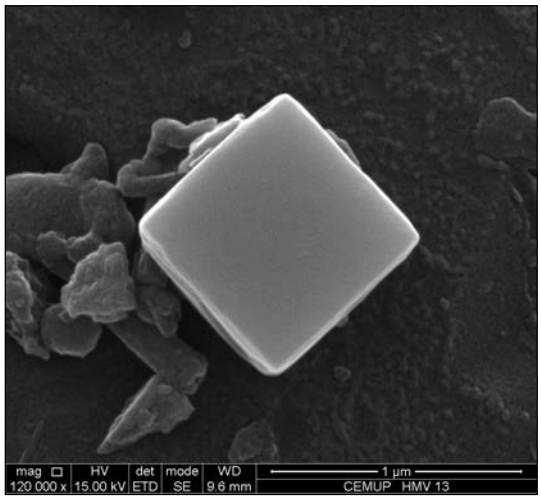
A nitratite foi observada apenas na amostra HMV 13, apresentando-se sob a forma de cristais anédricos integralmente delimitados por figuras de dissolução (Figura 6.14), sendo muito instável sob a acção do feixe de electrões.



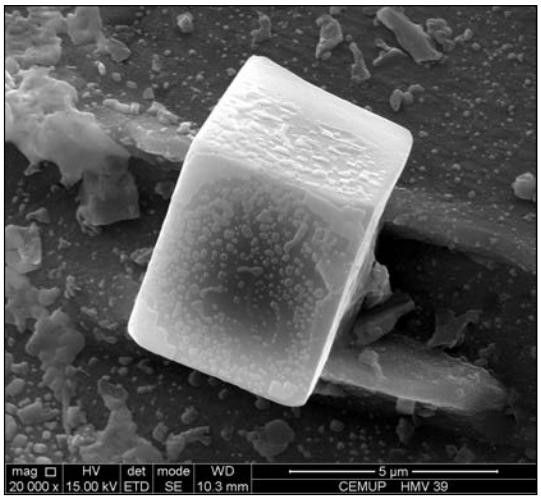
a) HMV 39 – Cubo de halite sobre quartzo



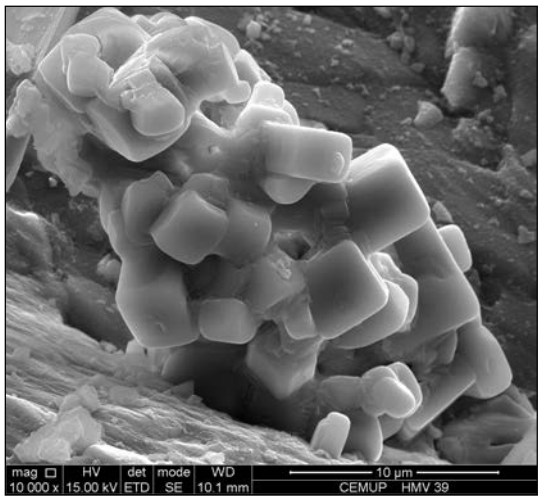
b) HMV 39 – Halite – Espectro



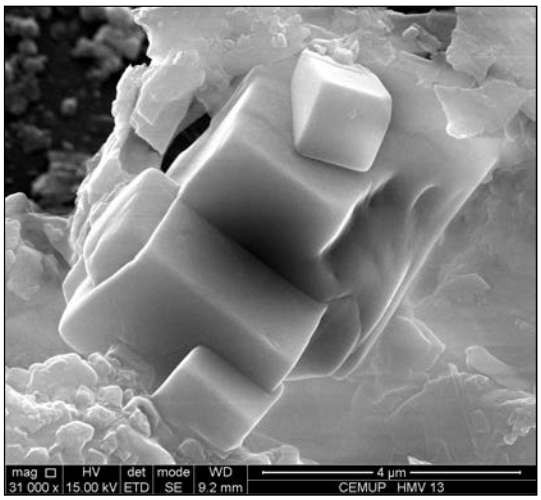
c) HMV 13 – Cubo de halite sobre quartzo



d) HMV 39 – Cristal cúbico de halite sobre quartzo

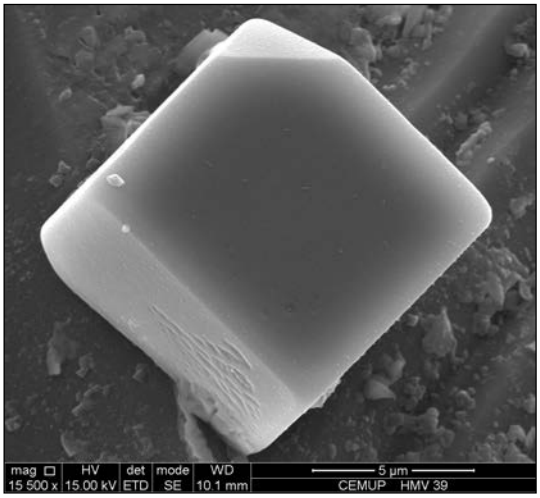


e) HMV 39 – Agregado de cristais cúbicos de halite com figuras de dissolução sobre quartzo

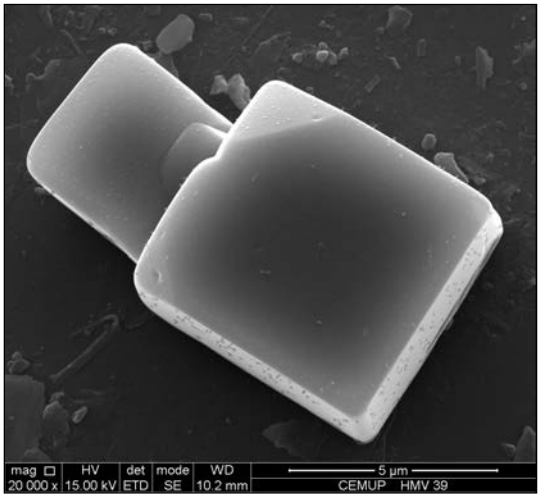


f) HMV 13 – Cristais cúbicos de halite com figuras de dissolução sobre quartzo

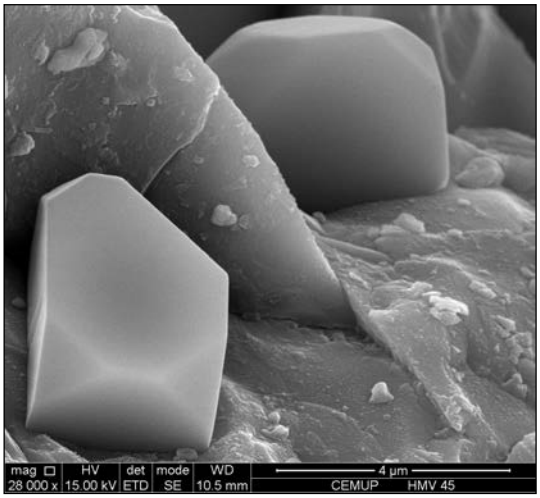
Figura 6.3 – Desagregação granular – Halite – Cristais cúbicos não ou parcialmente dissolvidos – Imagens e espectro obtidos por MEV.



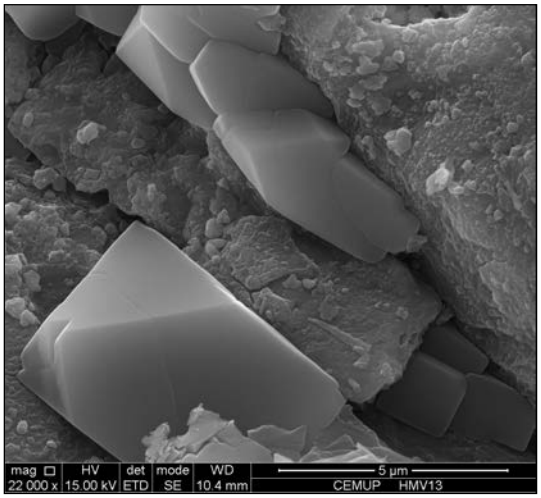
a) HMV 39 – Halite sobre quartzo



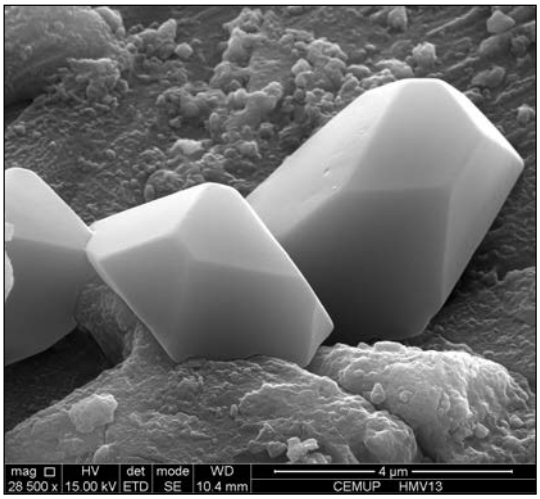
b) HMV 39 – Halite sobre biotite



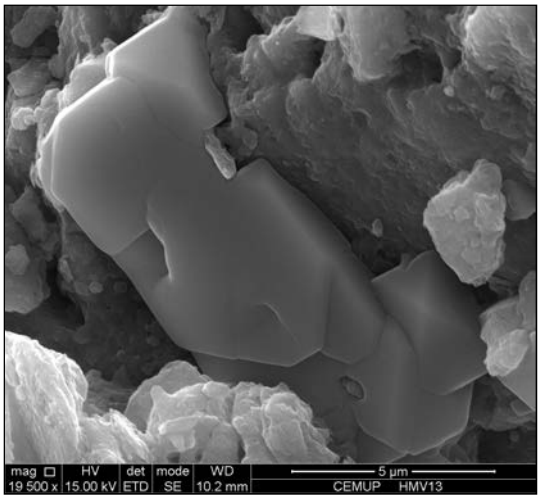
c) HMV 45 – Halite sobre feldspato potássico



d) HMV 13 – Halite sobre plagióclase sódica

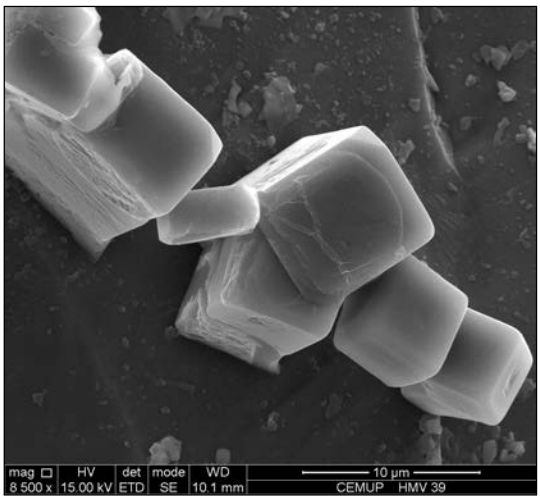


e) HMV 13 – Halite sobre feldspato potássico

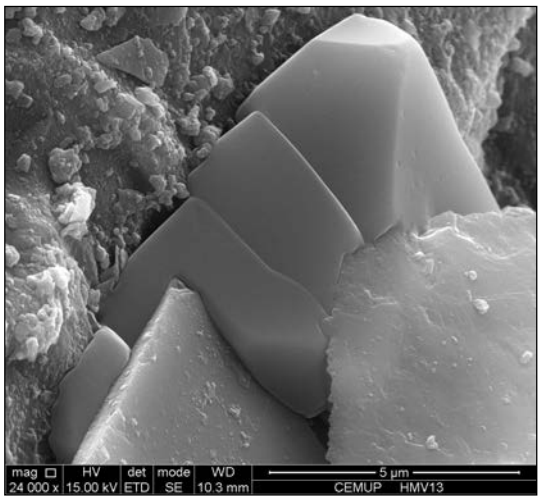


f) HMV 13 – Halite sobre plagióclase sódica

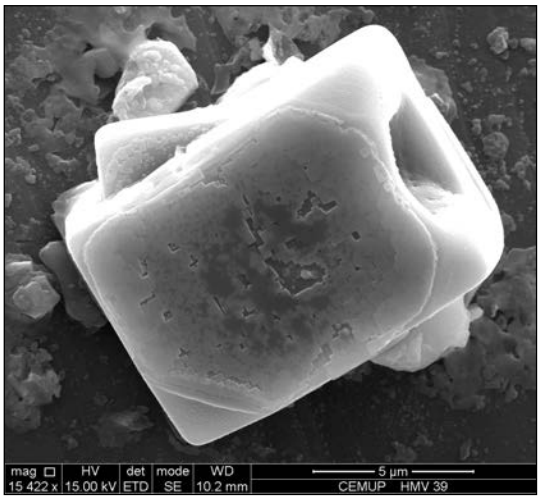
Figura 6.4 – Desagregação granular – Halite – Cristais com as formas simples cubo+octaedro – Imagens obtidas por MEV.



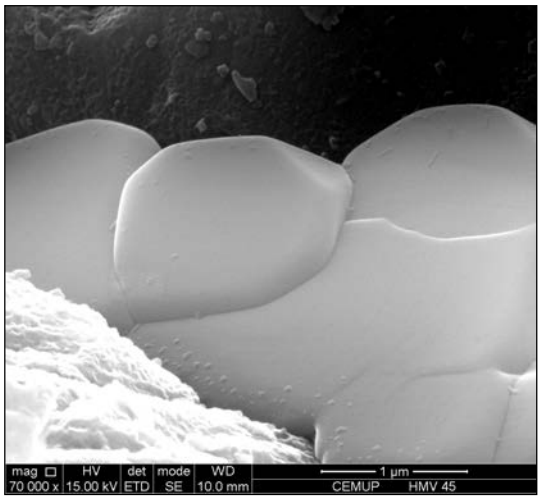
a) HMV 39 – Cristais de halite sobre quartzo



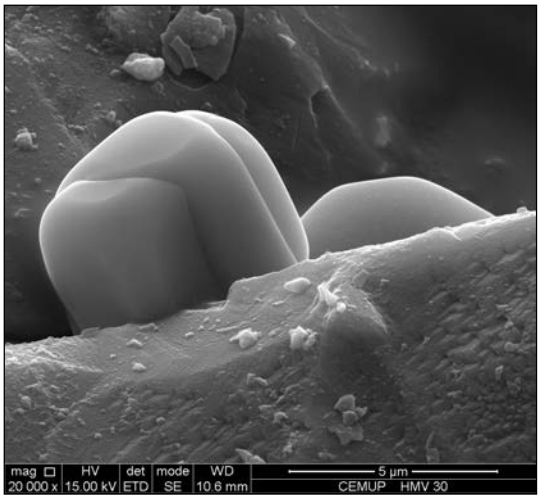
b) HMV 13 – Halite



c) HMV 39 – Halite sobre quartzo



d) HMV 45 – Halite em fissura de plagióclase sódica

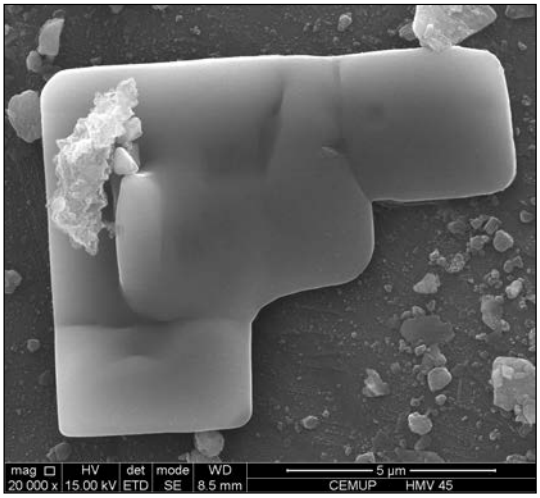


e) HMV 30 – Cristais de halite sobre feldspato potássico

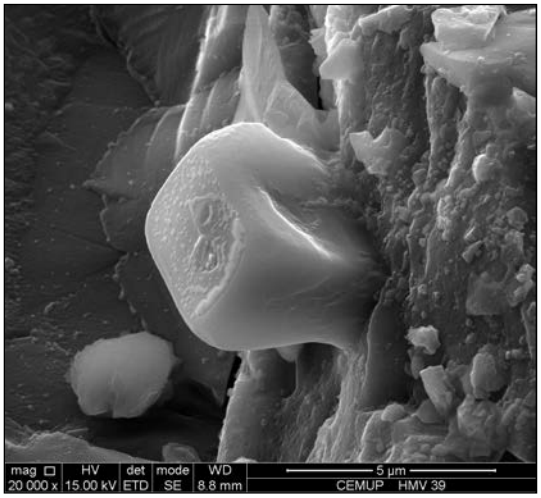


f) HMV 13 – Halite sobre quartzo

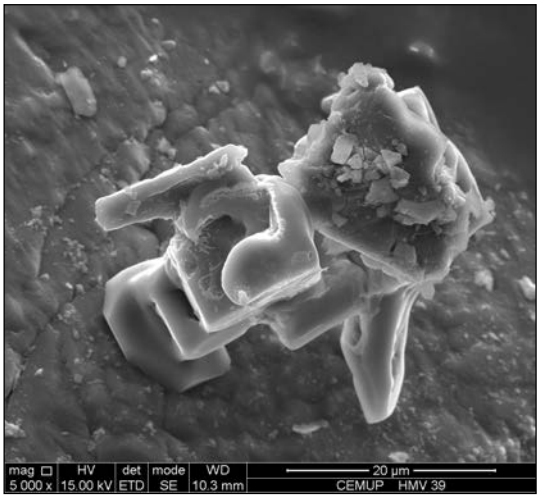
Figura 6.5 – Desagregação granular – Halite – Cristais com as formas simples cubo+octaedro pouco ou medianamente dissolvidos – Imagens obtidas por MEV.



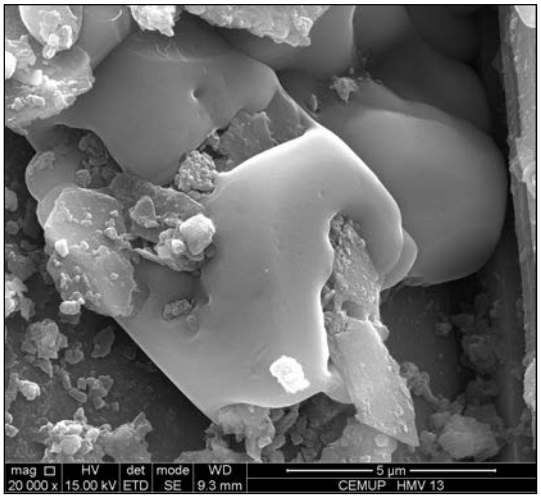
a) HMV 45 – Cristais de halite sobre quartzo



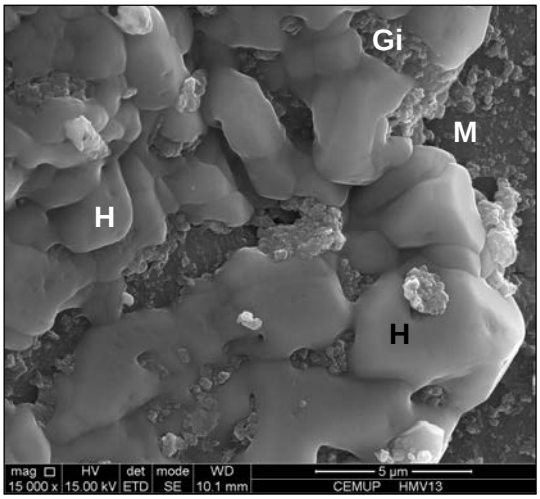
b) HMV 39 – Halite sobre quartzo



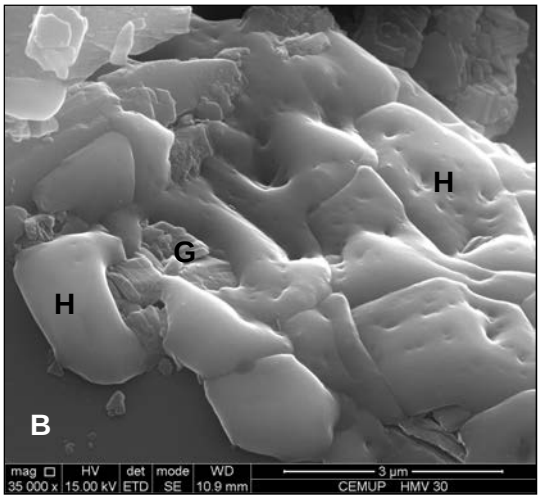
c) HMV 39 – Halite sobre feldspato potássico



d) HMV 13 – Halite sobre feldspato potássico

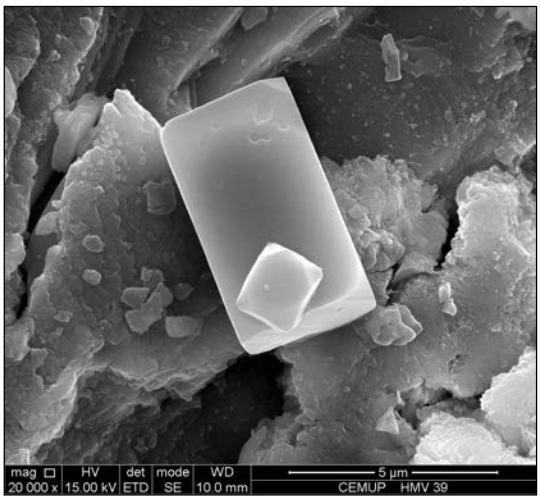


e) HMV 13 – Halite (H) sobre moscovite (M) e produto de meteorização gibsite (Gi)

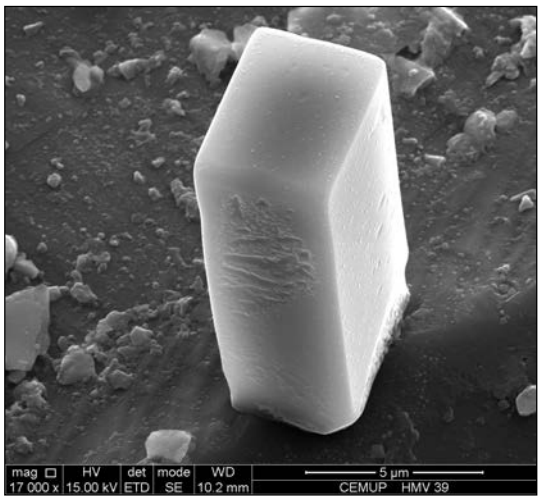


f) HMV 30 – Halite (H) e gesso (G) sobre biotite (B)

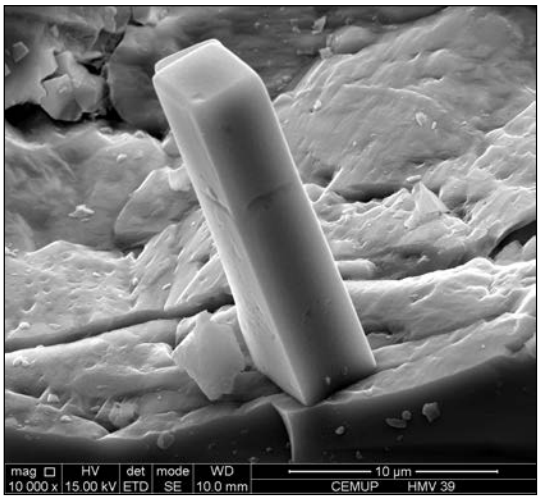
Figura 6.6 – Desagregação granular – Halite – Cristais com as formas simples cubo+octaedro muito dissolvidos – Imagens obtidas por MEV.



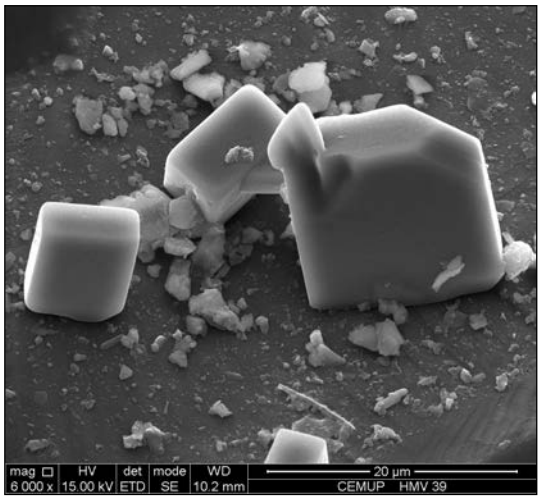
a) HMV 39 – Halite sobre caulinite



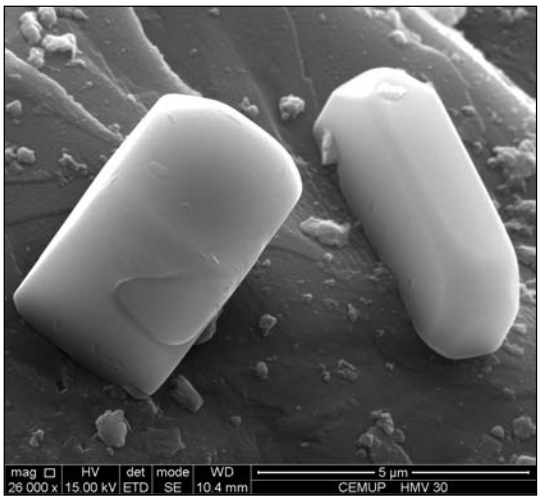
b) HMV 39 – Halite sobre quartzo



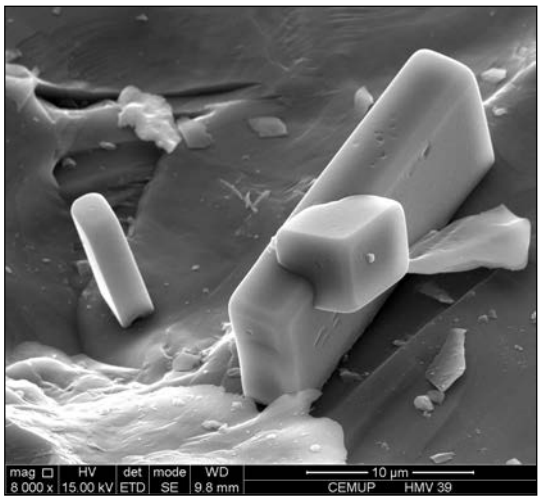
c) HMV 39 – Halite sobre quartzo



d) HMV 39 – Halite sobre quartzo

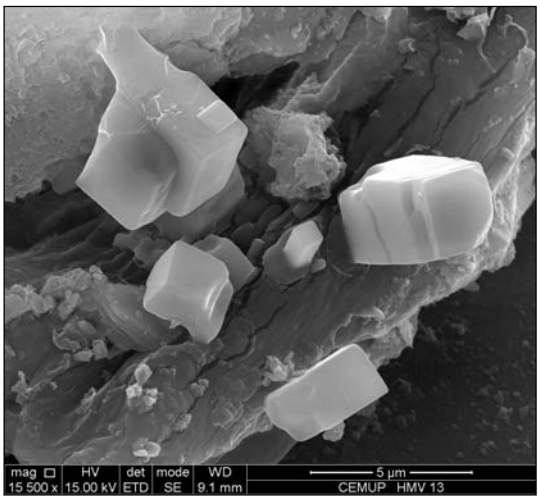


e) HMV 30 – Halite sobre feldspato potássico

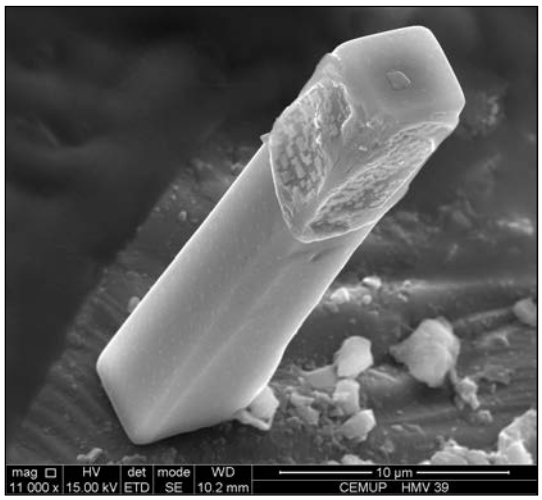


f) HMV 39 – Halite sobre feldspato potássico

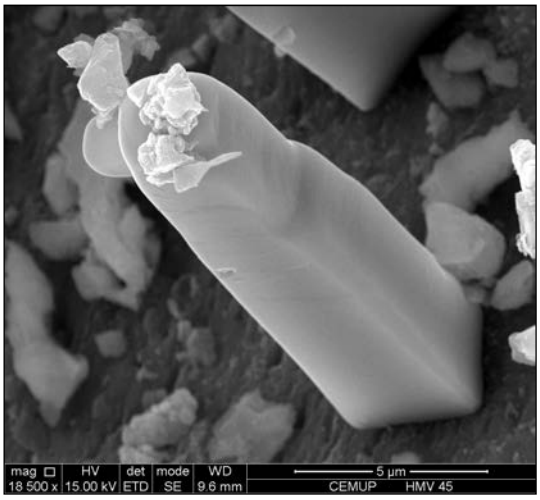
Figura 6.7 – Desagregação granular – Halite – Cristais prismáticos com as formas simples cubo+octaedro sem indícios de dissolução ou pouco a medianamente dissolvidos – Imagens obtidas por MEV.



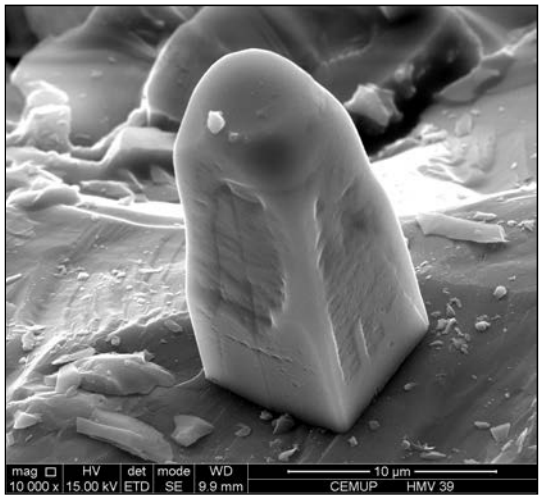
a) HMV 13 – Halite sobre quartzo e material rico em carbono



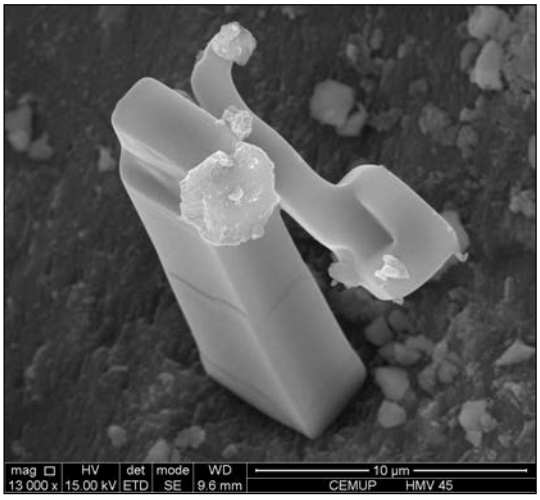
b) HMV 39 – Halite sobre quartzo



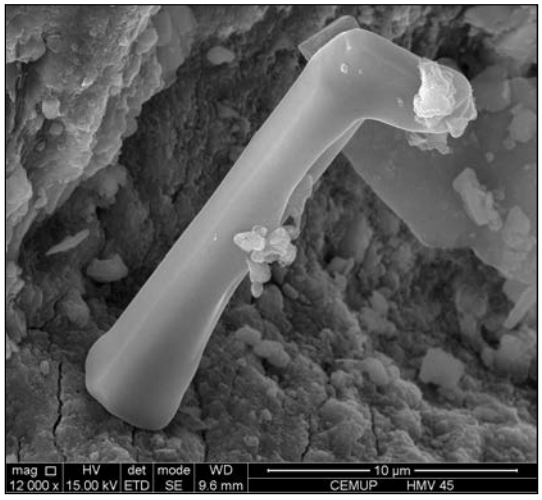
c) HMV 45 – Halite sobre feldspato potássico



d) HMV 39 – Halite sobre feldspato potássico

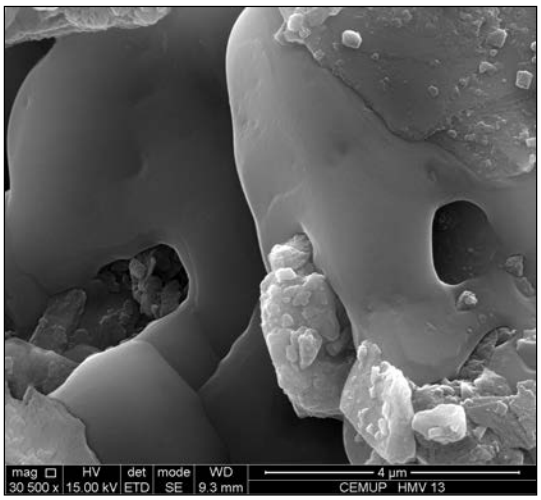


e) HMV 45 – Halite sobre feldspato potássico

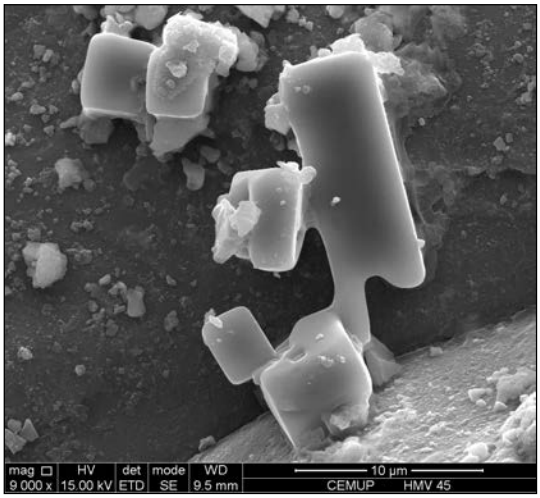


f) HMV 45 – Halite sobre feldspato potássico

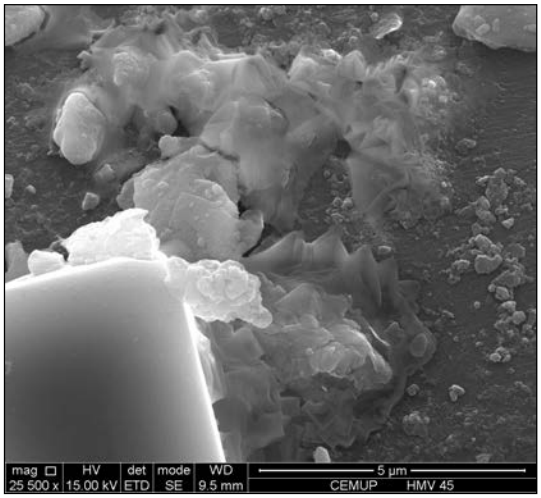
Figura 6.8 – Desagregação granular – Halite – Cristais prismáticos sem indícios de dissolução ou pouco a muito dissolvidos – Imagens obtidas por MEV.



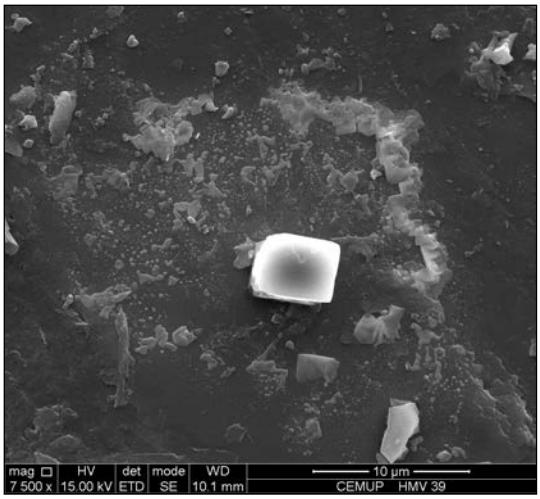
a) HMV 13 – Halite sobre feldspato potássico.



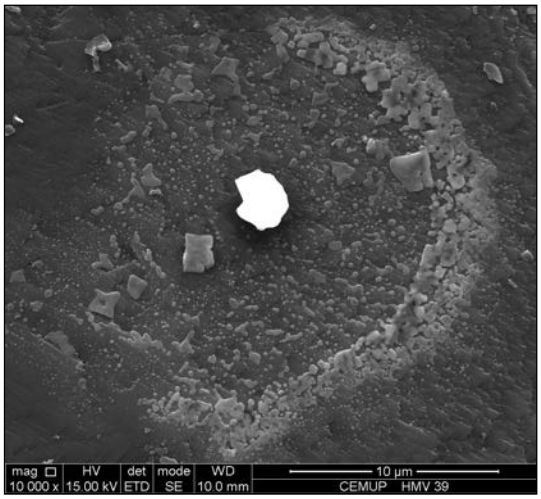
b) HMV 45 – Halite sobre quartzo



c) HMV 45 – Halite – "Véus" sobre quartzo



d) HMV 39 – Halite – Cristais segundo um padrão compatível com a evaporação de uma gota sobre moscovite

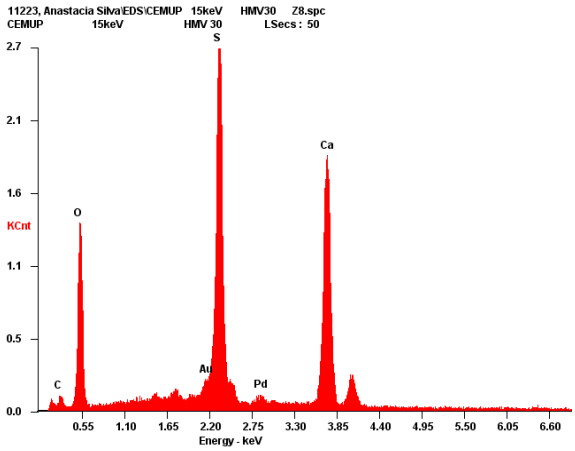


e) HMV 39 – Halite – Cristais segundo um padrão compatível com a evaporação de uma gota sobre feldspato potássico

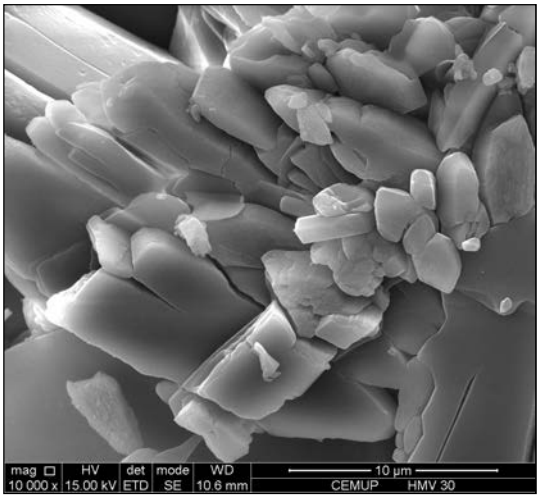
Figura 6.9 – Desagregação granular – Halite – Cristais parcial ou integralmente delimitados por figuras de dissolução, "véus" e cristais segundo um padrão compatível com a evaporação de gotas de soluções aquosas de cloreto de sódio – Imagens obtidas por MEV.



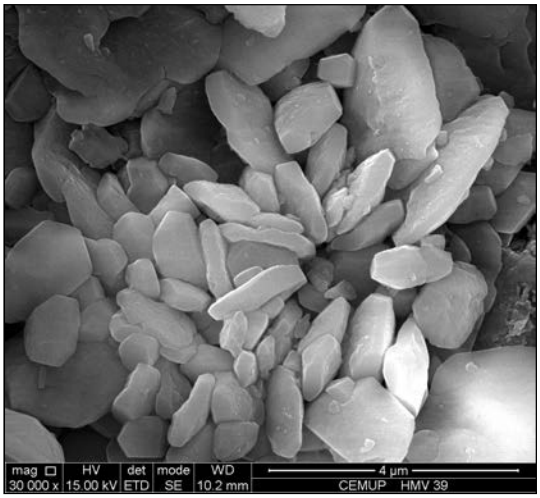
a) HMV 30 – Gesso sobre biotite



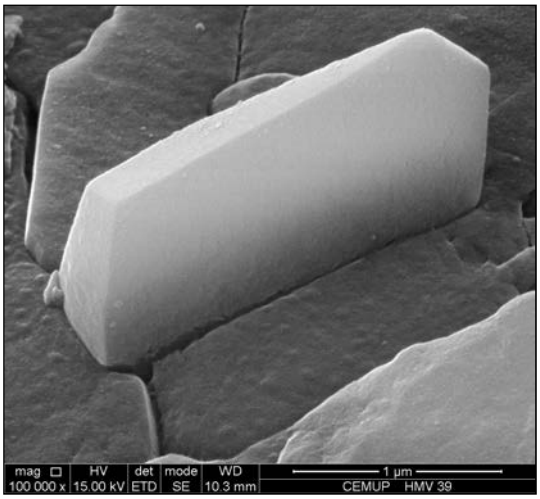
b) HMV 30 – Gesso – Espectro



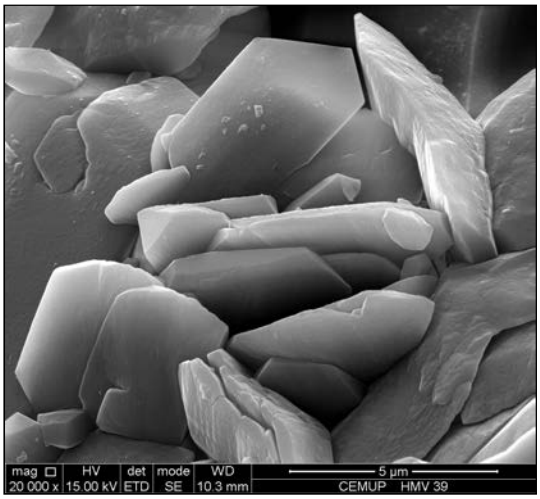
c) HMV 30 – Gesso sobre biotite



d) HMV 39 – Gesso sobre feldspato potássico

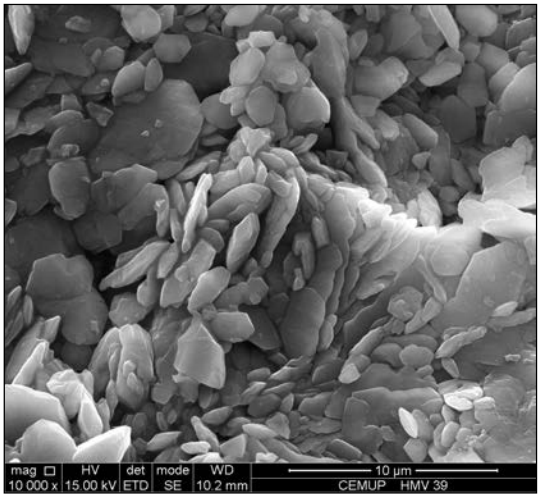


e) HMV 39 – Gesso sobre feldspato potássico

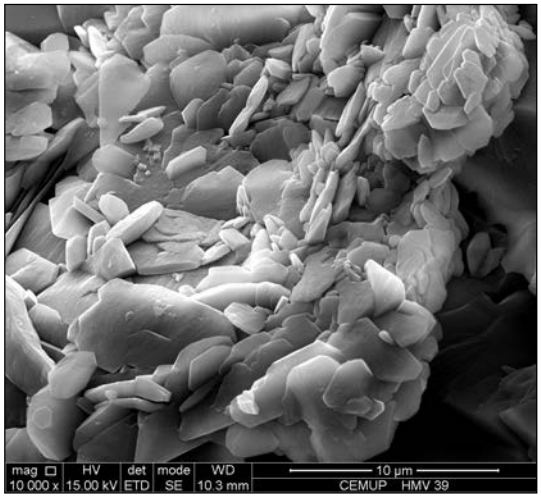


f) HMV 39 – Gesso sobre feldspato potássico

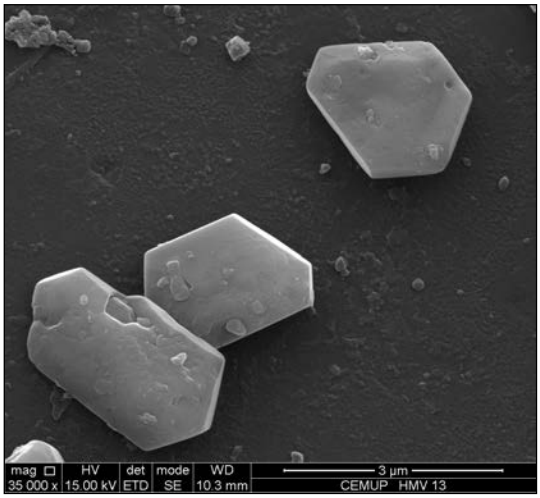
Figura 6.10 – Desagregação granular – Gesso – Cristais tabulares – Imagens obtidas por MEV.



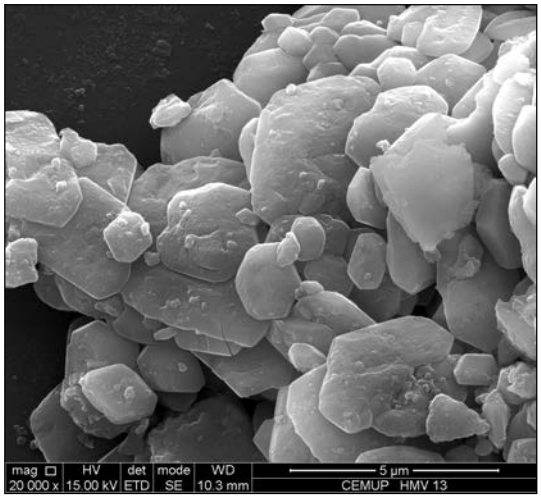
a) HMV 39 – Gesso sobre feldspato potássico



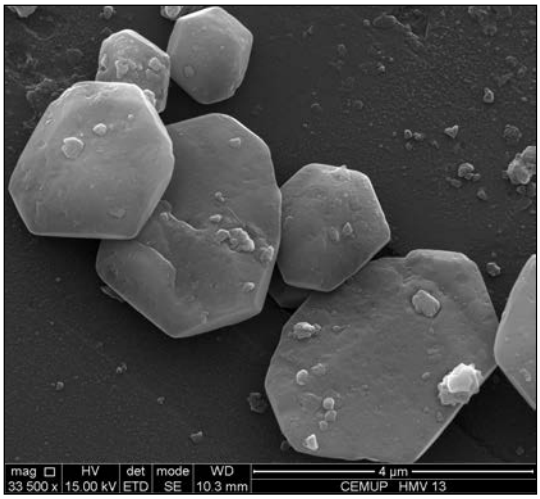
b) HMV 39 – Gesso sobre feldspato potássico



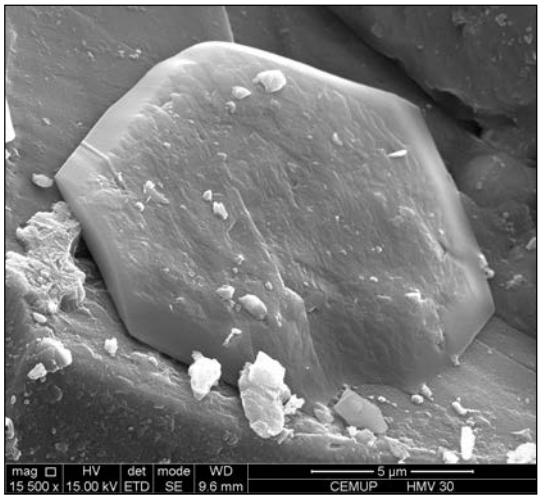
c) HMV 13 – Gesso sobre plagióclase sódica



d) HMV 13 – Gesso sobre plagióclase sódica

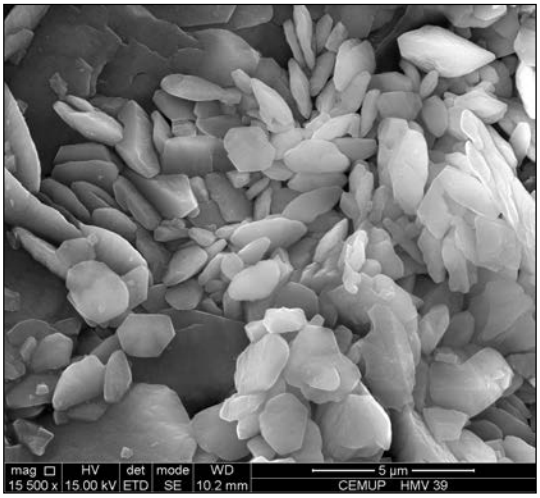


e) HMV 13 – Gesso sobre plagióclase sódica

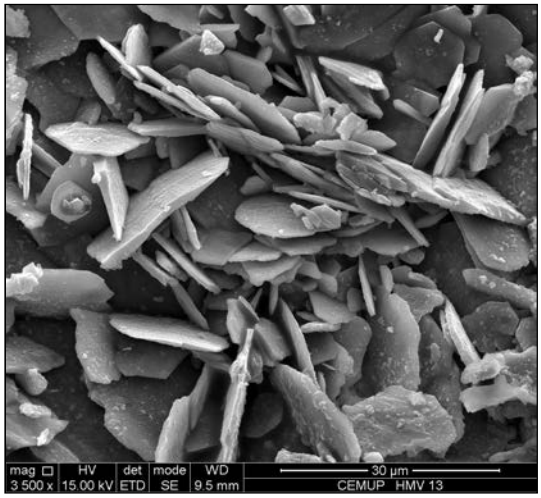


f) HMV 30 – Gesso sobre quartzo

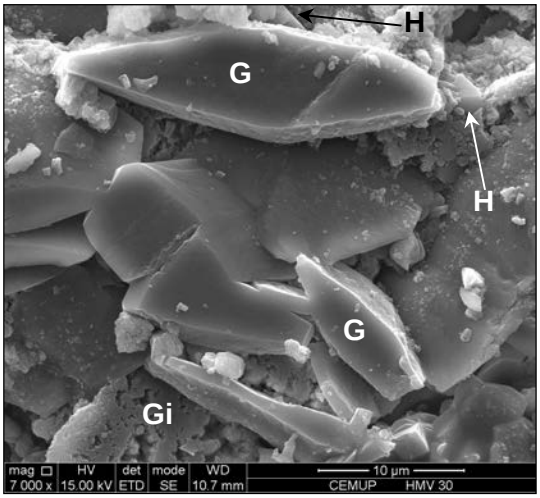
Figura 6.11 – Desagregação granular – Gesso – Cristais tabulares e cristais lamelares com hábito pseudo-hexagonal – Imagens obtidas por MEV.



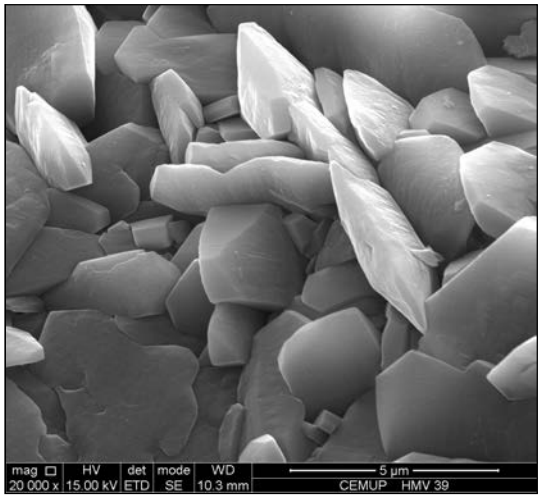
a) HMV 39 – Gesso sobre feldspato potássico



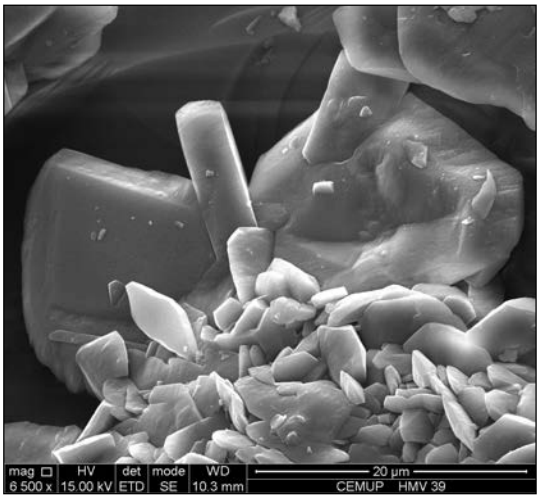
b) HMV 13 – Gesso



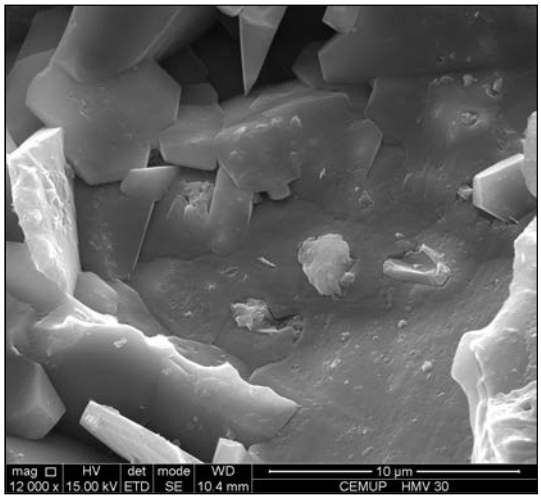
c) HMV 30 – Gesso (G) e halite (H) sobre uma estrutura rendilhada de gibsite (Gi)



d) HMV 39 – Gesso sobre feldspato potássico

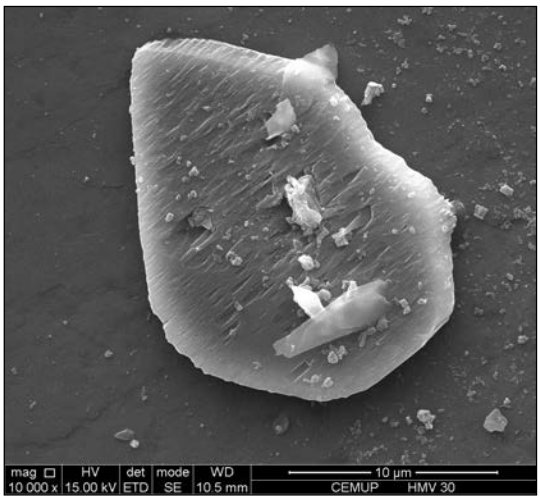


e) HMV 39 – Gesso sobre feldspato potássico

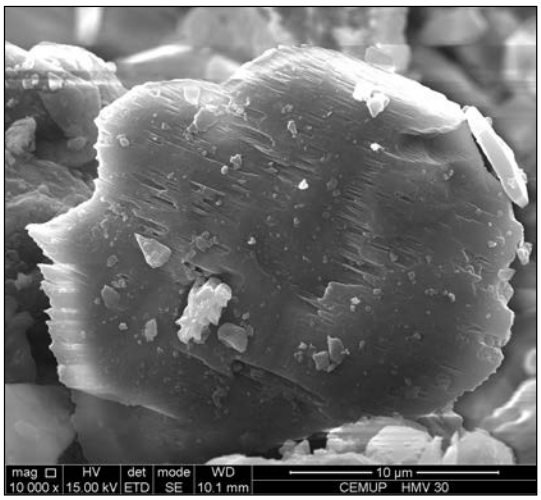


f) HMV 30 – Gesso

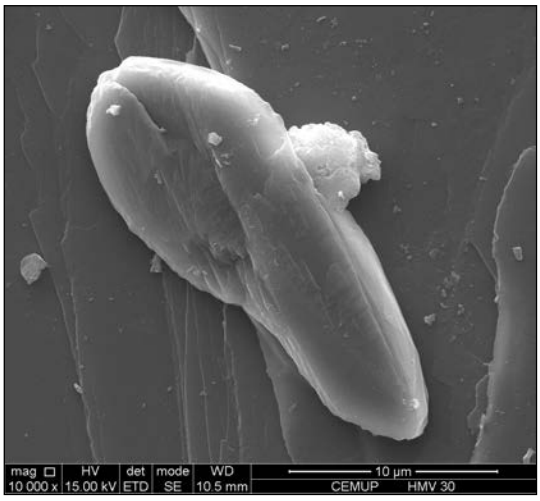
Figura 6.12 – Desagregação granular – Gesso – Cristais lamelares com hábito pseudo-hexagonal, lamelares, em ponta de lança, prismáticos, isométricos subédricos e anédricos com figuras de dissolução – Imagens obtidas por MEV.



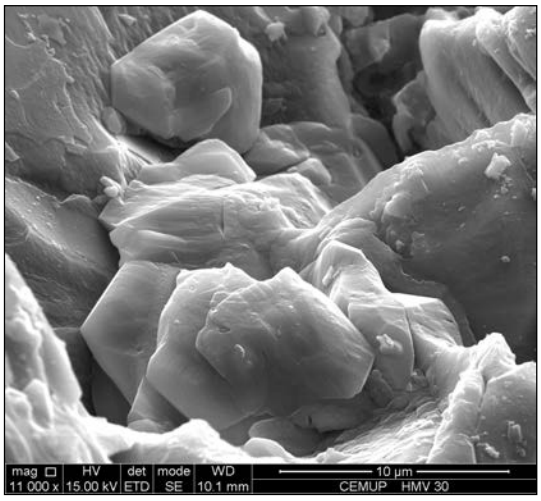
a) HMV 30 – Gesso sobre caulinite



b) HMV 30 – Gesso



c) HMV 30 – Gesso sobre moscovite



d) HMV 30 – Gesso sobre plagióclase sódica

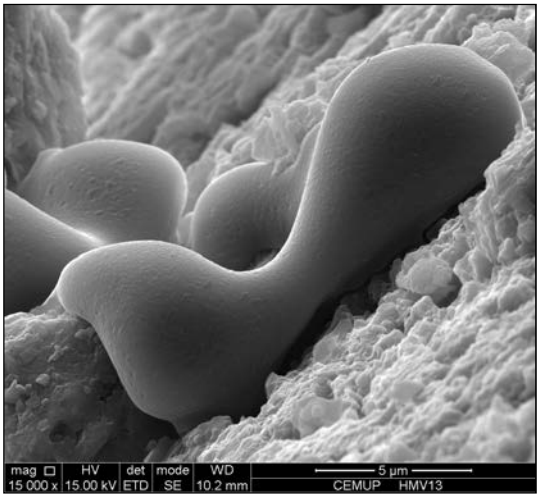
Figura 6.13 – Desagregação granular – Gesso – Cristais lamelares com hábito pseudo-hexagonal, subédricos ou anédricos com figuras de dissolução – Imagens obtidas por MEV.

O oxalato de cálcio foi visualizado em pequena quantidade nas amostras HMV 30 e HMV 45, aparecendo como cristais subédricos isométricos (Figura 6.15a) e cristais aciculares (Figura 6.15c). Estão associados a actividade fúngica.

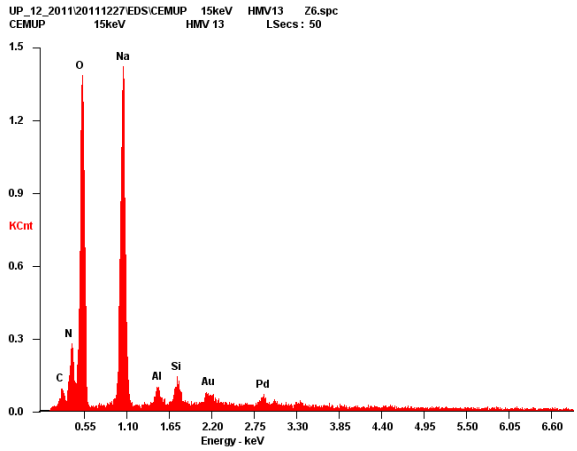
Nas amostras HMV 13, HMV 30 e HMV 45, a actividade biológica é muito pouco representativa, não tendo sido observada na amostra HMV 39.

A caulinite foi observada nas amostras HMV 39 (Figura 6.7a) e HMV 13 (Figuras 6.14c e 6.14e).

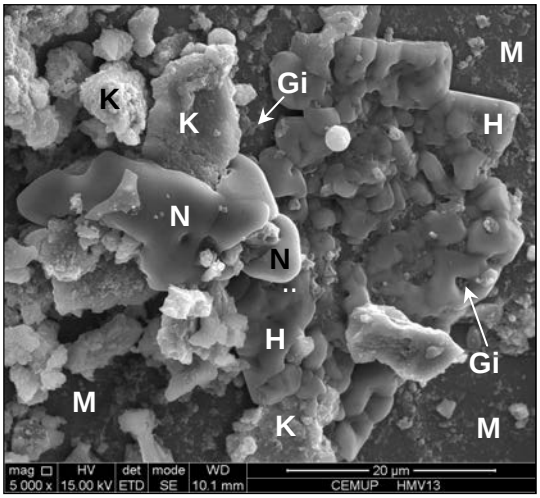
A gibsite foi observada nas amostras HMV 13 (Figuras 6.6e, 6.14c e 6.14d) e HMV 30 (Figura 6.12c).



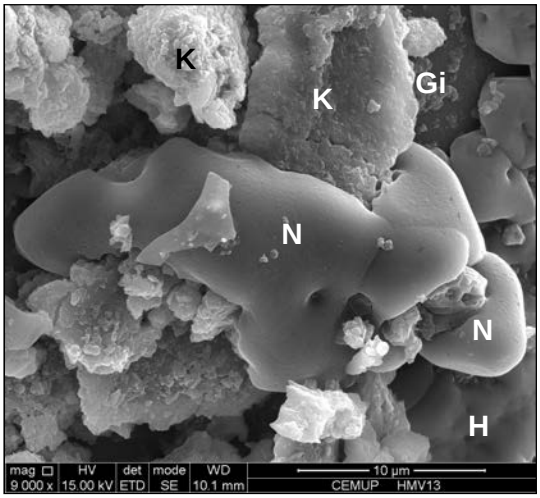
a) HMV 13 – Nitratite sobre plagióclase sódica



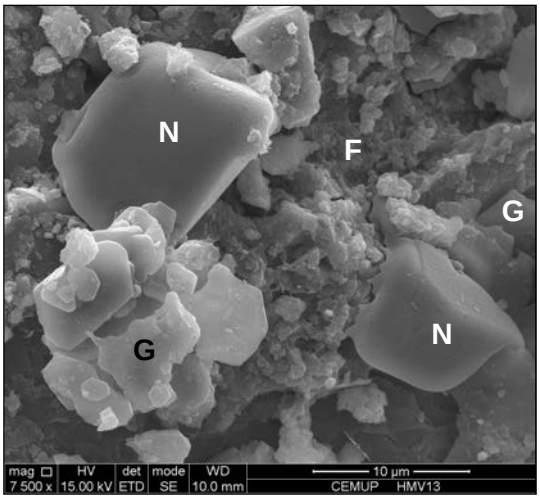
b) HMV 13 – Nitratite – Espectro



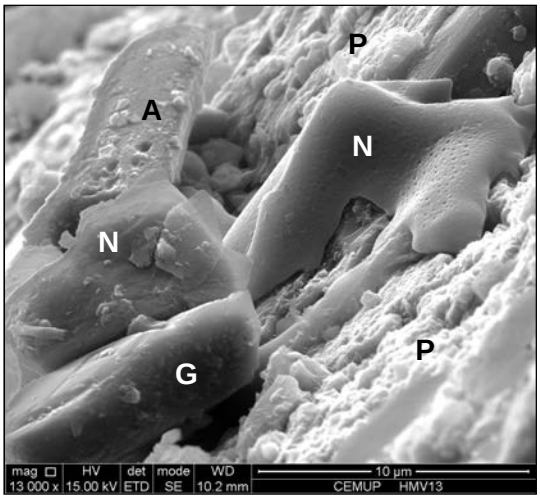
c) HMV 13 – Nitratite (N) e halite (H) sobre moscovite (M) e produtos de meteorização gibsite (Gi) e caulinite (K)



d) HMV 13 – Nitratite (N) e halite (H) sobre moscovite e produtos de meteorização gibsite (Gi) e caulinite (K) – Ampliação da Figura 6.14c

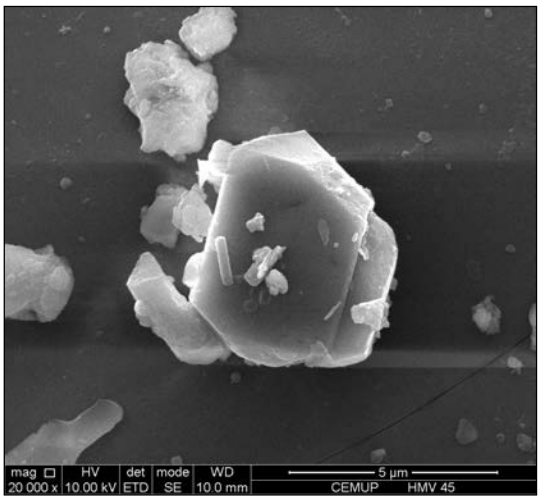


e) HMV 13 – Nitratite (N) e gesso (G) sobre feldspato potássico (F)

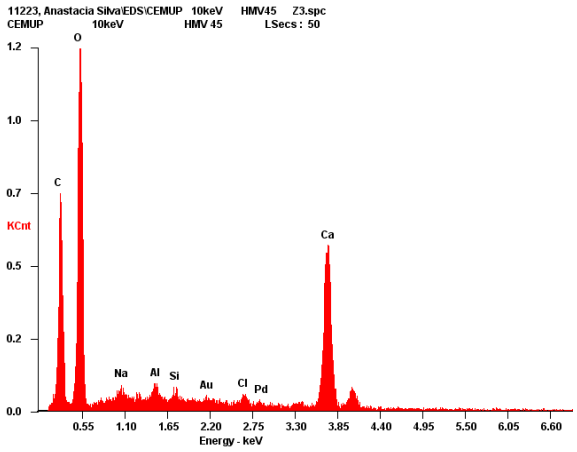


f) HMV 13 – Nitratite (N) e gesso (G) sobre plagióclase sódica (P). Apatite fluoretada (A)

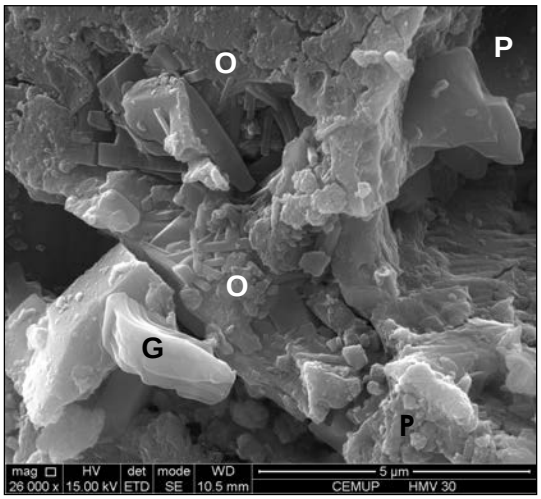
Figura 6.14 – Desagregação granular – Nitratite – Cristais anédricos integralmente delimitados por figuras de dissolução – Imagens e espectro obtidos por MEV.



a) HMV 45 – Oxalato de cálcio sobre biotite



b) HMV 45 – Oxalato de cálcio – Espectro



c) HMV 30 – Oxalato de cálcio (O) e gesso (G) sobre plagióclase sódica (P)

Figura 6.15 – Desagregação granular – Oxalato de cálcio – Cristais subédricos isométricos e cristais aciculares – Imagens e espectro obtidos por MEV.

6.1.2. PLACAS

O Quadro 6.3 mostra os minerais de sais solúveis identificados por MEV nas amostras de placas HMV 27 e HMV 41 obtidas na Fachada Principal e nas *loggias*. Observaram-se as faces interiores de ambas as amostras e a face exterior da placa HMV 41.

Quadro 6.3 – Placas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

Deterioração	Localização	Amostra	Minerais de sais solúveis
Placas	Interior da *loggia* do 1º andar	HMV 27 – Face interior	Gesso + oxalato de cálcio
	Loggia do rés-do-chão	HMV 41 – Face interior	Oxalato de cálcio
		HMV 41 – Face exterior	Halite + gesso + brushite

O gesso foi identificado em quantidade muito significativa na face interior de HMV 27 e na face exterior de HMV 41. As Figuras 6.16 a 6.18 revelam aspectos distintos exibidos por este mineral, designadamente:

- Cristais aciculares (Figuras 6.16a e 6.16c);
- Cristais em forma de ponta de lança (Figuras 6.16d, 6.16e e 6.16f);
- Cristais lamelares com hábito pseudo-hexagonal (Figuras 6.16e, 6.16f e 6.18b);
- Cristais isométricos subédricos (Figuras 6.16a, 6.16c e 6.16d);
- Cristais isométricos anédricos (Figuras 6.16a, 6.16c e 6.16f);
- Cristais subédricos ou anédricos com dissolução (Figuras 6.16c, 6.17, 6.18a, 6.18c, 6.18d e 6.18e);
- Cristais tabulares (Figura 6.18c);
- Cristais prismáticos sem indícios de dissolução (Figura 6.18c);
- Cristais prismáticos com figuras de dissolução (Figuras 6.18e e 6.18f).

O oxalato de cálcio foi identificado nas faces interiores das duas amostras HMV 27 e HMV 41 sob a forma de cristais aciculares (Figuras 6.19a, 6.19c, 6.19d e 6.20) e cristais prismáticos subédricos (Figuras 6.19e, 6.19f, 6.20a e 6.20b).

A halite foi visualizada na face exterior de HMV 41, aparecendo como cristais com as formas simples cubo+octaedro sem indícios de dissolução (Figuras 6.21a, 6.21c e 6.21d) e com as formas simples cubo+octaedro parcialmente dissolvidos (Figuras 6.21d, 6.21e, 6.21f, 6.22a e 6.22b).

A brushite cristaliza na face exterior de HMV 41 sob a forma de agregado de pequenos cristais anédricos de forma arredondada (Figura 6.22c)

A actividade biológica é intensa nas faces interiores das placas e rara na face exterior de HMV 41.

A caulinite foi observada na amostra HMV 41 (Figura 6.18b).

6.1.3. PLAQUETAS

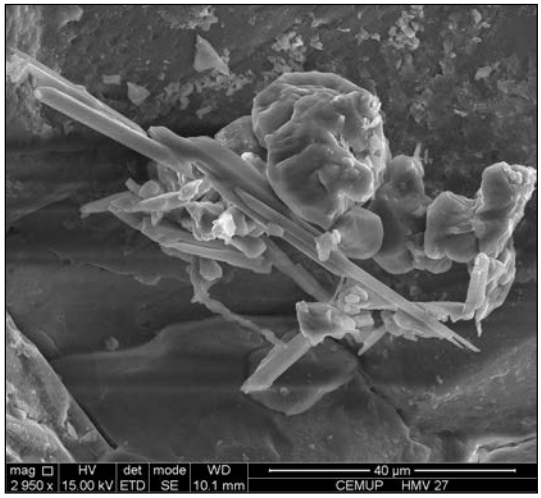
O Quadro 6.4 apresenta os minerais de sais solúveis identificados por MEV nas amostras de plaquetas HMV 31 e HMV 38 recolhidas na Fachada Principal e nas *loggias*.

Quadro 6.4 – Plaquetas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

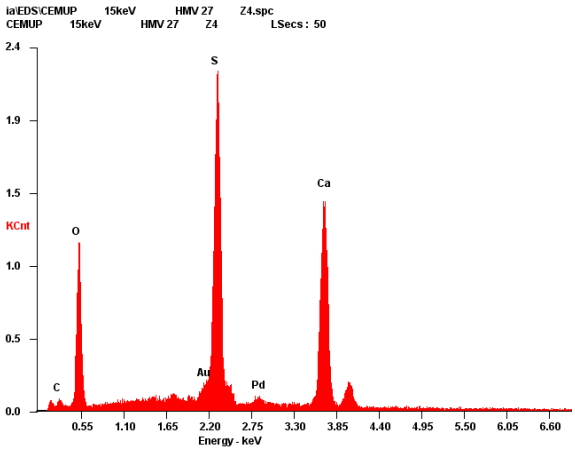
Deterioração	**Localização**	**Amostra**	**Minerais de sais solúveis**
Plaquetas	Friso entre as *loggias* do 1º andar e rés-do-chão	HMV 31	Gesso + oxalato de cálcio
	Loggia do rés-do-chão	HMV 38	Gesso

O gesso surge em quantidade apreciável nas duas amostras estudadas HMV 31 e HMV 38. As Figuras 6.23 a 6.25 revelam hábitos e formas distintos exibidos por este mineral, nomeadamente:

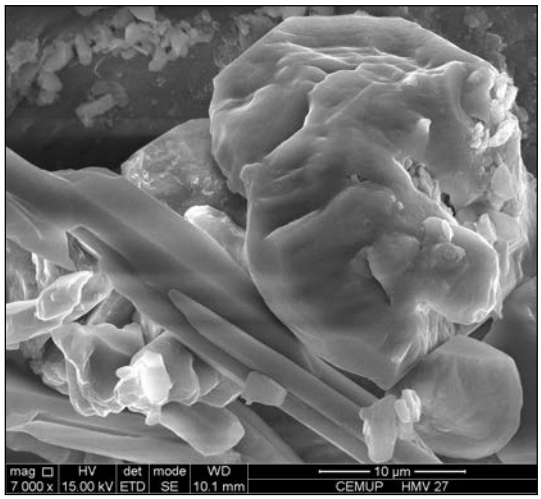
- Cristais isométricos subédricos (Figuras 6.23a e 6.23c);
- Cristais tabulares (Figuras 6.23d, 6.23e, 6.23f, 6.24a e 6.24b);
- Cristais lamelares com hábito pseudo-hexagonal (Figuras 6.24a, 6.24b e 6.24c);
- Cristais em forma de ponta de lança (Figuras 6.24d e 6.24e);
- Cristais anédricos com figuras de dissolução (Figuras 6.24f, 6.25a, 6.25b e 6.25c);
- Agregados de cristais revestindo os minerais constituintes do granito, formando capas contínuas sobre os mesmos (Figuras 6.25d, 6.25e e 6.25f).



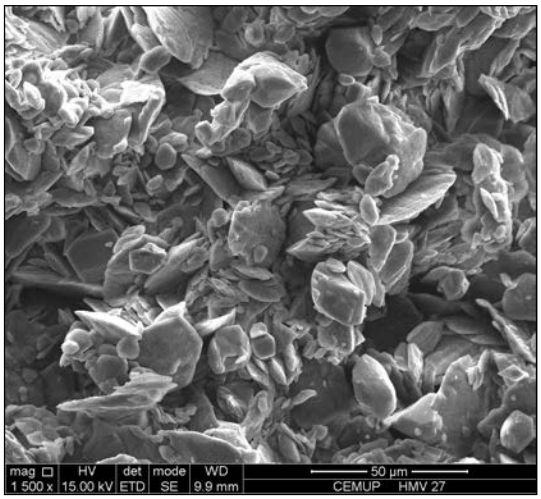
a) HMV 27 – Gesso sobre quartzo



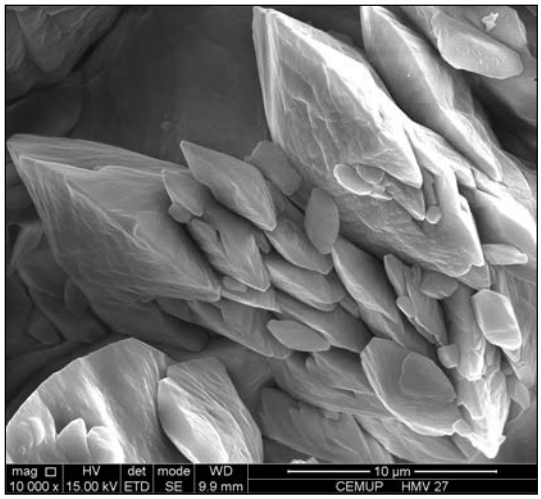
b) HMV 27 – Gesso – Espectro



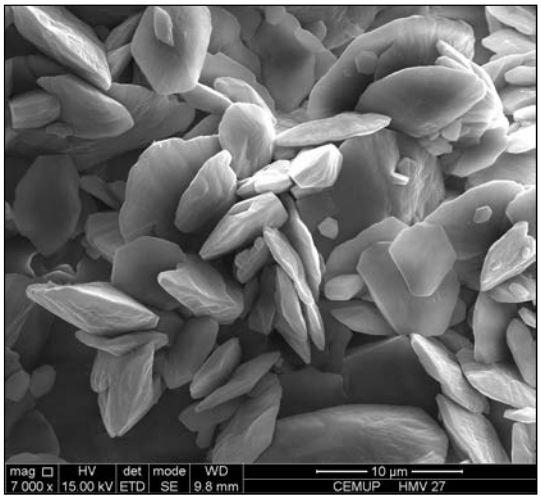
c) HMV 27 – Gesso sobre quartzo



d) HMV 27 – Gesso

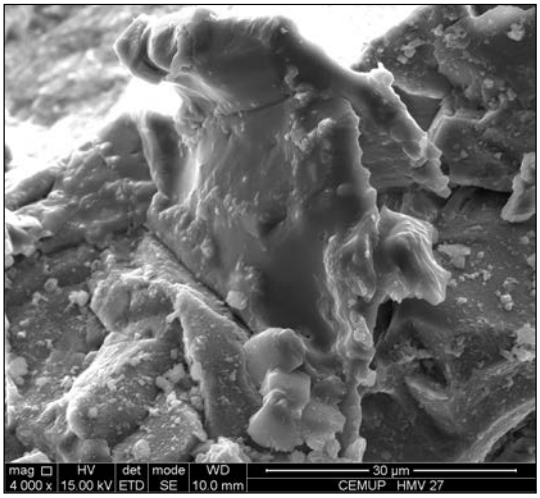


e) HMV 27 – Gesso

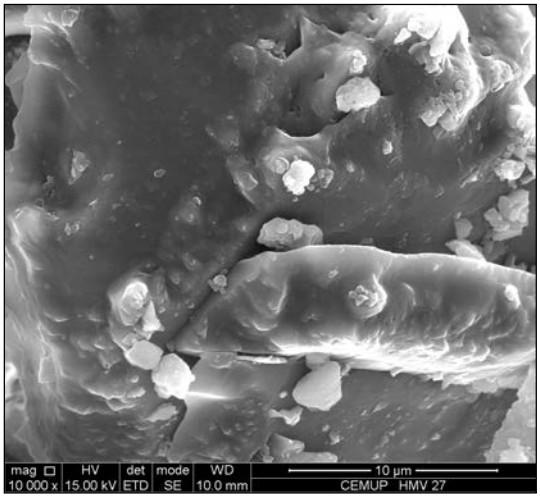


f) HMV 27 – Gesso

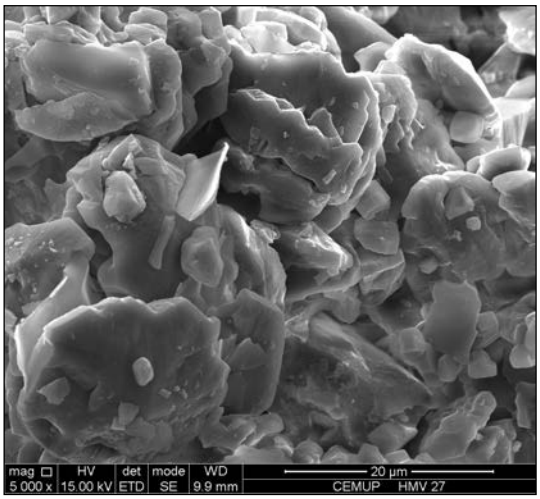
Figura 6.16 – Placas – Gesso – Cristais aciculares, em ponta de lança, lamelares com hábito pseudo-hexagonal, lamelares, isométricos subédricos ou anédricos e anédricos com figuras de dissolução – Imagens e espectro obtidos por MEV.



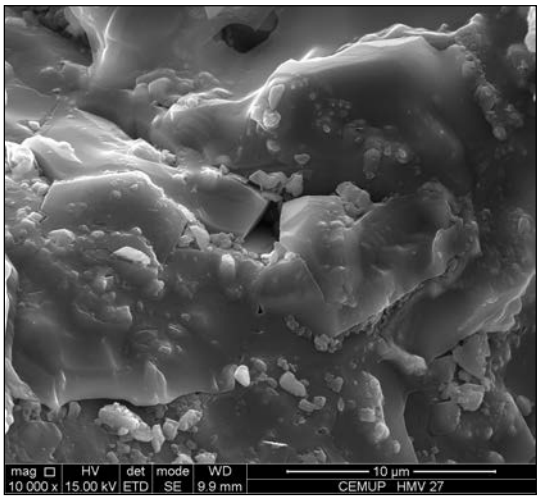
a) HMV 27 – Gesso sobre feldspato potássico



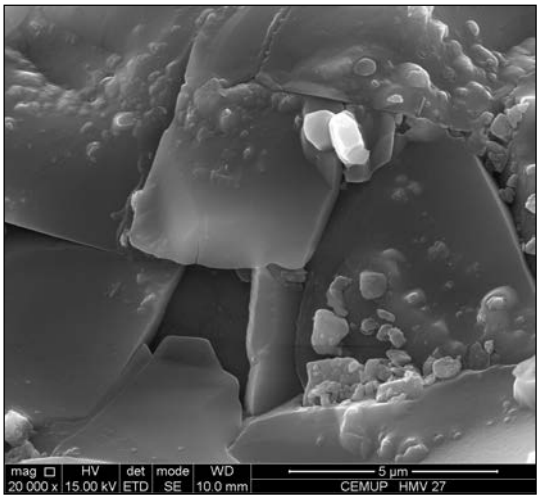
b) HMV 27 – Gesso sobre feldspato potássico



c) HMV 27 – Gesso



d) HMV 27 – Gesso sobre moscovite

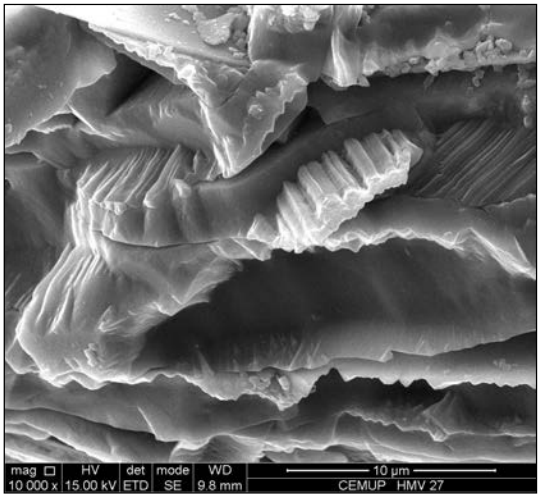


e) HMV 27 – Gesso sobre feldspato potássico

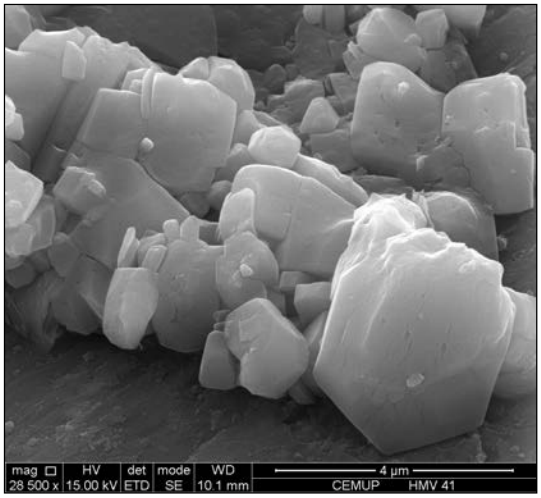


f) HMV 27 – Gesso sobre feldspato potássico

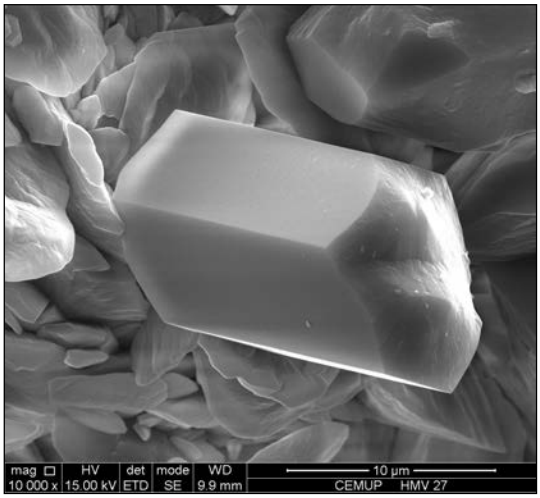
Figura 6.17 – Placas – Gesso – Cristais anédricos ou subédricos com figuras de dissolução – Imagens obtidas por MEV.



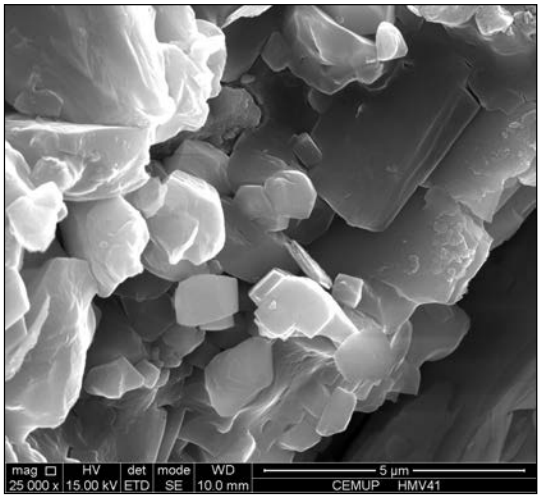
a) HMV 27 – Gesso sobre moscovite



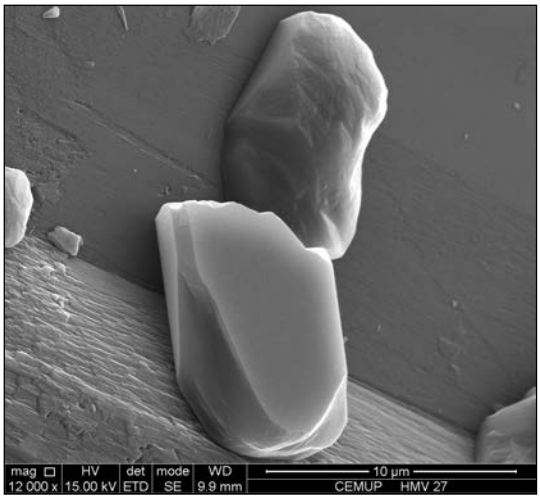
b) HMV 41 – Gesso sobre caulinite



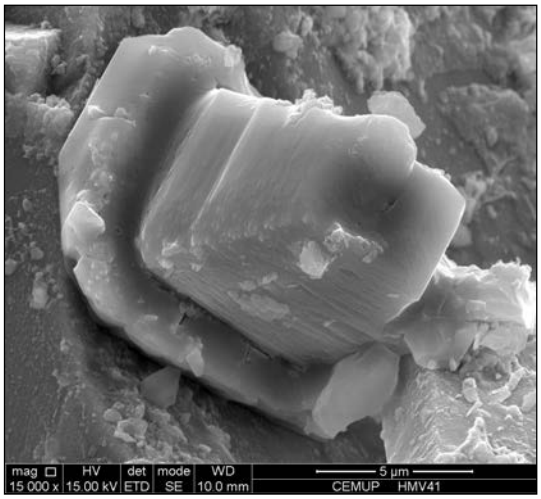
c) HMV 27 – Gesso



d) HMV 41 – Gesso sobre biotite

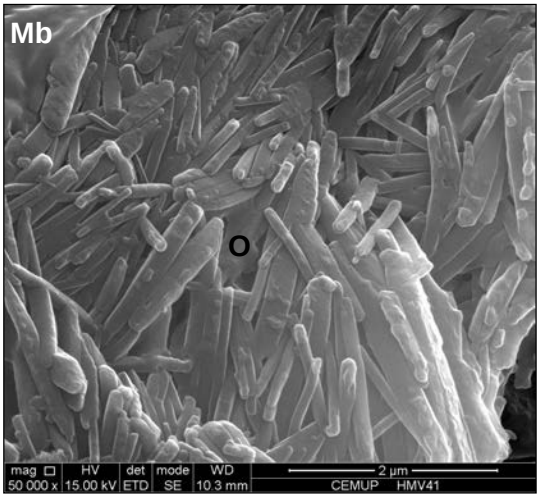


e) HMV 27 – Gesso sobre feldspato potássico

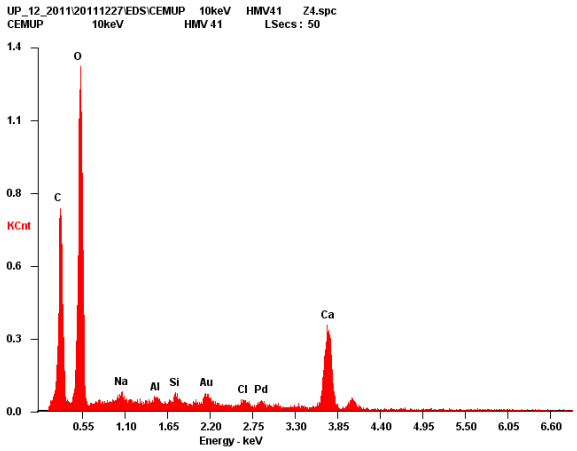


f) HMV 41 – Gesso sobre quartzo

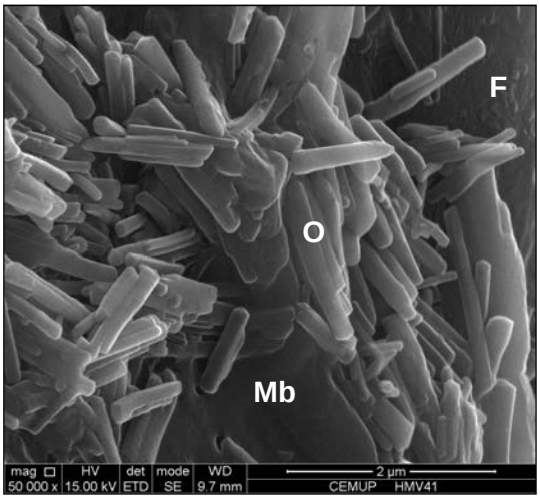
Figura 6.18 – Placas – Gesso – Cristais anédricos ou subédricos com figuras de dissolução, lamelares com hábito pseudo-hexagonal, tabulares e prismáticos sem ou com figuras de dissolução– Imagens obtidas por MEV.



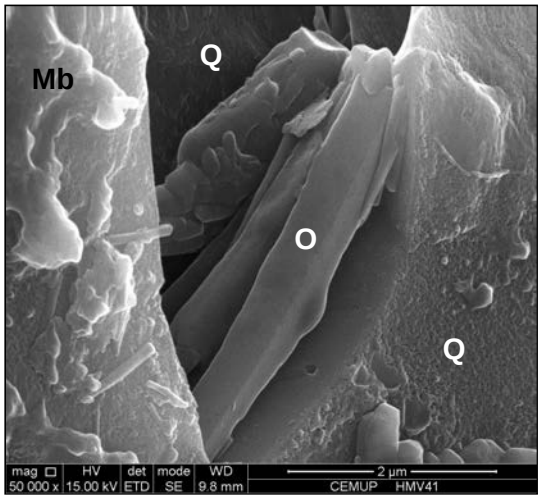
a) HMV 41 – Oxalato de cálcio (O) associado a material biológico (Mb)



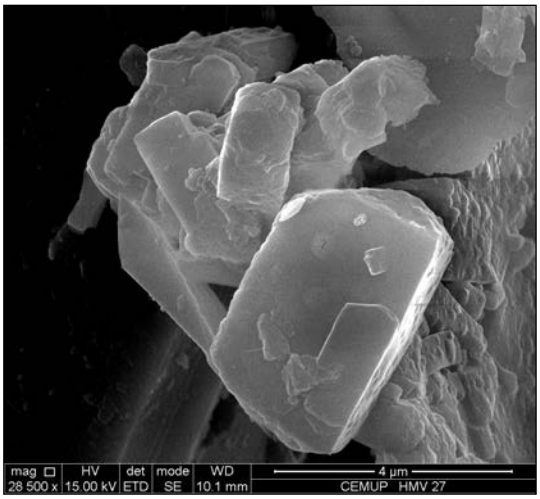
b) HMV 41 – Oxalato de cálcio – Espectro



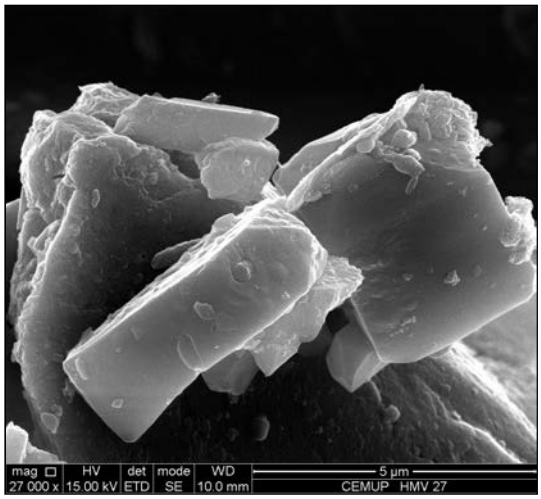
c) HMV 41 – Oxalato de cálcio (O) associado a material biológico (Mb) sobre feldspato potássico (F)



d) HMV 41 – Oxalato de cálcio (O) associado a material biológico (Mb) em fissura intragranular no quartzo (Q)

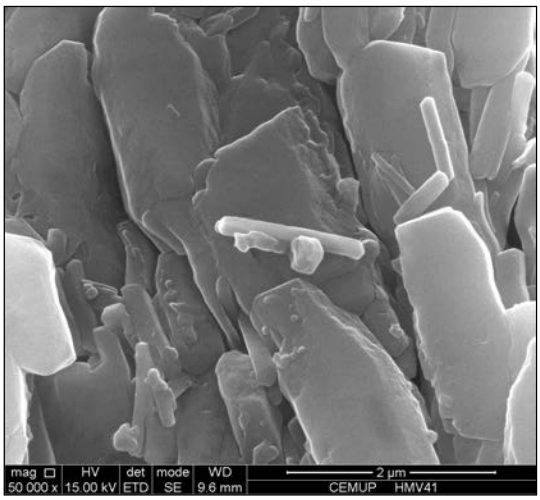


e) HMV 27 – Oxalato de cálcio

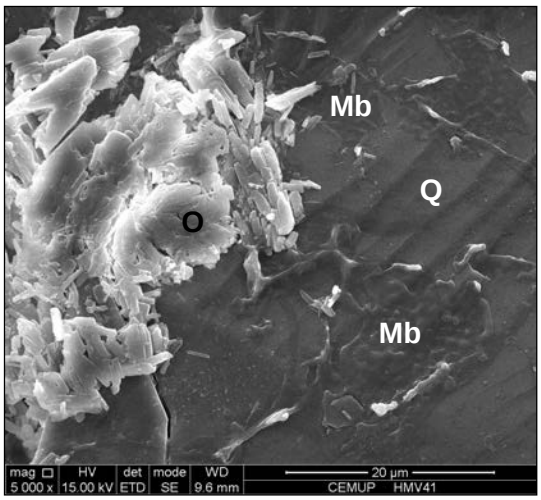


f) HMV 27 – Oxalato de cálcio sobre feldspato potássico

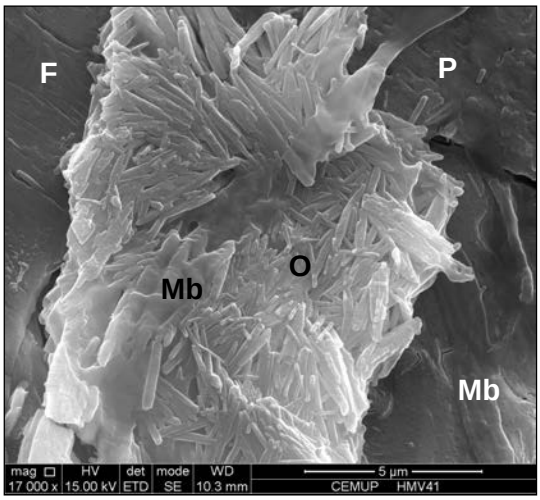
Figura 6.19 – Placas – Oxalato de cálcio – Cristais aciculares e prismáticos subédricos – Imagens e espectro obtidos por MEV.



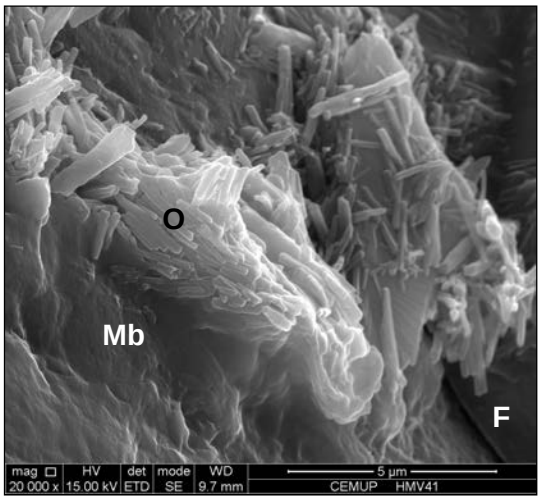
a) HMV 41 – Oxalato de cálcio sobre quartzo



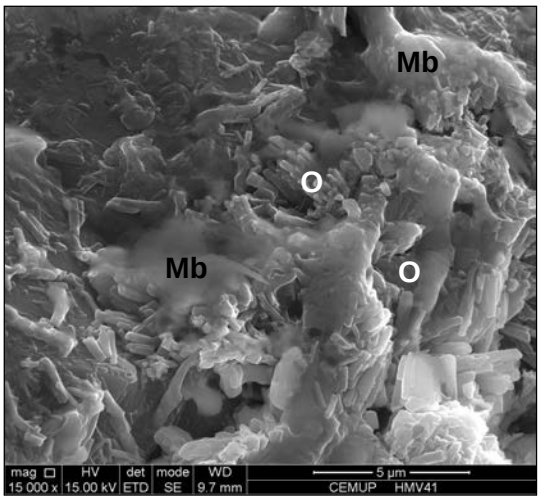
b) HMV 41 – Oxalato de cálcio (O) associado a material biológico (Mb) sobre quartzo (Q)



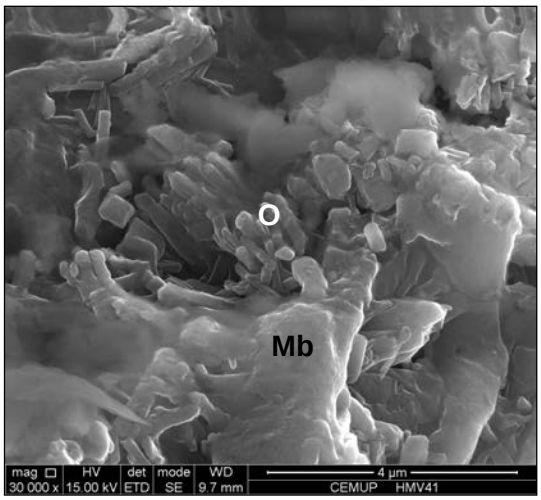
c) HMV 41 – Oxalato de cálcio (O) associado a material biológico (Mb) sobre feldspato potássico (F) e plagióclase sódica (P)



d) HMV 41 – Oxalato de cálcio (O) associado a material biológico (Mb) sobre feldspato potássico (F)

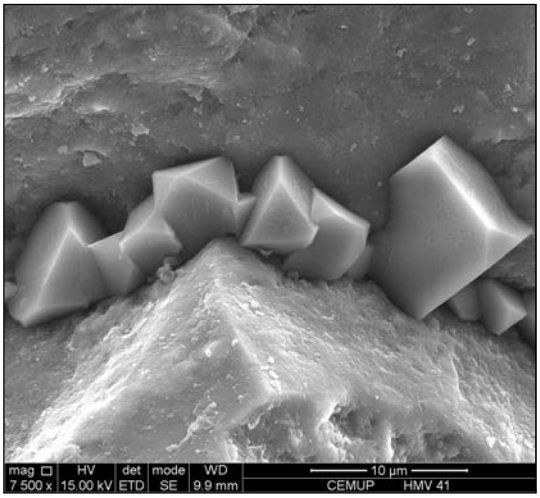


e) HMV 41 – Oxalato de cálcio (O) associado a material biológico (Mb)

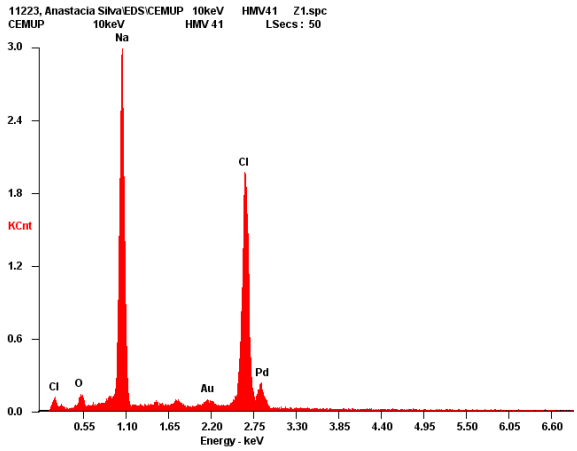


f) HMV 41 – Oxalato de cálcio (O) associado a material biológico (Mb)

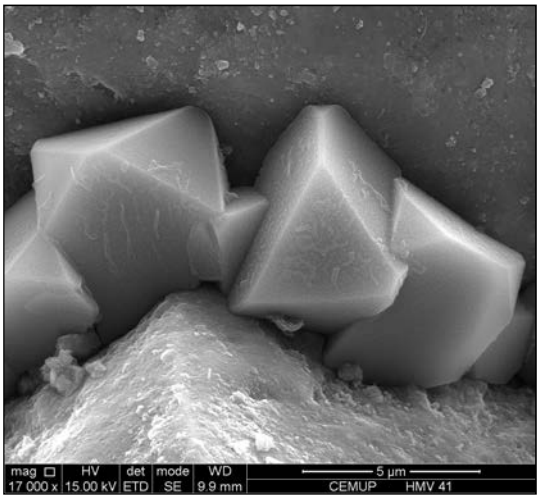
Figura 6.20 – Placas – Oxalato de cálcio (O) – Cristais aciculares e prismáticos subédricos associados a material biológico (Mb) – Imagens obtidas por MEV.



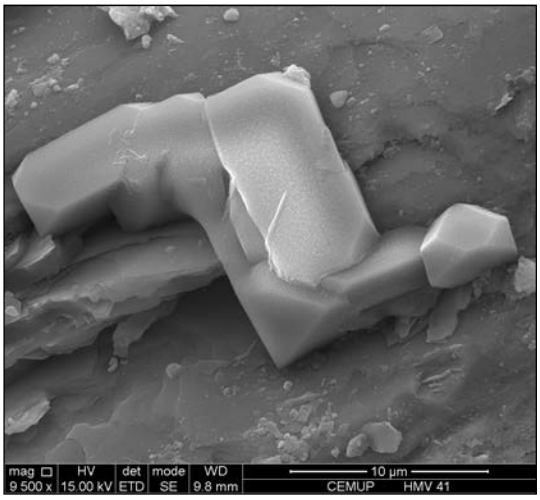
a) HMV 41 – Halite em fissura entre dois cristais de quartzo



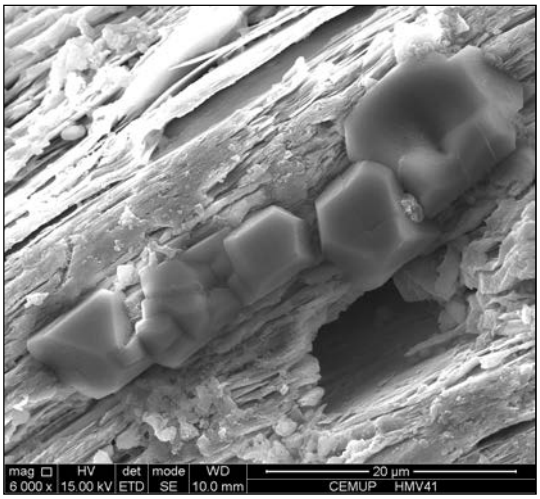
b) HMV 41 - Halite – Espectro



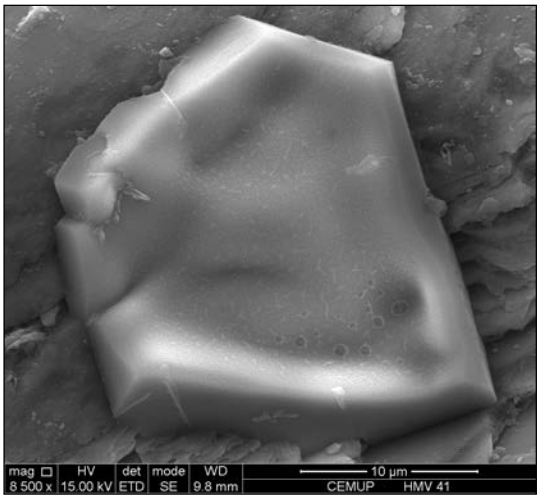
c) HMV 41 – Halite em fissura entre dois cristais de quartzo



d) HMV 41 – Halite sobre moscovite

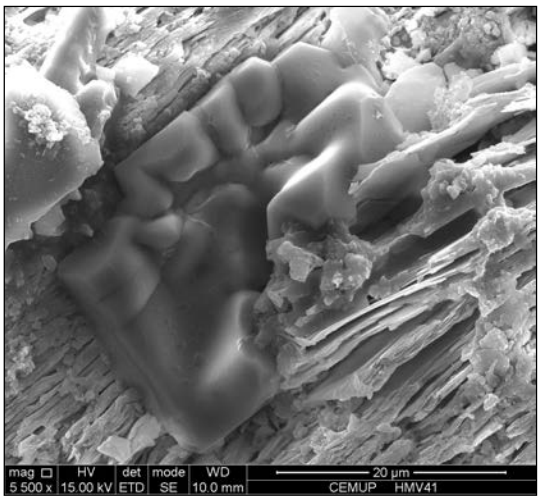


e) HMV 41 – Halite sobre biotite

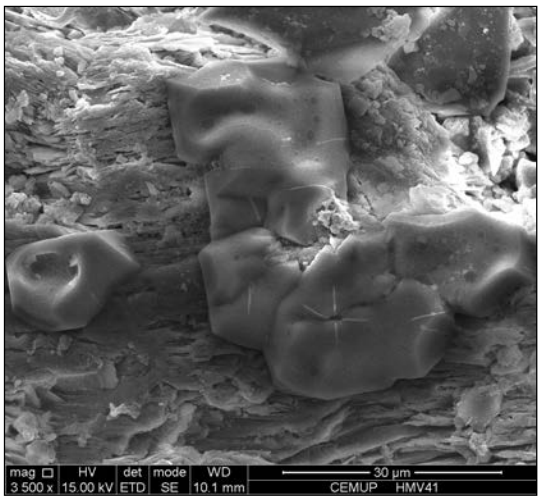


f) HMV 41 – Halite sobre moscovite

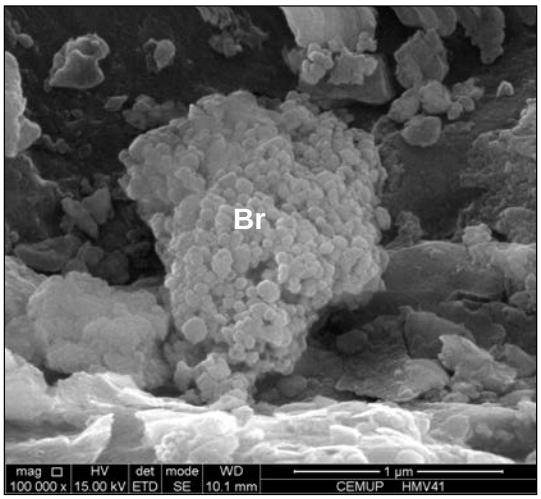
Figura 6.21 – Placas – Halite – Cristais com as formas simples cubo+octaedro não ou parcialmente dissolvidos – Imagens e espectro obtidos por MEV.



a) HMV 41 – Halite sobre biotite



b) HMV 41 – Halite sobre biotite



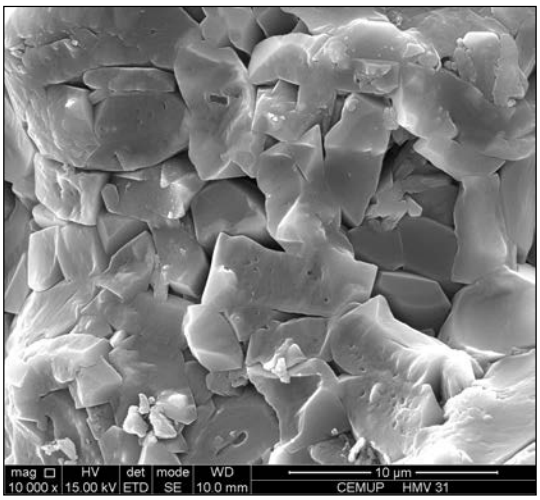
c) HMV 41 – Brushite (Br) sobre feldspato potássico

Figura 6.22 – Placas – Halite sob a forma de cristais com as formas simples cubo+octaedro parcialmente dissolvidos e brushite sob a forma de agregado de pequenos cristais anédricos de forma arredondada – Imagens obtidas por MEV.

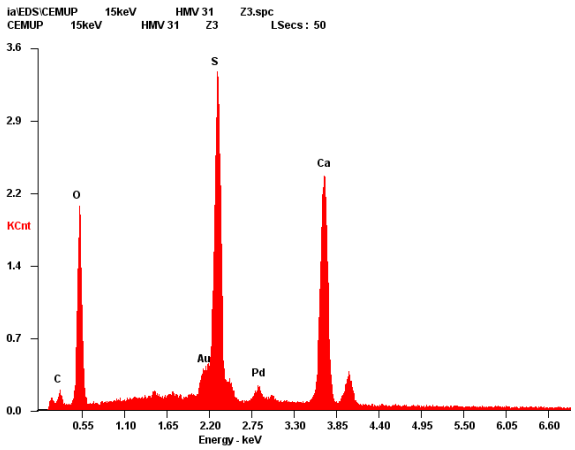
O oxalato de cálcio foi identificado na amostra HMV 31, cristalizando como prismas subédricos (Figura 6.26a). Está sempre associado à presença de material biológico, designadamente fungos (Figuras 6.26b, 6.26c, 6.26d, 6.26e e 6.26f).

A actividade biológica fúngica é de facto relevante na amostra HMV 31, mas pouco significativa em HMV 38.

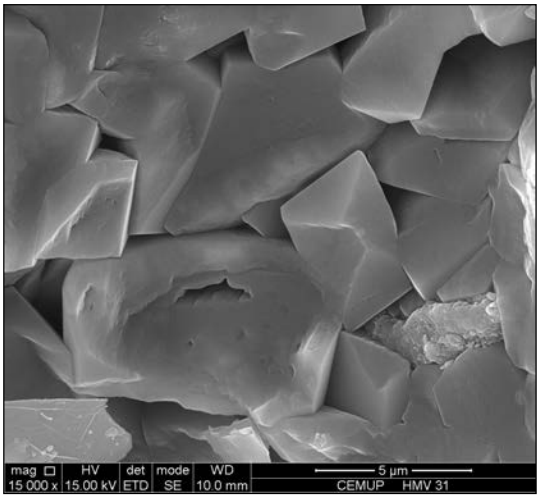
A caulinite foi observada na amostra HMV 38 (Figura 6.1c).



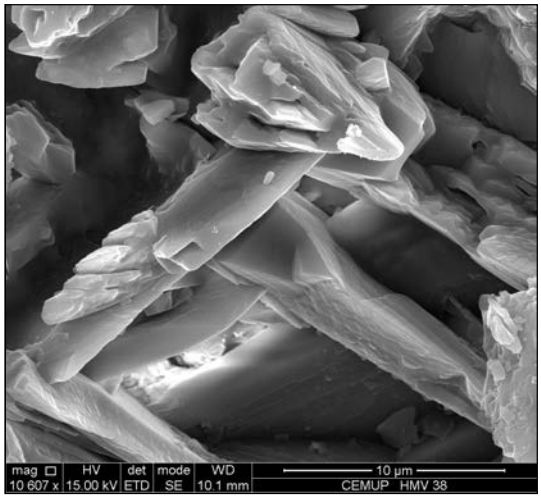
a) HMV 31 – Gesso



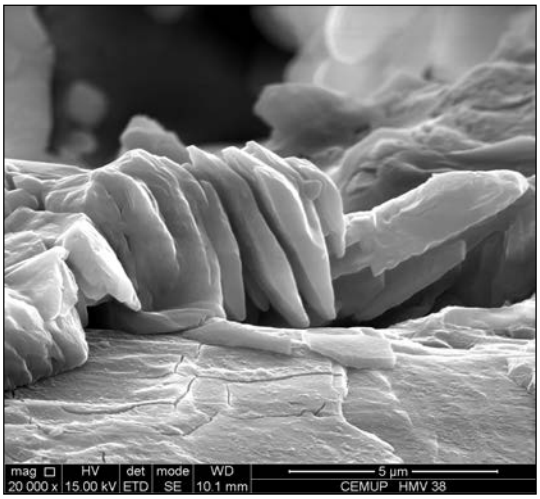
b) HMV 31 – Gesso – Espectro



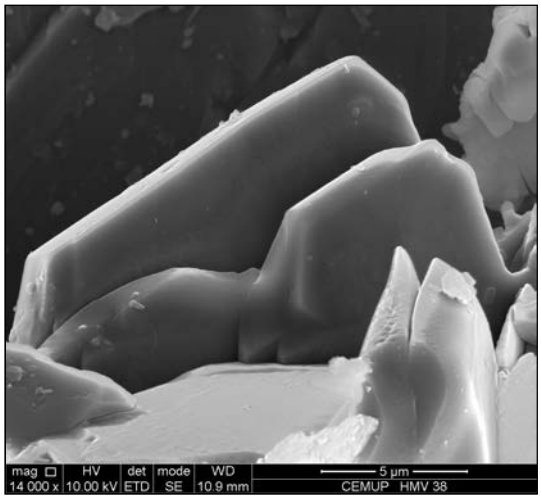
c) HMV 31 – Gesso



d) HMV 38 – Gesso sobre plagióclase sódica

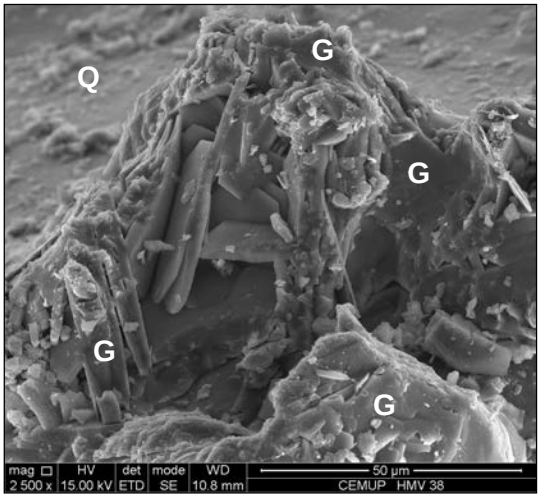


e) Gesso sobre plagióclase sódica

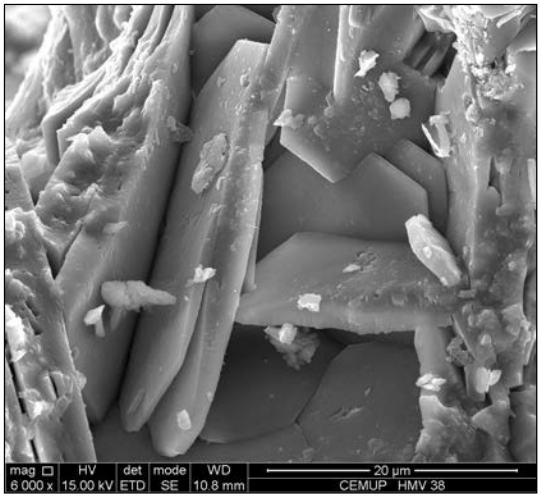


f) HMV 38 – Gesso sobre feldspato potássico

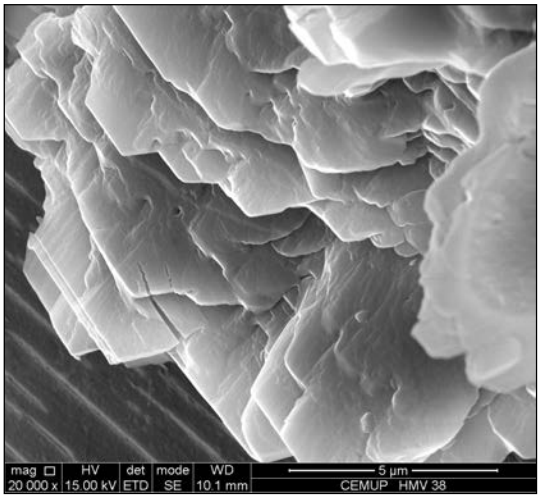
Figura 6.23 – Plaquetas – Gesso – Cristais isométricos e tabulares – Imagens e espectro obtidos por MEV.



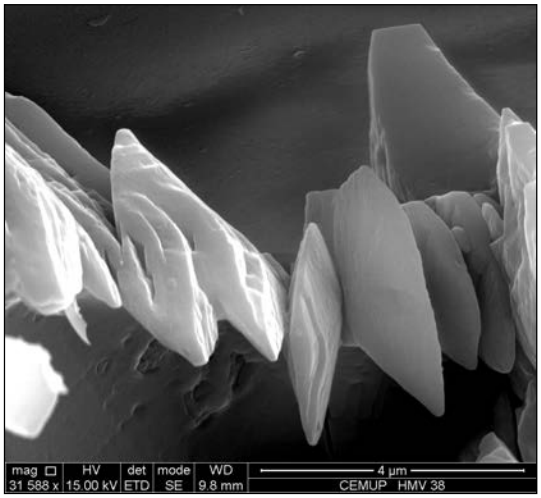
a) HMV 38 – Gesso (G) sobre quartzo (Q)



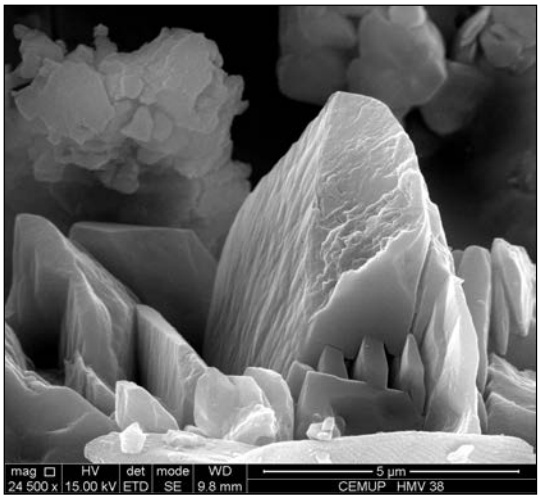
b) HMV 38 – Gesso



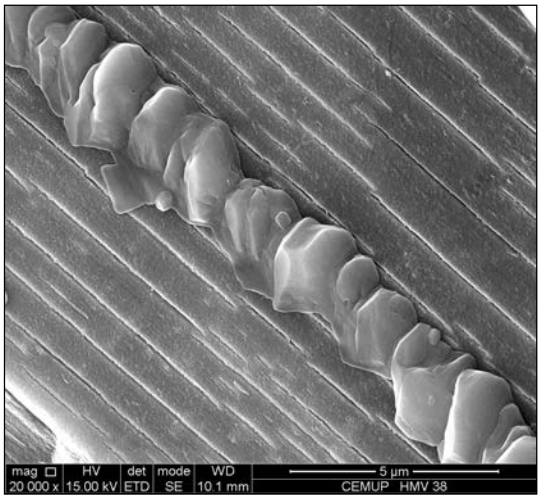
c) HMV 38 – Gesso sobre moscovite



d) HMV 38 – Gesso sobre feldspato potássico

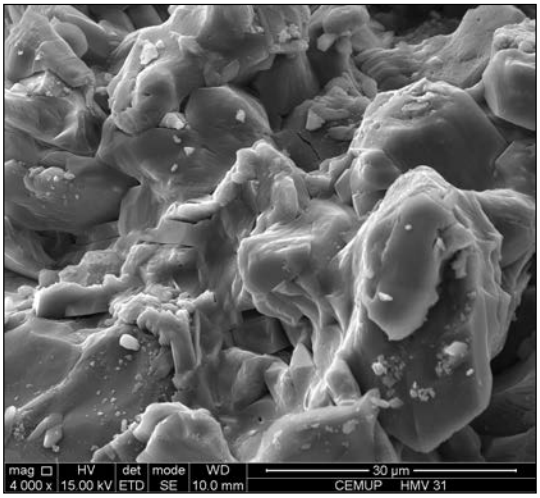


e) HMV 38 – Gesso sobre feldspato potássico

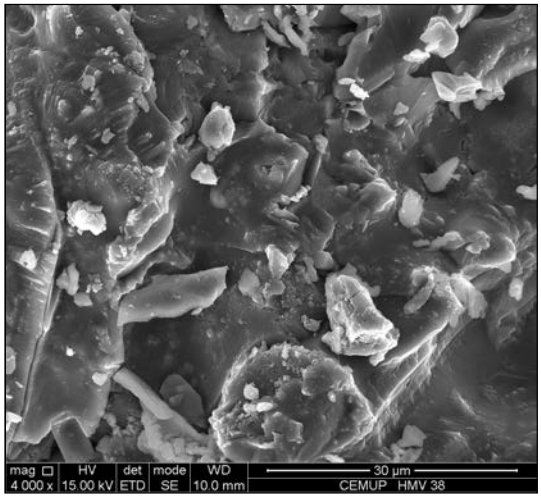


f) HMV 38 – Gesso sobre moscovite

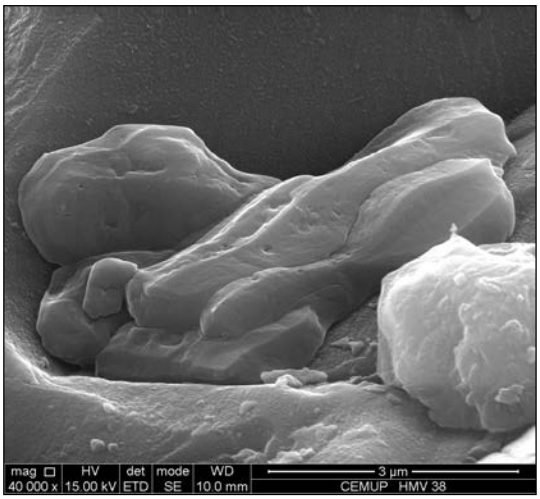
Figura 6.24 – Plaquetas – Gesso – Cristais tabulares, lamelares com hábito pseudo-hexagonal, em forma de ponta de lança e anédricos com figuras de dissolução – Imagens obtidas por MEV.



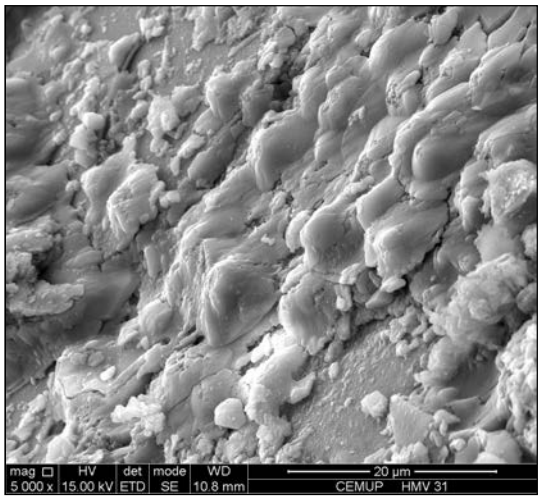
a) HMV 31 – Gesso sobre quartzo



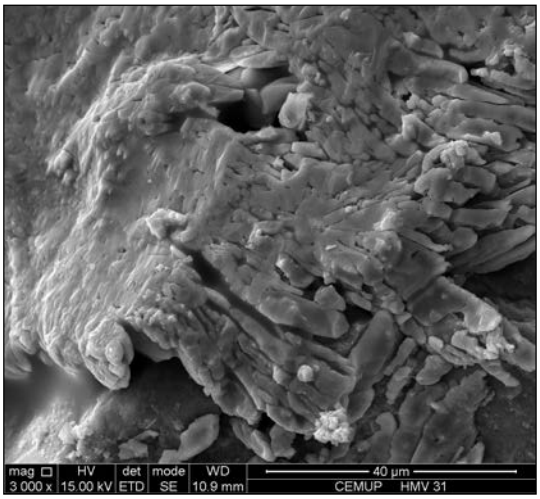
b) HMV 38 – Gesso reveste o feldspato potássico



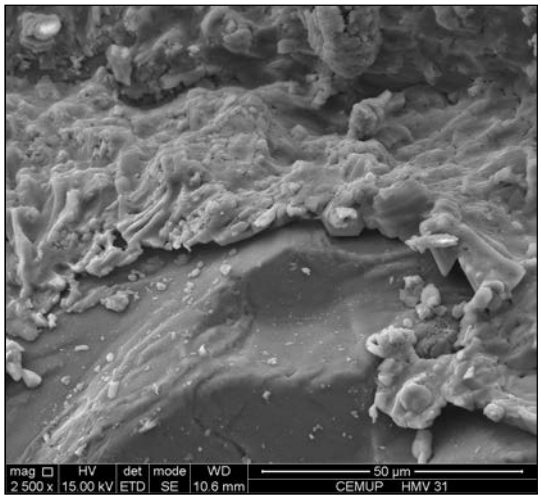
c) HMV 38 – Gesso sobre feldspato potássico



d) Gesso sobre quartzo

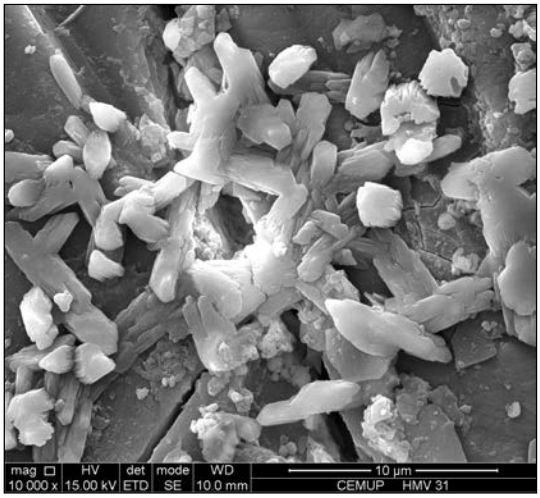


e) Gesso reveste o quartzo

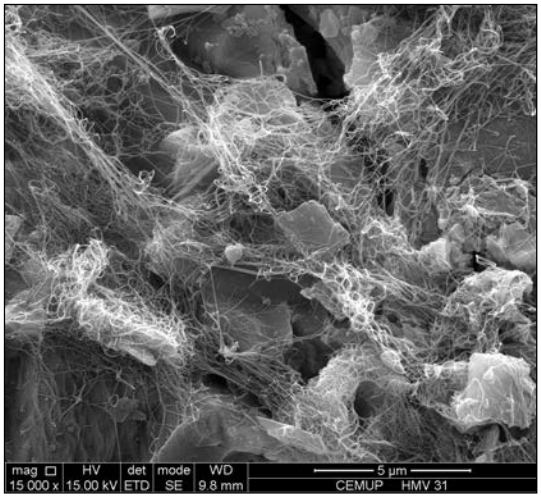


f) HMV 31 – Gesso reveste o quartzo

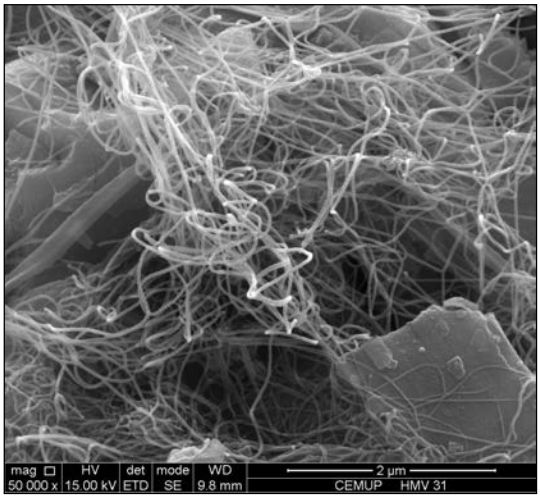
Figura 6.25 – Plaquetas – Gesso – Cristais anédricos com figuras de dissolução e agregados revestindo os minerais constituintes do granito – Imagens obtidas por MEV.



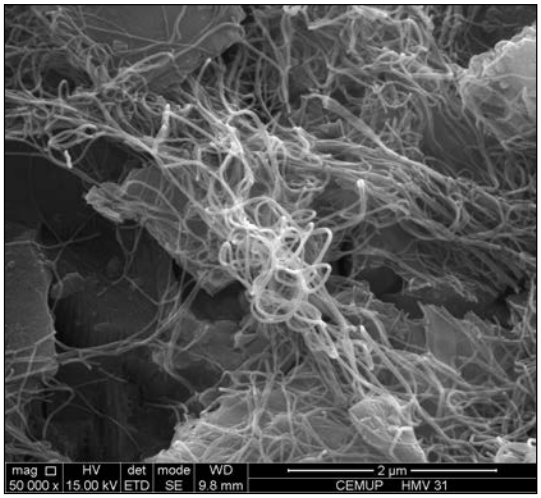
a) HMV 31 – Oxalato de cálcio sobre plagióclase sódica



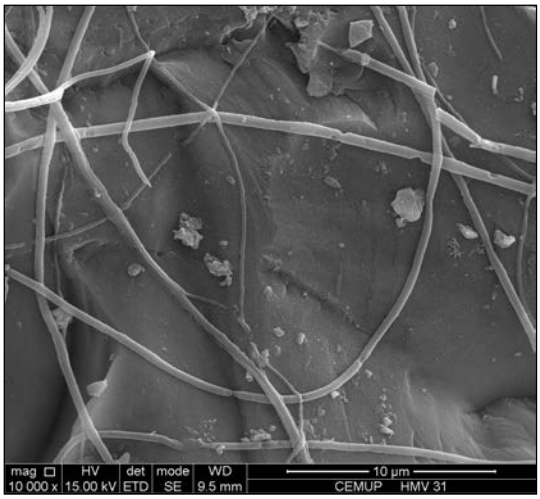
b) HMV 31 - Fungos



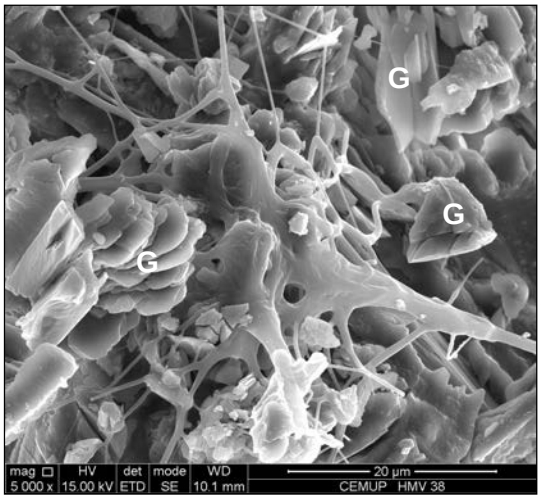
c) HMV 31 - Fungos



d) HMV 31 - Fungos



e) HMV 31 – Fungos sobre quartzo



f) HMV 38 – Fungos entre o gesso (G)

Figura 6.26 – Plaquetas – Oxalato de cálcio e material biológico – Imagens obtidas por MEV.

6.1.4. CROSTAS NEGRAS

O Quadro 6.5 apresenta os minerais de sais solúveis identificados por MEV nas amostras de crostas negras HMV 06, HMV 21 e HMV 43 recolhidas na Fachada Principal e nas *loggias*.

Quadro 6.5 – Crostas negras – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

Deterioração	Localização	Amostra	Minerais de sais solúveis
Crostas negras	Friso sob o frontão	HMV 06	Gesso
	Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares	HMV 21	Gesso + halite
	Loggia do rés-do-chão	HMV 43	Gesso + halite + calcite

As crostas negras são basicamente constituídas por cristais de gesso. A halite é rara e apareceu nas amostras HMV 21 e HMV 43. Apenas se observou um cristal de calcite na amostra HMV 43.

As amostras HMV 21 e HMV 43 situam-se a cotas mais baixas e estão assim sujeitas a maiores níveis de contaminação antropogénica do ar, pelo que as poeiras silicatadas são em grande número, não foi detectada actividade biológica e identificaram-se as únicas duas cinzas volantes de superfície lisa, ricas em silício e alumínio (na amostra HMV 43, a de cota mais baixa).

Pelo contrário, a crosta negra HMV 06 localiza-se a cota superior e está sujeita a menores níveis de poluição do ar, o que explica a quase ausência de poeiras silicatadas, a existência de alguma actividade biológica e o facto de não se ter observado qualquer cinza volante.

Na amostra HMV 06, há alternância entre zonas mais abertas, com cristais de gesso lamelares muito finos, de bordos arredondados e muito bem definidos, formando rosas do deserto (Figuras 6.27a, 6.27f, 6.28a, 6.28b, 6.29b, 6.29c, 6.29d e 6.29f) e zonas mais compactas em que os cristais de gesso são lamelares, finos, de bordos arredondados formando rosas do deserto, mas um pouco menos individualizados do que nas zonas anteriores (Figuras 6.27c, 6.27d, 6.27e, 6.28c, 6.28d, 6.28e, 6.28f, 6.29a e 6.29e).

Nas crostas negras HMV 21 e HMV 43, os cristais lamelares de gesso são mais espessos e menos bem definidos do que em HMV 06 (Figuras 6.30a, 6.30b, 6.31a, 6.31b, 6.31c, 6.31d e 6.31e), sendo por vezes tabulares (Figuras 6.30c, 6.30e, 6.31e e 6.31f). Em HMV 21, dominam os cristais de gesso em forma de ponta de lança (Figuras 6.30a, 6.30b, 6.30c, 6.30d e 6.30e), aparecendo igualmente em HMV 43 (Figuras 6.31e e 6.31f).

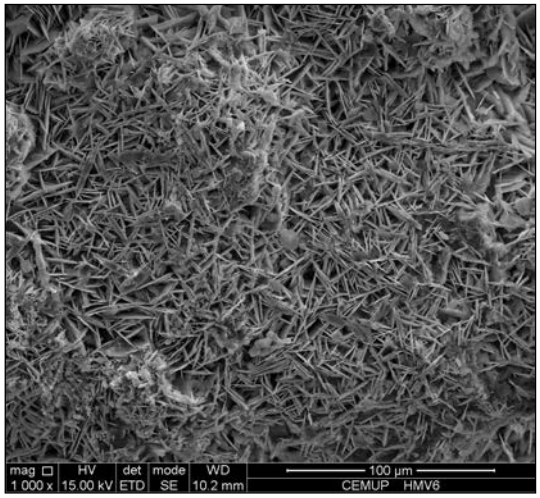
Cristais lamelares de gesso com hábito pseudo-hexagonal são raros e só foram visualizados na amostra HMV 21 (Figura 6.30e). A Figura 6.31a mostra como os cristais de gesso revestem de forma contínua um cristal de quartzo do granito de grão fino.

A halite é rara e aparece como cristais euédricos com as formas simples cubo+octaedro (Figura 6.32a), pequenos cristais cúbicos (Figuras 6.30e e 6.32f) e cristais com as formas simples cubo+octaedro com figuras de dissolução (Figuras 6.32c, 6.32d e 6.32e).

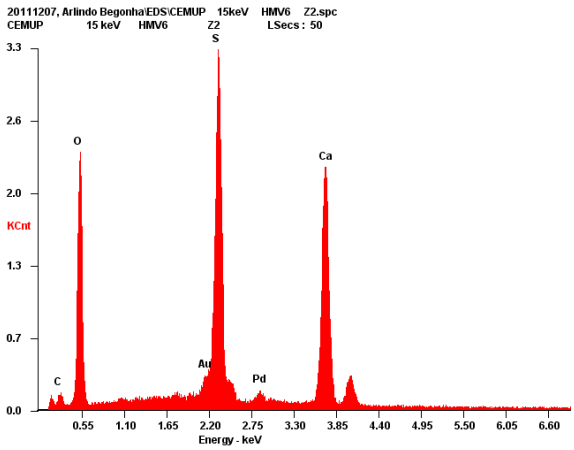
Um único cristal de calcite foi identificado na amostra HMV 43 (Figura 6.33a), aparecendo associado com a halite entre os cristais de gesso da crosta negra.

As figuras 6.33c e 6.33d exibem, respectivamente, uma poeira silicatada de quartzo e uma de moscovite, ambas entre cristais de gesso.

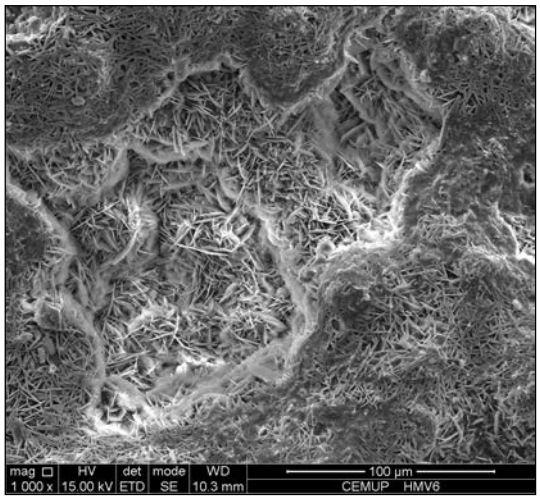
A Figura 6.33e mostra uma cinza volante lisa, rica em silício e alumínio, entre cristais de gesso.



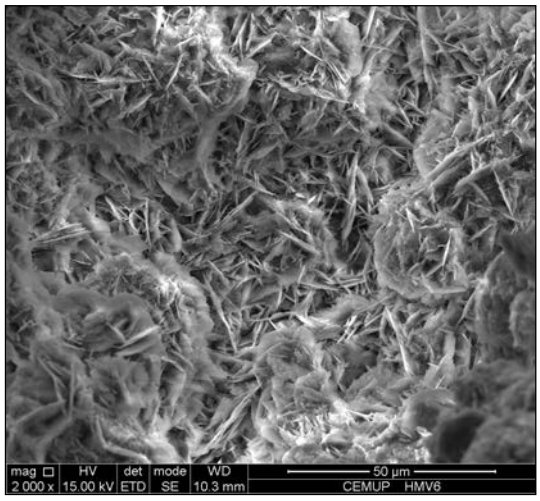
a) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto



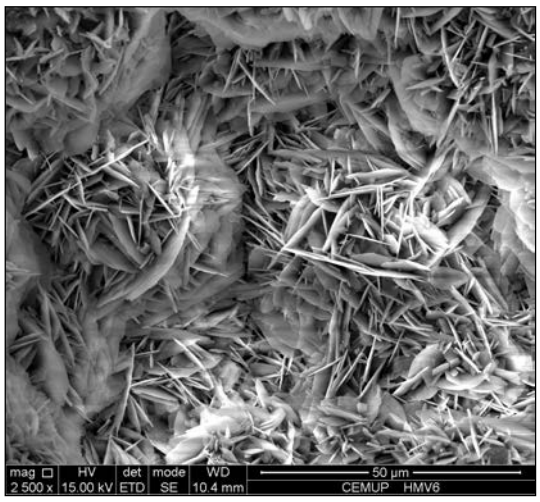
b) HMV 06 – Gesso – Espectro



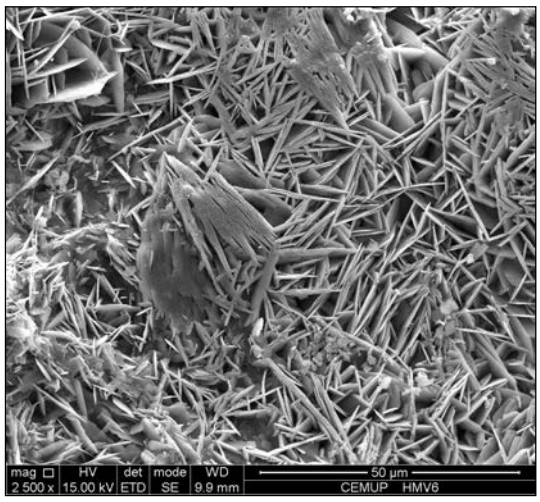
c) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais compacta



d) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais compacta

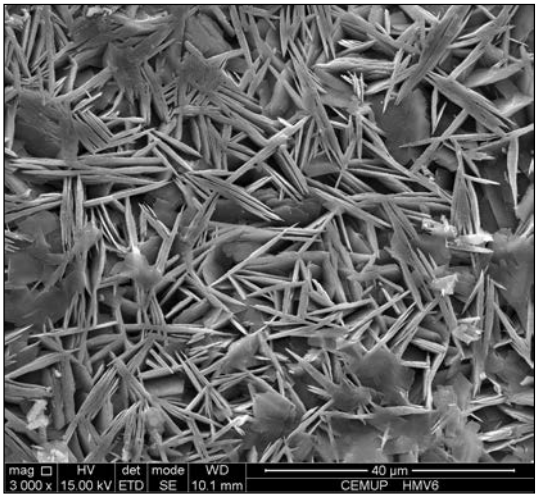


e) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais compacta

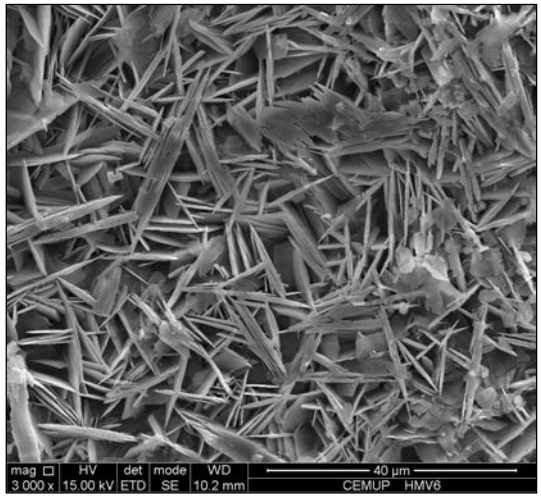


f) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais aberta

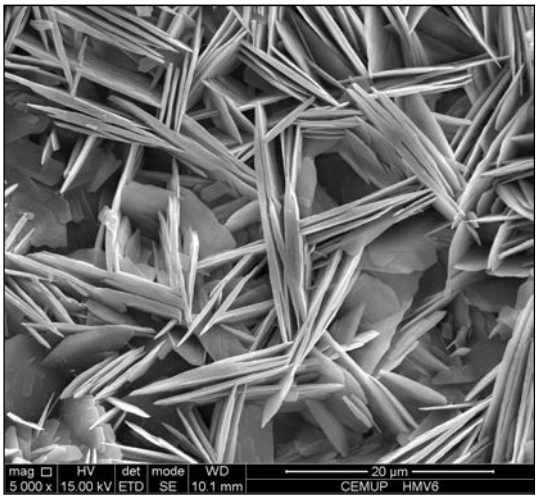
Figura 6.27– Crosta negra HMV 06 – Gesso sob a forma de cristais lamelares – Aspectos das rosas do deserto – Zonas mais compactas e zonas mais abertas – Imagens e espectro obtidos por MEV.



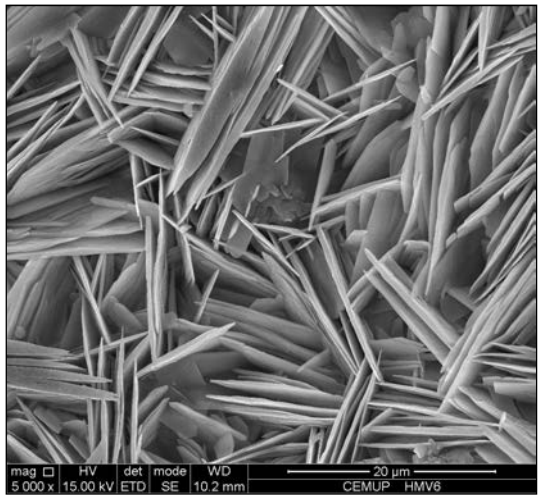
a) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais aberta



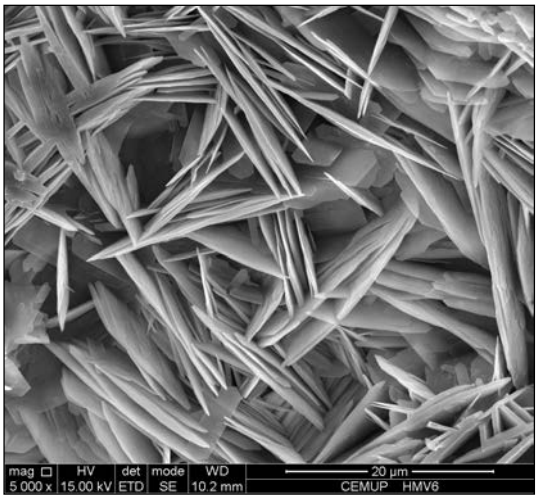
b) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais aberta



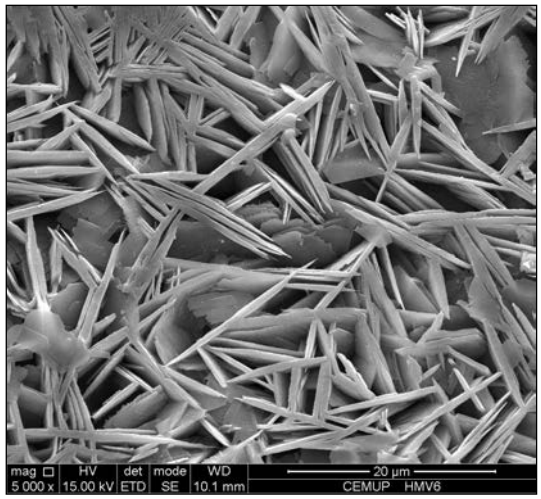
c) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais compacta



d) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais compacta

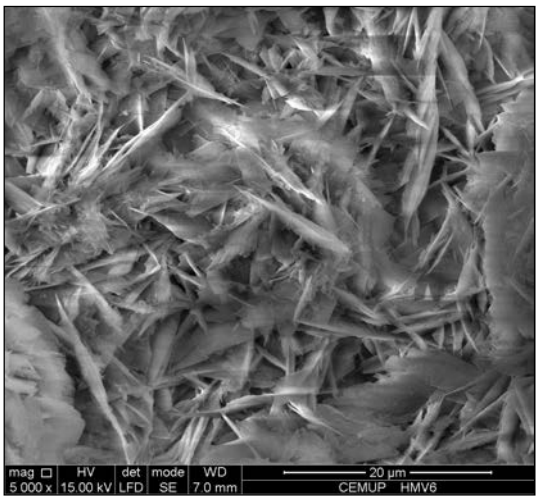


e) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais compacta

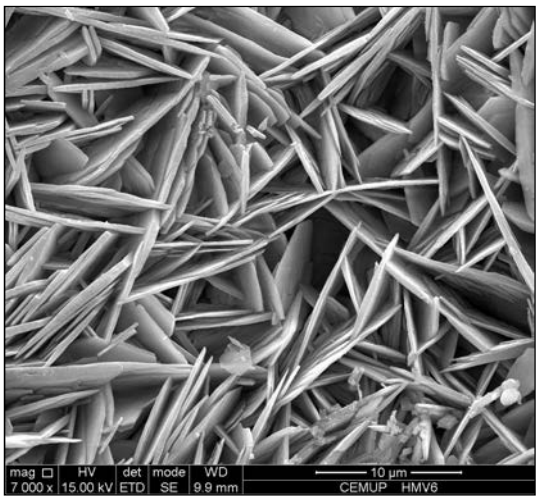


f) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais compacta

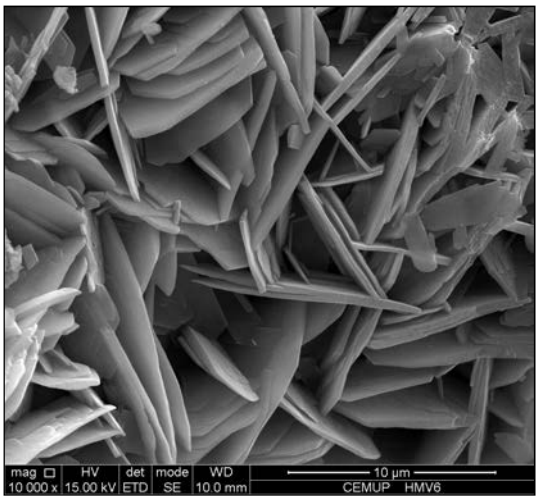
Figura 6.28 – Crosta negra HMV 06 – Gesso sob a forma de cristais lamelares – Aspectos das rosas do deserto – Zonas mais compactas e zonas mais abertas – Imagens obtidas por MEV.



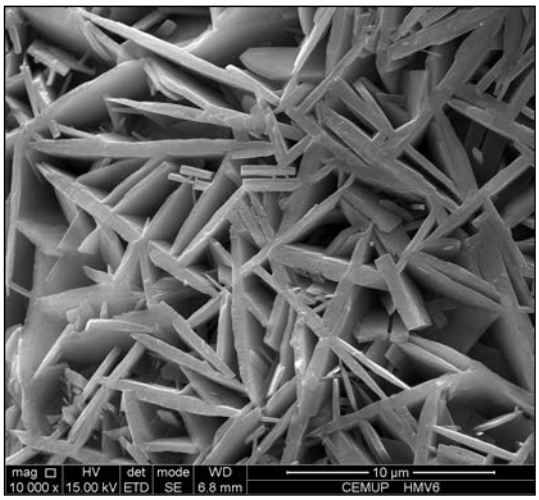
a) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais compacta



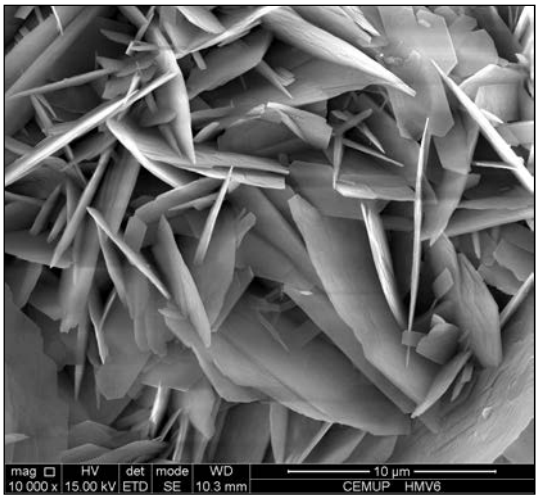
b) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais aberta



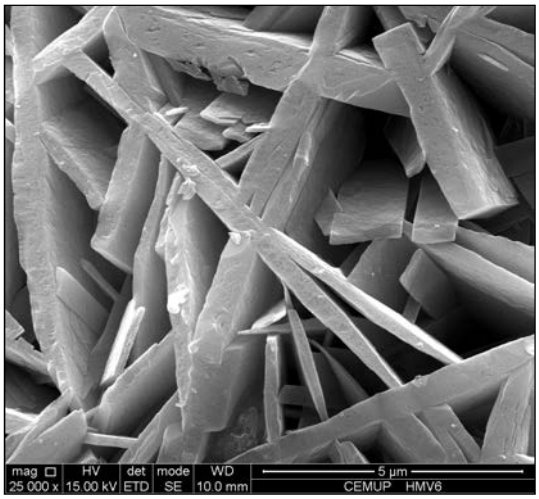
c) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais aberta



d) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais aberta

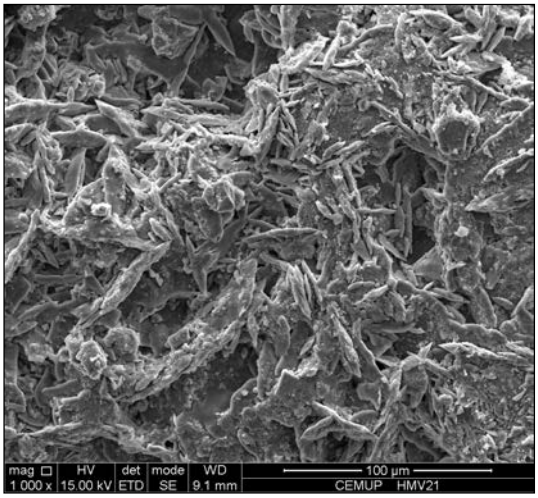


e) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais compacta

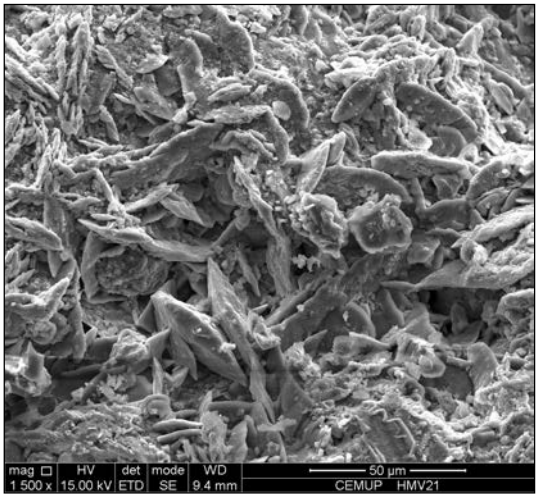


f) HMV 06 – Gesso – Rosas do deserto – Zona mais aberta

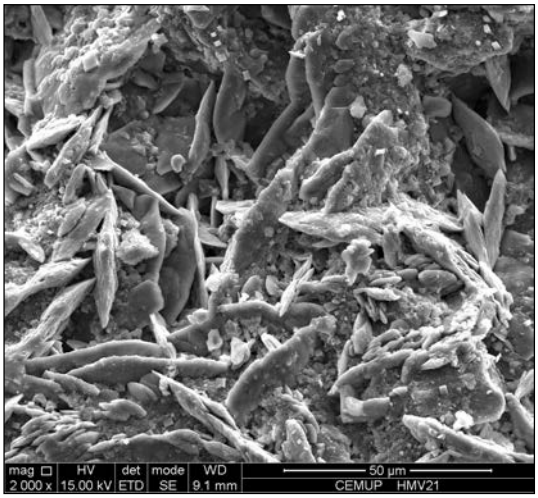
Figura 6.29 – Crosta negra HMV 06 – Gesso sob a forma de cristais lamelares – Aspectos das rosas do deserto – Zonas mais compactas e zonas mais abertas – Imagens obtidas por MEV.



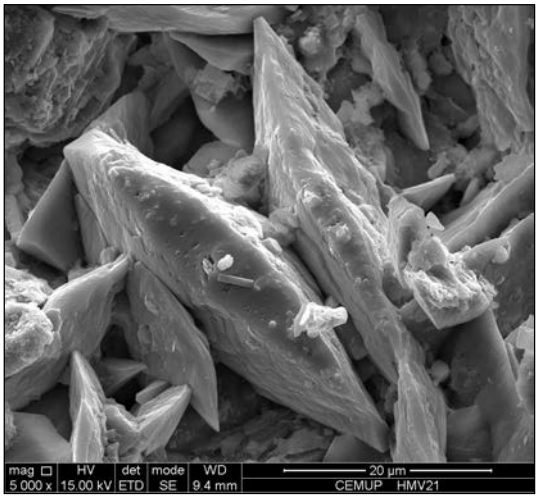
a) HMV 21 – Gesso – Rosas do deserto



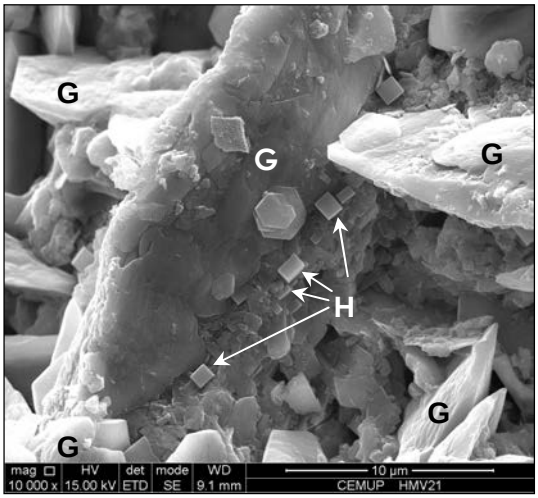
b) HMV 21 – Gesso – Rosas do deserto



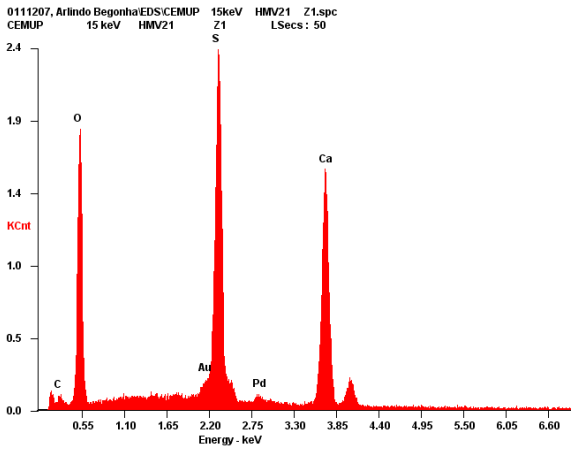
c) HMV 21 – Gesso – Rosas do deserto



d) HMV 21 – Gesso – Cristais em forma de ponta de lança

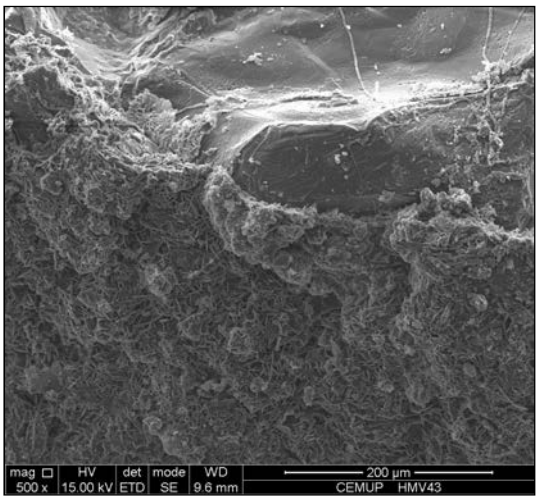


e) HMV 21 – Gesso (G) – Cristais em forma de ponta de lança e lamelares com hábito pseudo-hexagonal; Halite (H) – pequenos cristais cúbicos

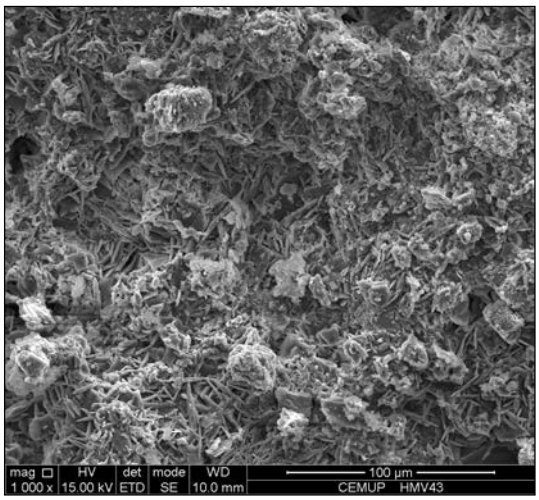


f) HMV 21 – Gesso – Espectro

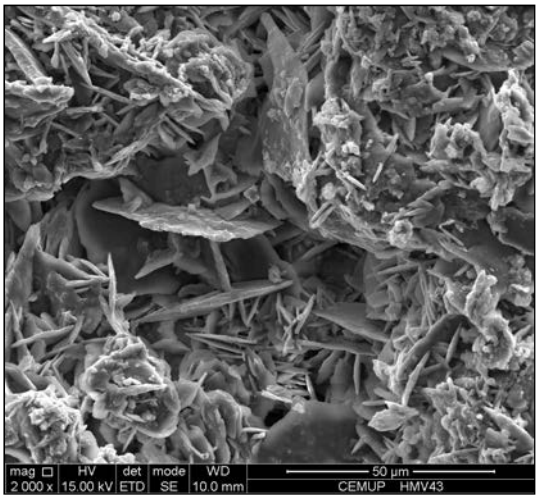
Figura 6.30 – Crosta negra HMV 21 – Gesso – Diferentes aspectos das rosas do deserto – Cristais em forma de ponta de lança e lamelares com hábito pseudo-hexagonal – Imagens obtidas por MEV.



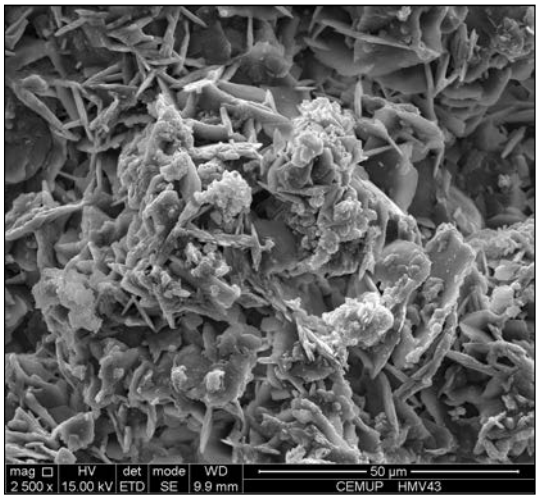
a) HMV 43 – Crosta negra revestindo cristal de quartzo do granito



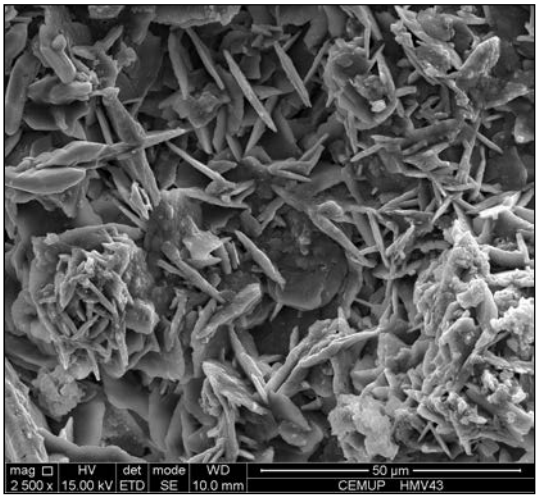
b) HMV 43 – Gesso – Rosas do deserto



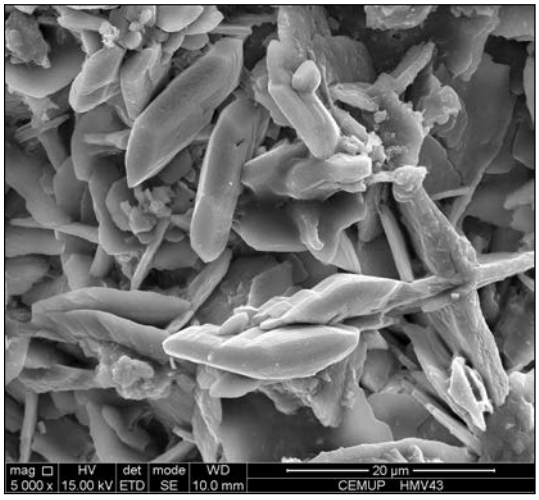
c) HMV 43 – Gesso – Rosas do deserto



d) HMV 43 – Gesso – Rosas do deserto

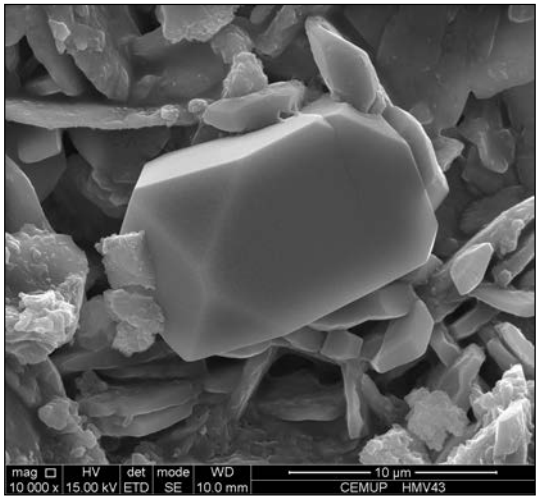


e) HMV 43 – Gesso – Rosas do deserto

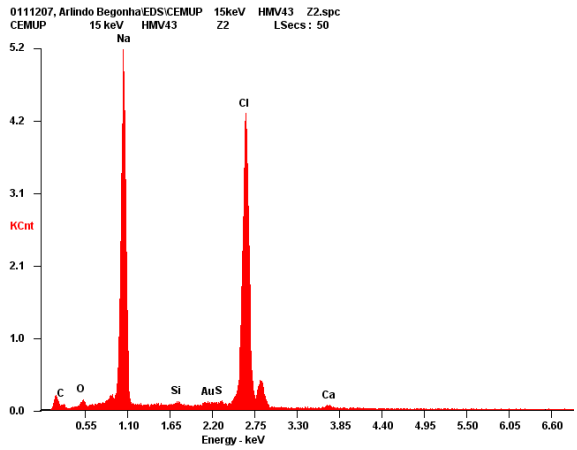


f) HMV 43 – Gesso – Cristais tabulares e lamelares

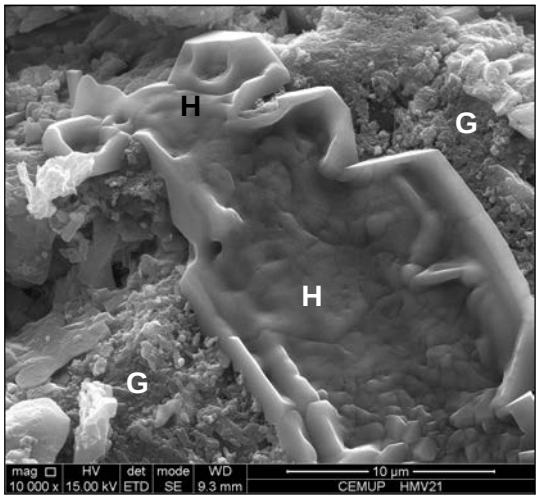
Figura 6.31 – Crosta negra HMV 43 – Gesso – Diferentes aspectos das rosas do deserto – Cristais tabulares e lamelares – Imagens obtidas por MEV.



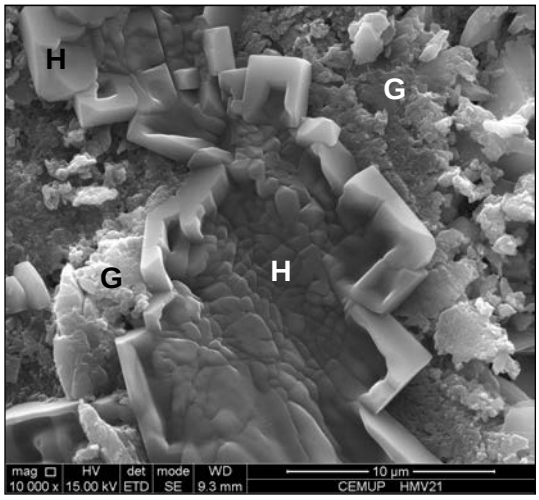
a) HMV 43 – Halite – Cristal com as formas simples cubo+octaedro sobre gesso



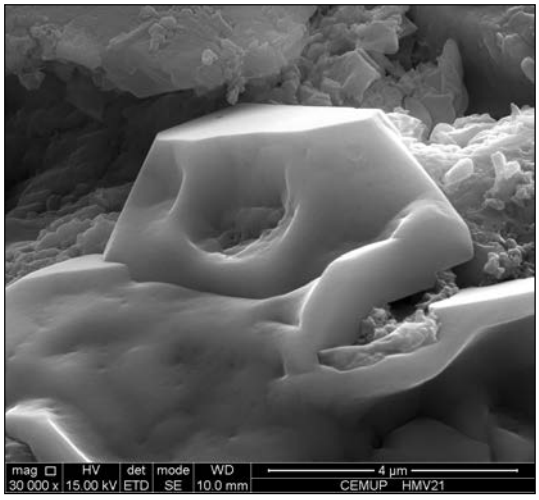
b) HMV 43 – Halite – Espectro



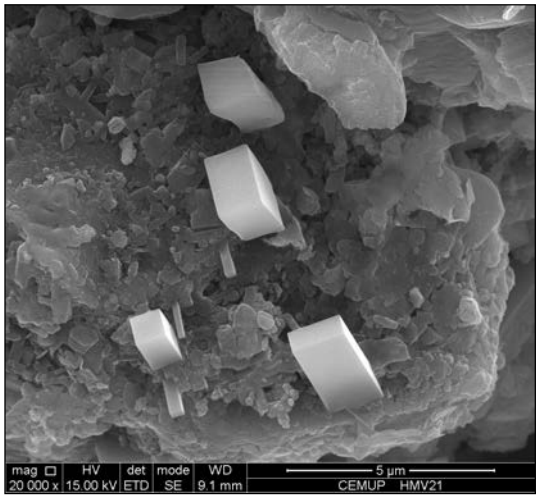
c) HMV 21 – Halite (H) sobre gesso (G)



d) HMV 21 – Halite (H) sobre gesso (G)

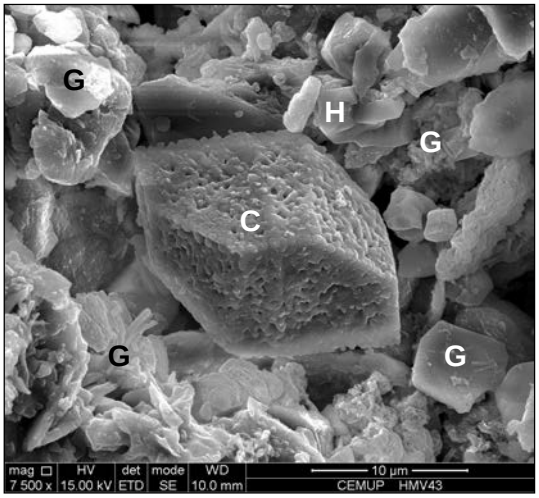


e) HMV 21 – Halite sobre gesso

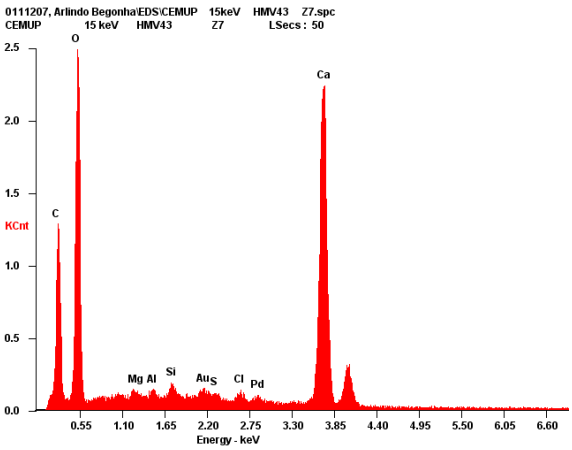


f) HMV 21 – Halite – Cubos sobre gesso

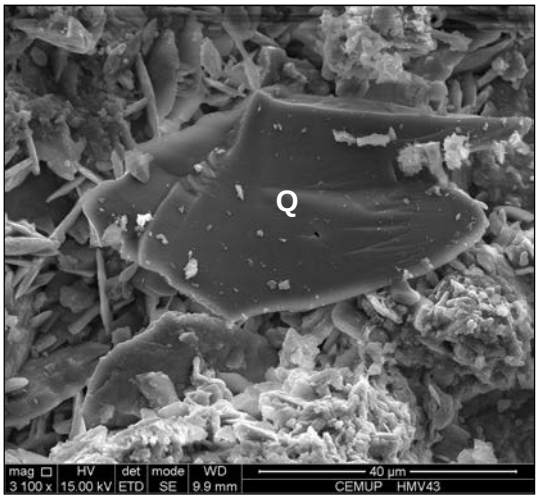
Figura 6.32 – Crostas negras – Halite – Cristais euédricos com as formas simples cubo+octaedro ou cubo e cristais com figuras de dissolução – Imagens e espectro obtidos por MEV.



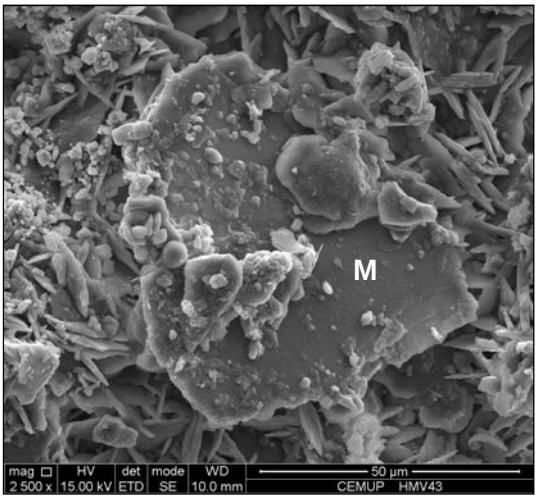
a) HMV 43 – Cristal de calcite (C) e cristais de halite (H) sobre gesso (G)



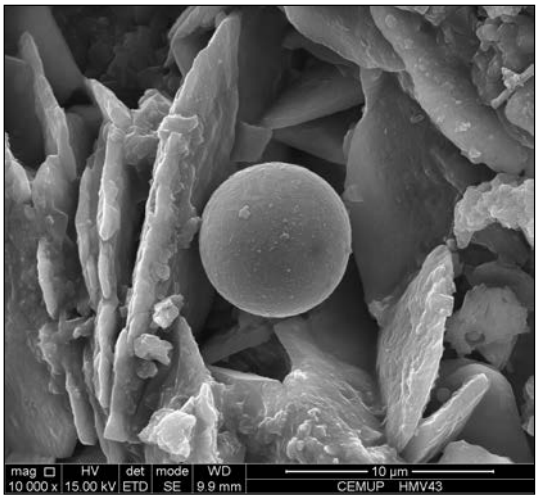
b) HMV 43 – Calcite – Espectro



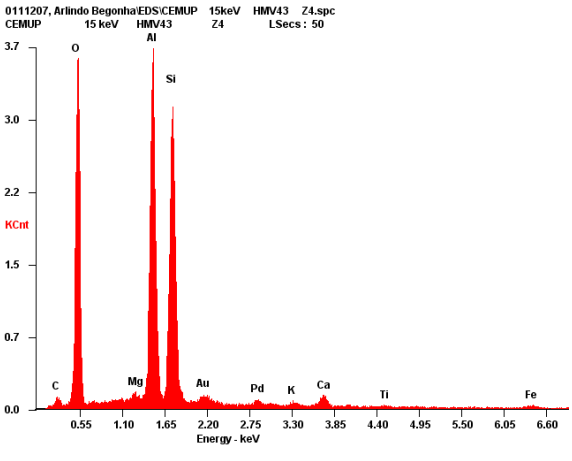
c) HMV 43 – Poeira silicatada de quartzo (Q) entre cristais de gesso



d) HMV 43 – Poeira silicatada de moscovite (M) entre cristais de gesso



e) HMV 43 – Cinza volante de superfície lisa, rica em silício e alumínio, entre cristais de gesso



f) HMV 43 – Cinza volante de superfície lisa, rica em silício e alumínio – Espectro

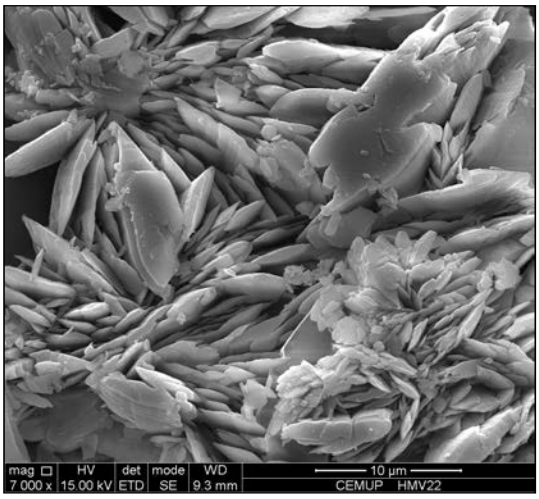
Figura 6.33 – Crosta negra HMV 43 – Calcite, halite, poeiras silicatadas e cinza volante de superfície lisa – Imagens e espectros obtidos por MEV.

6.1.5. MATERIAL PULVERULENTO SOB AS CROSTAS NEGRAS

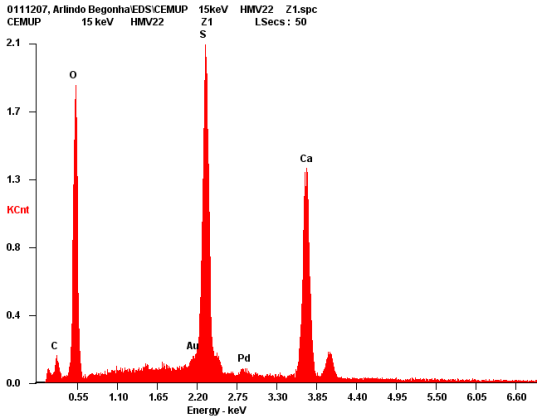
O gesso foi o único mineral de sal solúvel identificado. Surge em grande quantidade, sendo responsável pela desagregação granular que ocorre sob as crostas negras. Exibe-se como cristais em forma de ponta de lança (Figuras 6.34a, 6.34c e 6.35c), cristais lamelares (Figuras 6.34d, 6.35a, 6.35b e 6.35c), cristais lamelares com hábito pseudo-hexagonal (Figuras 6.34d, 6.35a e 6.35b) e cristais anédricos com figuras de dissolução (Figura 6.35d). O gesso por vezes forma uma camada contínua que reveste os minerais constituintes do granito de grão fino (Figuras 6.35e e 6.35f).

Não se observou actividade biológica na amostra.

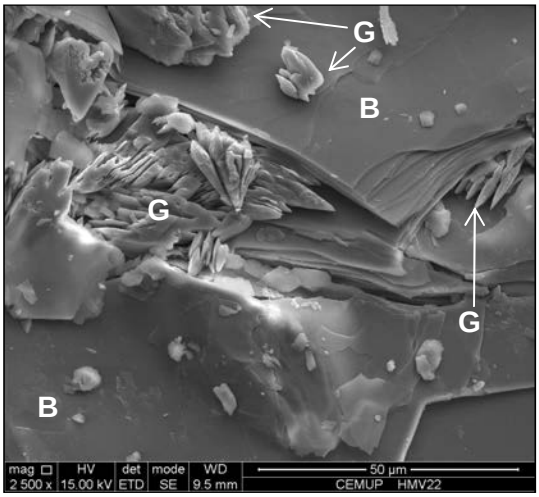
A caulinite foi identificada na amostra HMV 22 (Figura 6.35b).



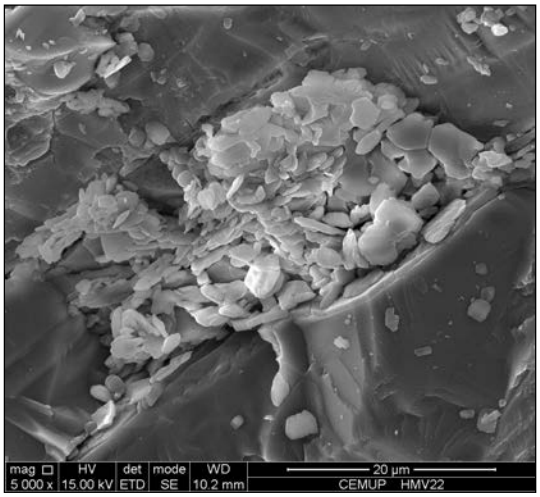
a) HMV 22 – Gesso sobre biotite



b) HMV 22 – Gesso – Espectro

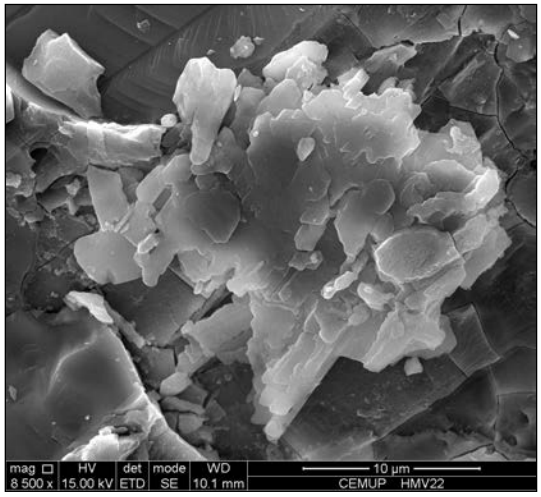


c) HMV 22 – Gesso (G) entre os planos de clivagem da biotite (B), deformando-os

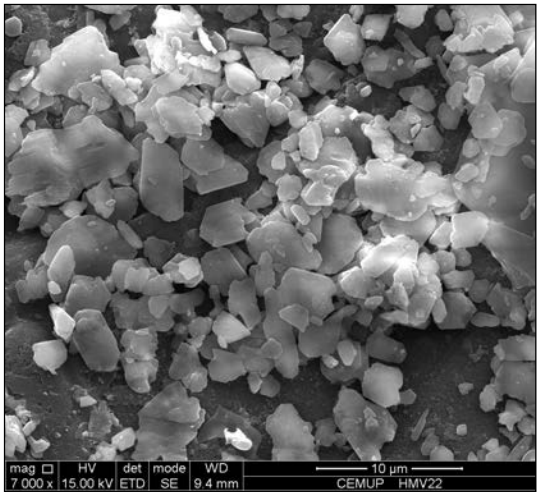


d) HMV 22 – Gesso sobre plagióclase sódica

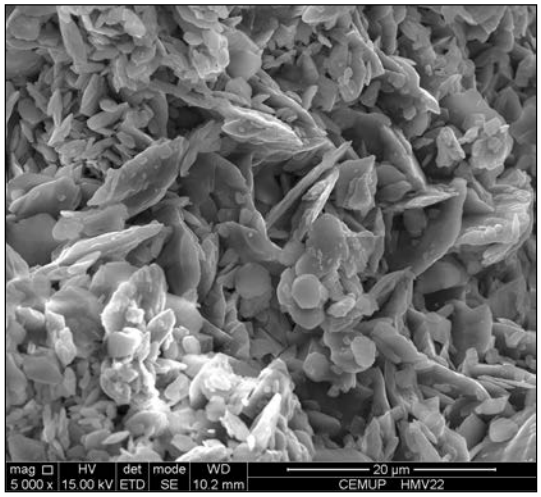
Figura 6.34 – Material pulverulento HMV 22 – Gesso – Cristais lamelares, em forma de ponta de lança e lamelares com hábito pseudo-hexagonal – Imagens e espectro obtidos por MEV.



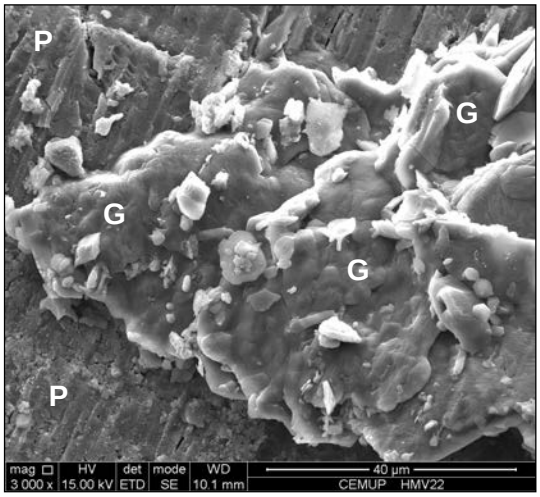
a) HMV 22 – Gesso sobre plagióclase sódica



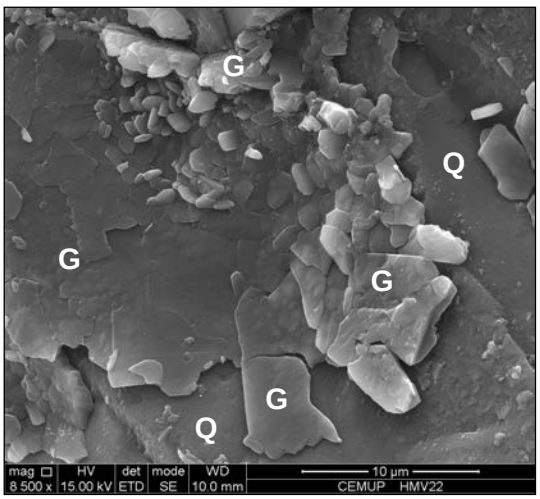
b) HMV 22 – Gesso sobre caulinite



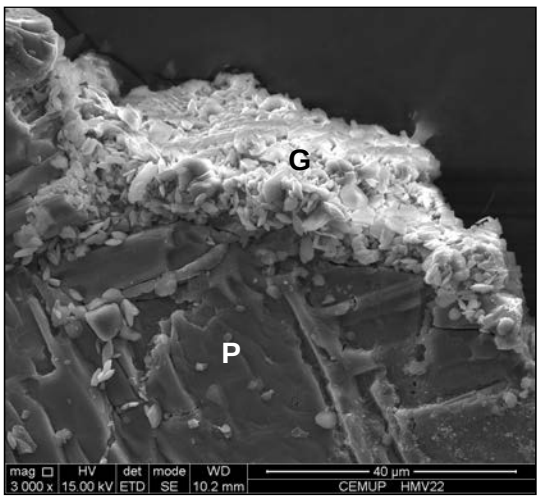
c) HMV 22 – Grão constituído unicamente por gesso



d) HMV 22 – Gesso (G) sobre plagióclase sódica (P)



e) HMV 22 – Gesso (G) sobre quartzo (Q)



f) HMV 22 – Gesso (G) sobre plagióclase sódica (P)

Figura 6.35 – Material pulverulento HMV 22 – Gesso – Cristais lamelares, lamelares com hábito pseudo-hexagonal, em forma de ponta de lança e anédricos com figuras de dissolução – Imagens obtidas por MEV.

6.1.6. EFLORESCÊNCIAS PULVERULENTAS

As duas eflorescências pulverulentas estudadas têm origens diferentes. A amostra HMV 05 bordeja as crostas negras na superfície horizontal da cornija existente sob o frontão, em local onde a água da chuva chega por capilaridade, mas não incide directamente. A eflorescência HMV 18 resulta da lixiviação dos depósitos de guano dos pombos.

O Quadro 6.6 apresenta os minerais de sais solúveis identificados por MEV nas eflorescências pulverulentas.

Quadro 6.6 – Eflorescências pulverulentas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

Deterioração	Localização	Amostra	Minerais de sais solúveis
Eflorescências pulverulentas	Friso sob o frontão	HMV 05	Gesso + brushite + calcite
	Friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares	HMV 18	Brushite + gesso + oxalato de cálcio

As Figuras 6.36 a 6.38 apresentam os mineras de sais solúveis identificados na eflorescência HMV 05, formada essencialmente por mistura pulverulenta de pequenos cristais de gesso e de brushite (Figuras 6.36 e 6.37) e, em menor quantidade, por agregados compactos de cristais de calcite (Figura 6.38).

De um modo geral, não é possível através do MEV distinguir na amostra HMV 05 os cristais de gesso dos de brushite, uma vez que os mesmos se encontram misturados e são de pequena dimensão (Figuras 6.36a, 6.36c, 6.36d, 6.37a, 6.37c e 6.38). Todavia, por vezes é possível distinguir os minerais referidos: o gesso (Figuras 6.36e, 6.37a e 6.37e) e a brushite (Figuras 6.37a, 6.37b, 6.37c e 6.37e).

A eflorescência aparece como um conjunto de cristais lamelares formando rosas do deserto (Figuras 6.36a e 6.36e), como um agregado pulverulento de cristais granulados (Figura 6.36c) ou com aspecto atípico (Figuras 6.36c, 6.36e, 6.37a e 6.37c).

A calcite surge sob a forma de agregados compactos de cristais subédricos que se destacam dos cristais de gesso e dos de brushite pelas suas maiores dimensões (Figura 6.38).

Não foi detectada actividade biológica fúngica ou outra.

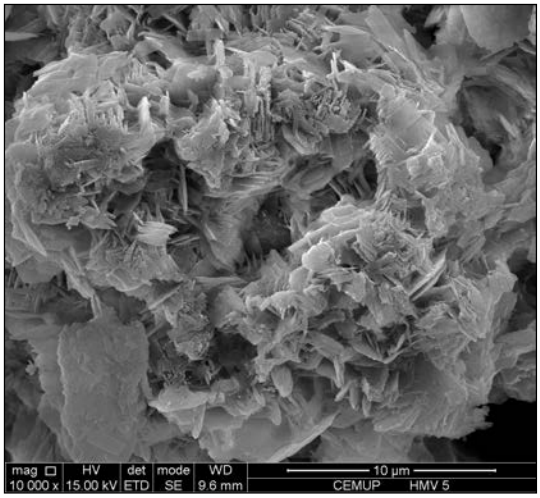
As Figuras 6.39 a 6.41 apresentam os mineras de sais solúveis visualizados na eflorescência HMV 18, basicamente constituída por brushite, algum gesso e raros cristais de oxalato de cálcio de pequena dimensão, os últimos associados a actividade biológica fúngica.

A brushite é o mineral dominante e aparece como cristais tabulares com faces pouco definidas (Figuras 6.39a, 6.39c, 6.39d e 6.39e) ou como um material aparentemente mal cristalizado (Figuras 6.39f, 6.40a e 6.40b). Nesta última situação, detectou-se sempre a presença de enxofre, mas não do gesso.

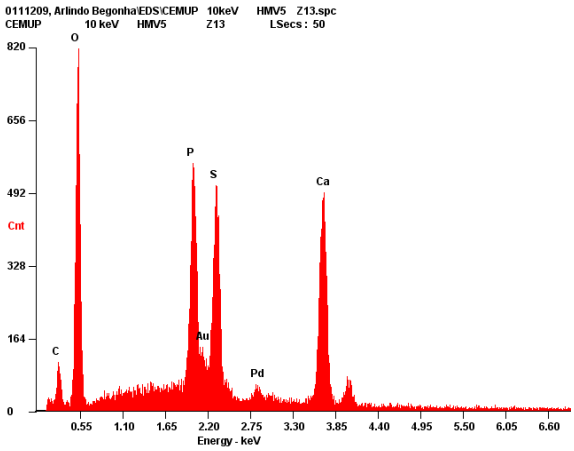
O gesso exibe-se como cristais lamelares (Figura 6.40c), cristais em forma de ponta de lança (Figura 6.40c), cristais subédricos com figuras de dissolução (Figuras 6.40e e 6.40f) ou cristais anédricos (Figura 6.41c).

Os cristais de oxalato de cálcio são subédricos, de pequena dimensão e estão associados a actividade biológica (Figuras 6.41a e 6.41c).

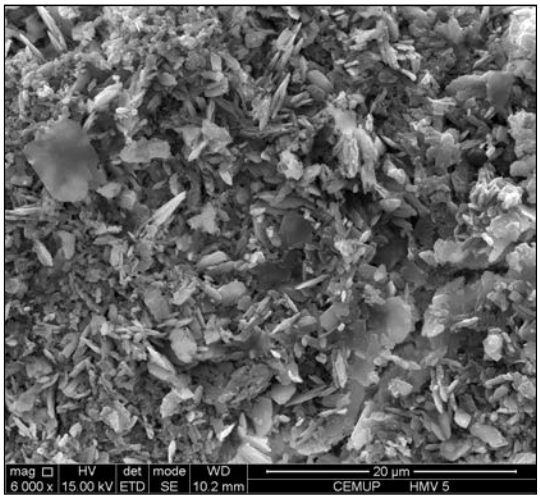
A actividade biológica fúngica não é generalizada, mas pode formar um filme biológico que recobre localmente os minerais constituintes do granito (Figura 6.41d).



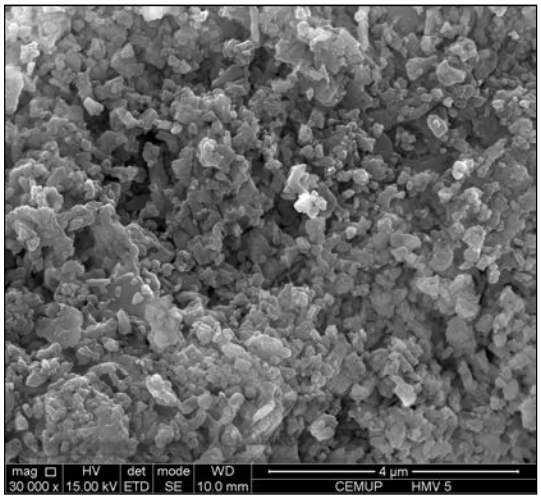
a) HMV 05 – Gesso e brushite misturados, formando rosas do deserto



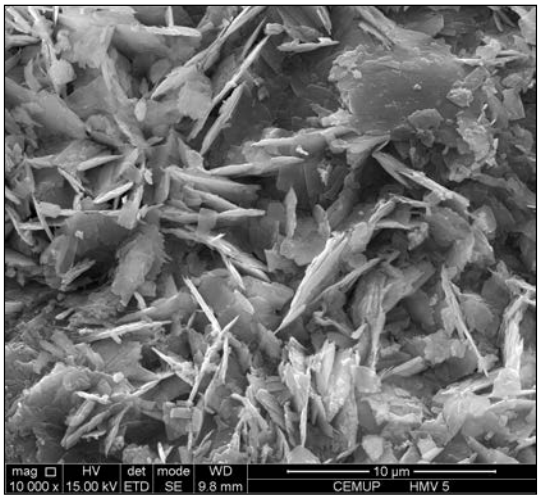
b) HMV 05 – Mistura de gesso e brushite – Espectro global



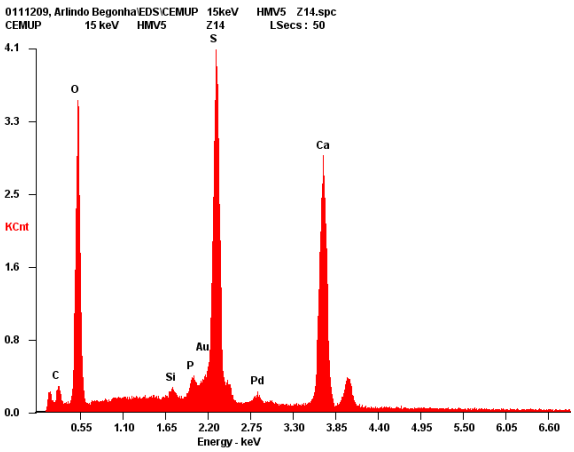
c) HMV 05 – Aspecto lamelar – Gesso e brushite misturados



d) HMV 05 – Aspecto geral mais granulado – Gesso e brushite misturados

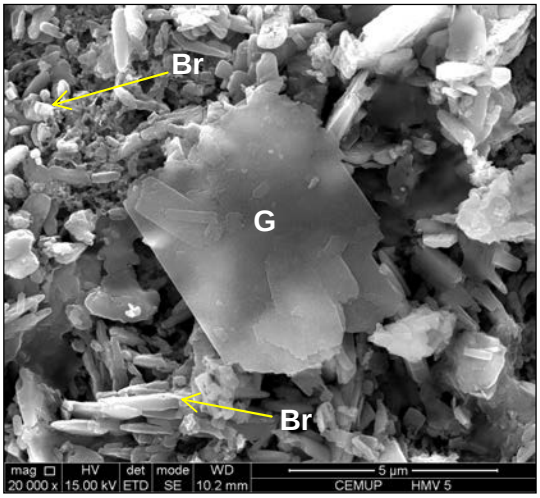


e) HMV 05 – Gesso – Cristais lamelares

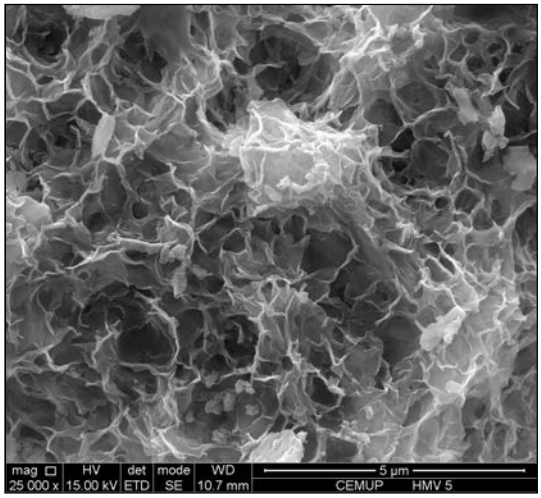


f) HMV 05 – Gesso – Espectro

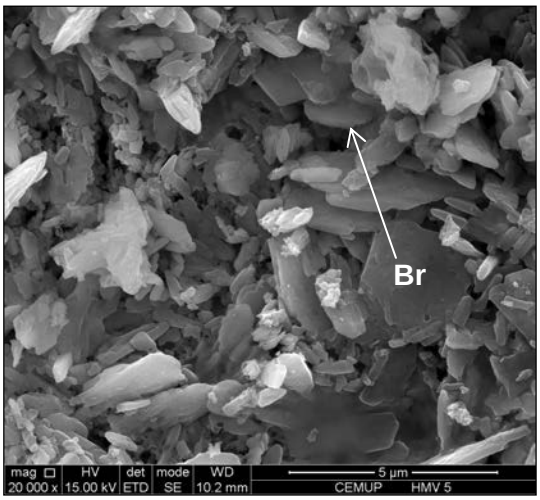
Figura 6.36 – Eflorescência pulverulenta HMV 05 – Aspecto geral, mistura de cristais gesso e de brushite – Imagens, espectro da mistura e espectro do gesso obtidos por MEV.



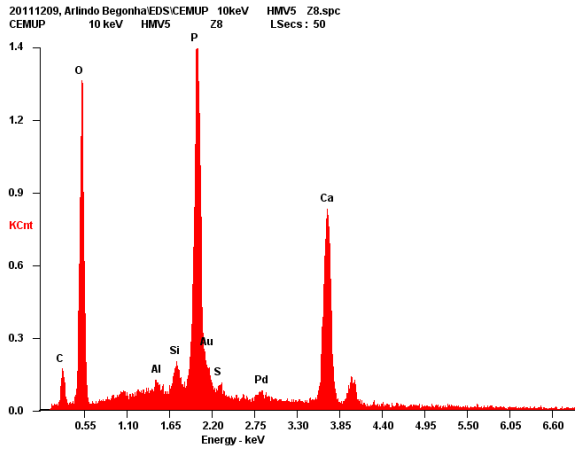
a) HMV 05 – Cristal lamelar de gesso (G) entre mistura de cristais de gesso e de brushite (Br)
Ampliação da Figura 6.36c



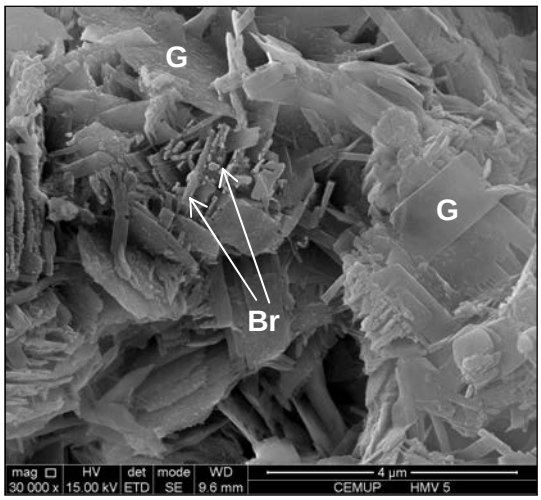
b) HMV 5 – Brushite



c) HMV 05 – Aspecto lamelar – Gesso e brushite (Br) misturados – Ampliação da Figura 6.36c

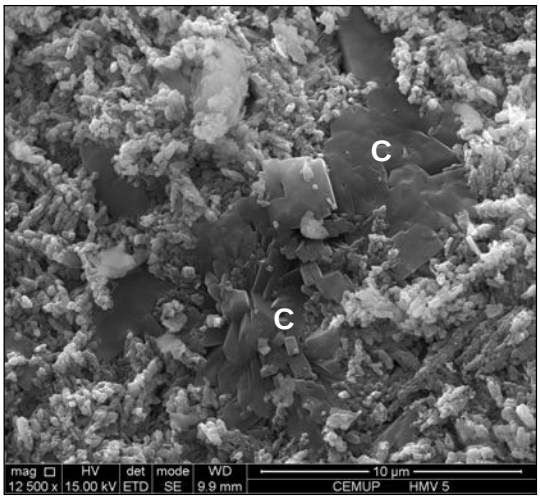


d) HMV 05 – Brushite – Espectro

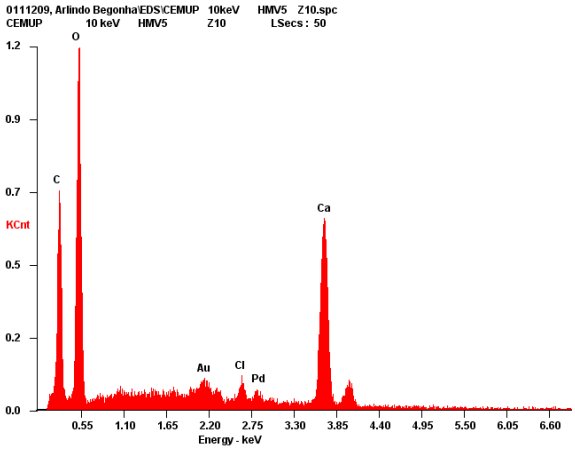


e) HMV 05 – Gesso G) e brushite (Br) misturados, formando rosas do deserto – Ampliação da Figura 6.36a

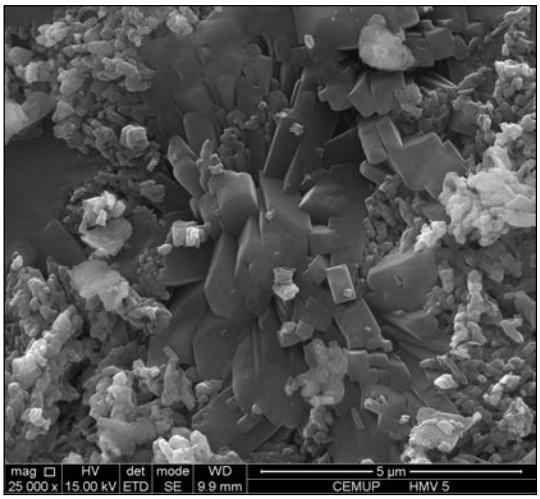
Figura 6.37 – Eflorescência pulverulenta HMV 05 – Gesso, brushite e mistura de cristais de gesso e de brushite – Imagens e espectro da brushite obtidos por MEV.



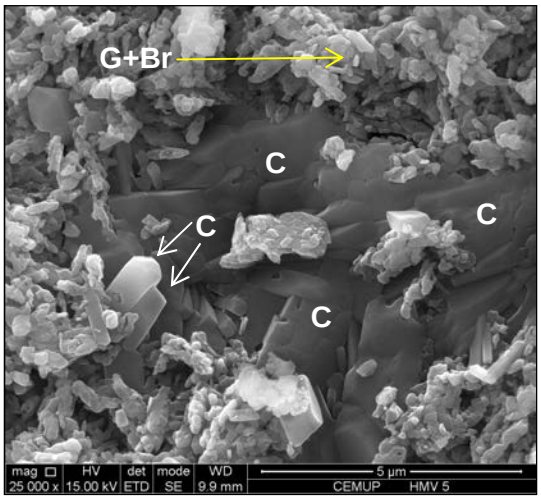
a) HMV 05 – Cristais de calcite (C) entre mistura de cristais de gesso e de brushite



b) HMV 05 – Calcite – Espectro



c) HMV 05 – Cristais de calcite entre mistura de cristais de gesso e de brushite – Ampliação da Figura 6.38a



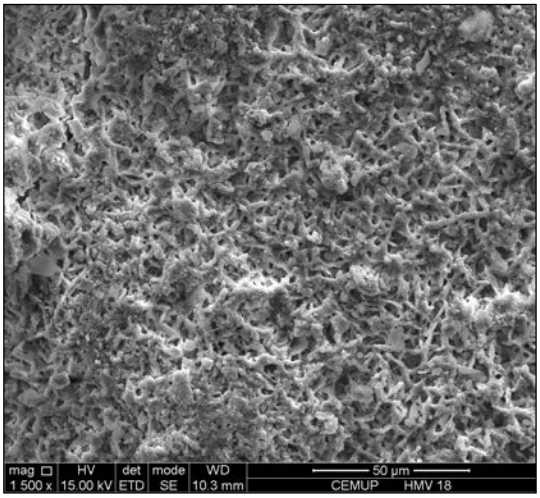
d) HMV 05 – Cristais de calcite (C) entre mistura de cristais de gesso e de brushite (G+Br)

Figura 6.38 – Eflorescência pulverulenta HMV 05 – Calcite e mistura de cristais de gesso e de brushite – Imagens e espectro da calcite obtidos por MEV.

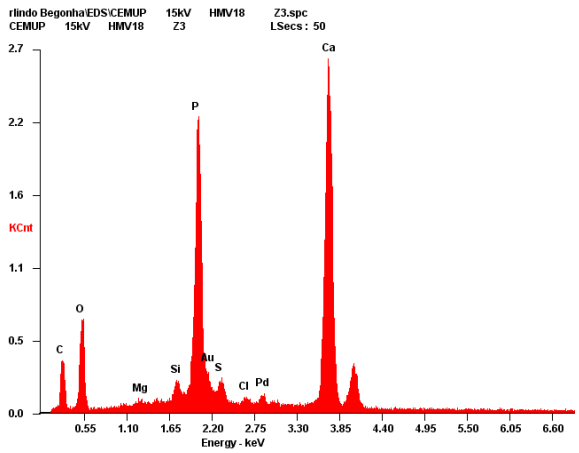
A brushite foi identificada anteriormente na Igreja do Convento de São Gonçalo, em Amarante (Begonha, 2004b) e na Igreja da Lapa, no Porto (Begonha, 2005).

Estudos anteriores realizados em São Gonçalo de Amarante (Castro *et al*., 1991; Cravo, 1995) mostraram que os dejectos de pombos são ricos em fosfatos, nitratos, sulfatos, potássio, cloretos e sais de amónio e que os mesmos aumentam o tempo de retenção da humidade.

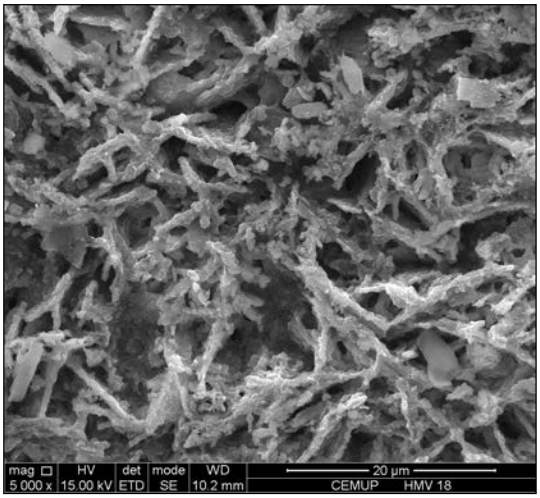
Para além disso, Begonha (2004b, 2005) refere que, na Igreja do Convento de São Gonçalo e na Igreja da Lapa, os estudos mineralógicos das pedras afectadas por desagregação granular, plaquetas e eflorescências mostraram a presença de teores invulgarmente elevados de dois tipos de sais: fosfatos e nitratos que cristalizam sob a forma de brushite, niter (KNO_3) e nitratite, respectivamente.



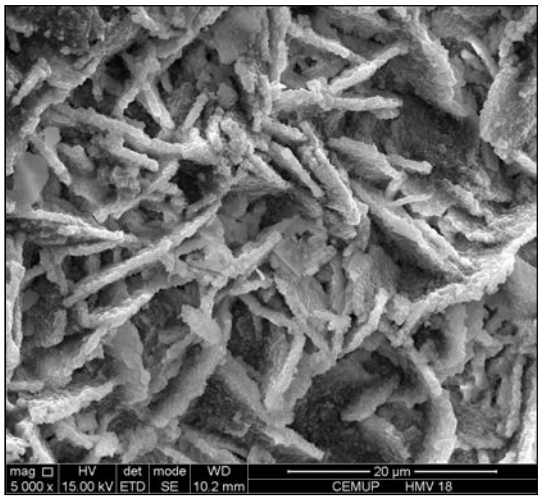
a) HMV 18 – Brushite – Cristais lamelares



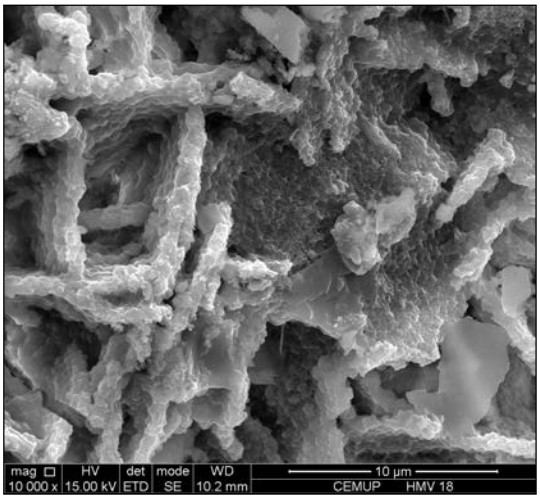
b) HMV 18 – Brushite – Espectro



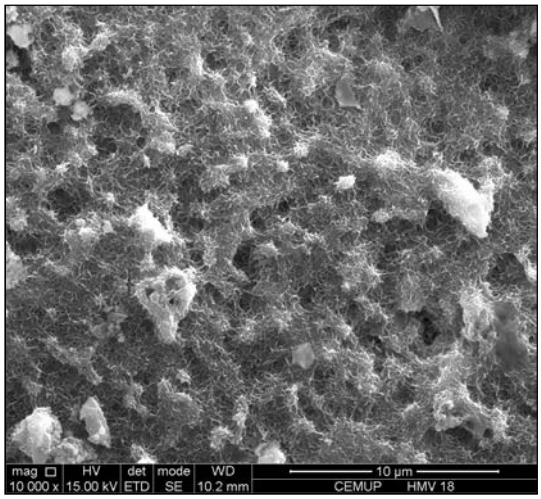
c) HMV 18 – Brushite – Cristais lamelares



d) HMV 18 – Brushite – Cristais lamelares

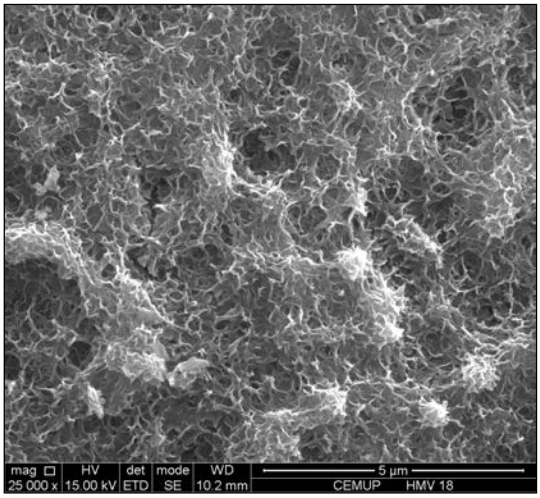


e) HMV 18 – Brushite – Cristais lamelares

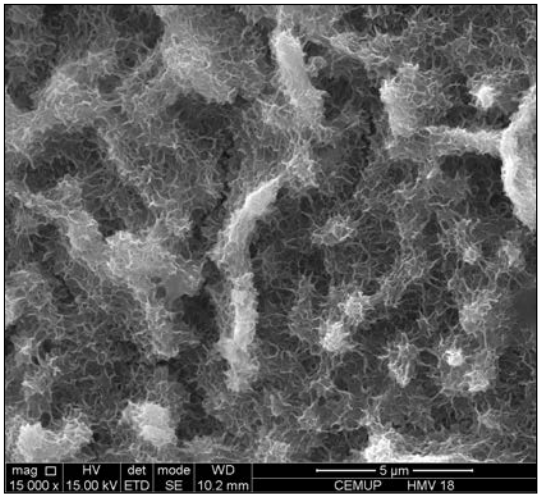


f) HMV 18 – Brushite sob a forma de material aparentemente mal cristalizado

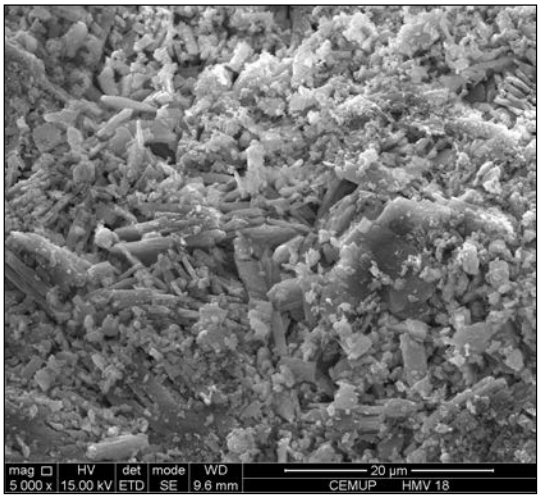
Figura 6.39 – Eflorescência pulverulenta HMV 18 – Aspecto geral e de brushite – Imagens e espectro da brushite obtidos por MEV.



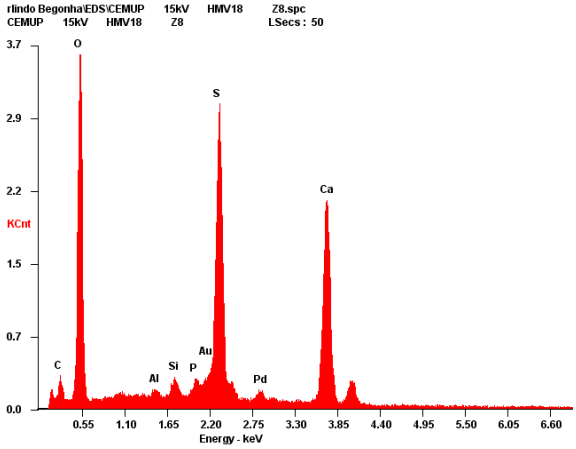
a) HMV 18 – Brushite sob a forma de material aparentemente mal cristalizado – Ampliação da Figura 6.39f



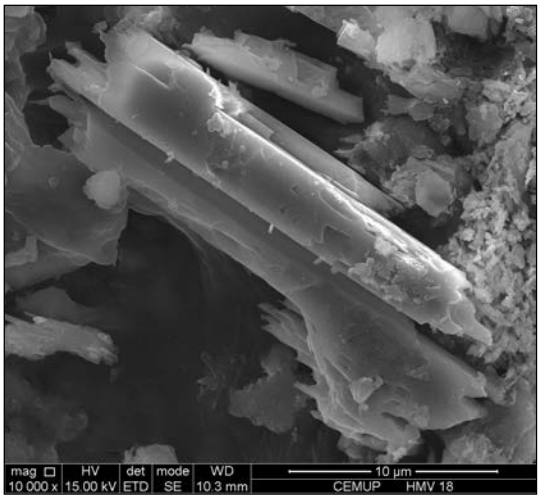
b) HMV 18 – Brushite sob a forma de material aparentemente mal cristalizado



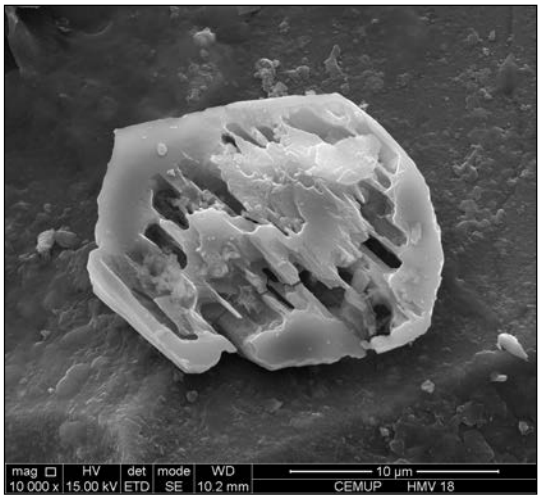
c) HMV 18 – Gesso



d) HMV 18 – Gesso – Espectro

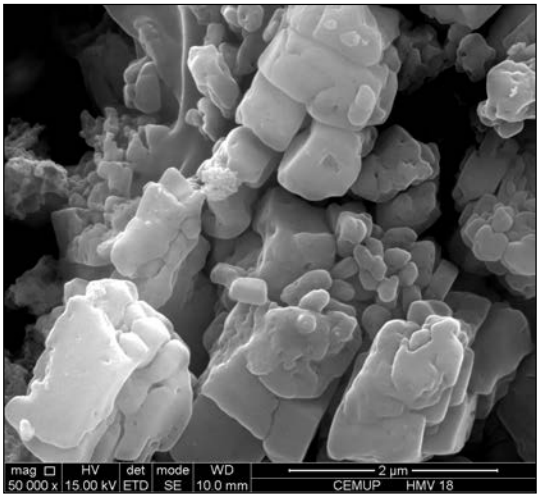


e) HMV 18 – Gesso

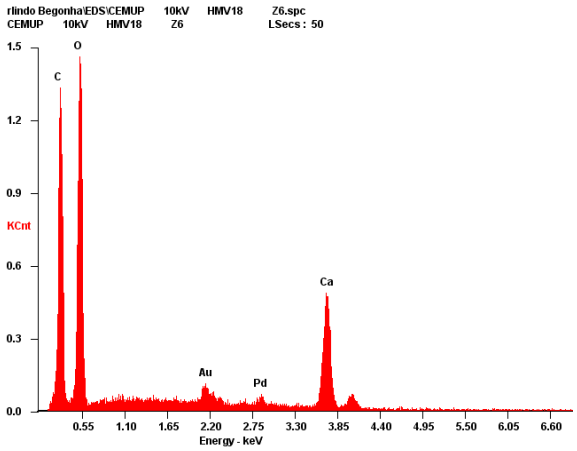


f) HMV 18 – Gesso sobre quartzo

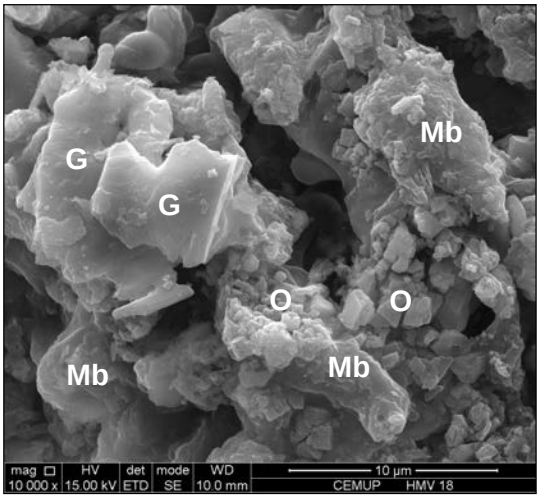
Figura 6.40 – Eflorescência pulverulenta HMV 18 – Brushite e gesso – Imagens e espectro do gesso obtidos por MEV.



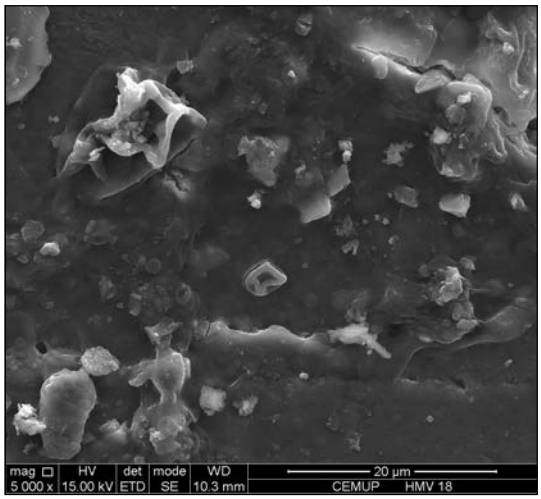
a) HMV 18 – Oxalato de cálcio



b) HMV 18 – Oxalato de cálcio – Espectro



c) HMV 18 – Gesso (G) e oxalato de cálcio (O) entre material biológico (Mb)



d) HMV 18 – Material biológico formando um filme sobre os minerais constituintes do granito

Figura 6.41 – Eflorescência pulverulenta HMV 18 – Oxalato de cálcio, gesso e material biológico – Imagens e espectro do oxalato de cálcio obtidos por MEV.

Assim, para o mesmo autor, os elevados teores em fosfatos e nitratos nas zonas abaixo das cornijas dos dois monumentos não podem ser atribuídos nem à composição original das águas da chuva (ricas em cloretos, sulfatos e hidrogenocarbonato, mas pobres em fosfatos e nitratos – Begonha *et al*., 1996) nem à das soluções salinas provenientes do solo, uma vez que a franja capilar não atinge cotas tão elevadas, tal como sucede com a eflorescência HMV 18 no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo. A origem principal destes dois tipos de sais encontra-se nos dejectos de pombos, depositados em grande quantidade nas superfícies superiores das cornijas. A lixiviação dos dejectos pela chuva, modifica a composição química da mesma, enriquecendo-a em fosfatos e nitratos.

6.1.7. FILME CASTANHO CLARO

A placa HMV 02 apresenta a sua face exterior recoberta por um filme de cor castanha clara que foi analisado por MEV, não tendo sido observado qualquer mineral de sal solúvel.

O filme tem frequentemente espessura inferior a 1 μm (Figuras 6.42a, 6.42b, 6.42c e 6.42e), não é contínuo (Figuras 6.42a, 6.42b e 6.42c), é rico em ferro, chumbo, alumínio e fósforo (Figura 6.42d), mas não é quimicamente homogéneo, dado que alguns pontos têm maiores quantitativos num ou noutro destes quatro elementos. Quando observado a maiores ampliações, aparenta um aspecto granulado (Figura 6.42e). Na sua composição parece haver uma contribuição orgânica variável de ponto para ponto, verificando-se um pequeno aumento em carbono relativamente ao substrato pétreo. Observou-se alguma actividade biológica de algas, nomeadamente diatomáceas (Figura 6.42f).

6.1.8. FILME CASTANHO ESCURO

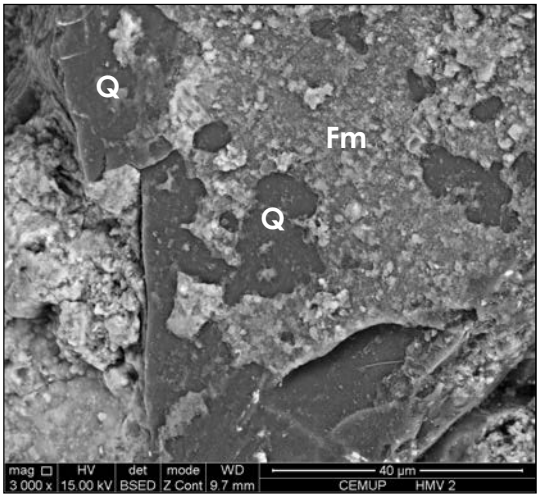
A placa HMV 47 apresenta a sua face exterior recoberta por um filme de cor castanha escura que foi analisado por MEV. O filme tem composição e aspectos heterogéneos, havendo zonas mais lisas com composições diversas em que aparecem quantitativos significativos de chumbo, fósforo, bário, ferro e cloro e zonas mais rugosas, ricas em carbono, formadas por um filme e material biológico.

As Figuras 6.43 a 6.45 mostram aspectos diferenciados do filme castanho, sendo visíveis, nas Figuras 6.43a (imagem obtida com electrões secundários) e 6.43b (mesma imagem, mas obtida com electrões rectrodifundidos), o aspecto das zonas lisas e rugosas do filme. As zonas lisas aparecem em tons mais claros quando a amostra é observada em electrões rectrodifundidos devido ao número atómico mais elevado dos elementos químicos que as compõem. Quanto maior o número atómico dos elementos químicos que compõem uma partícula ou área, mais brilhante ela se mostra quando observada por electrões rectrodifundidos.

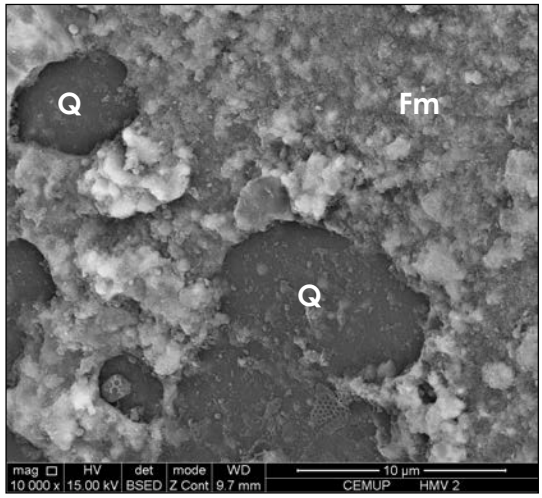
As Figuras 6.43c e 6.43d são ampliações respectivamente das Figuras 6.43a e 6.43b da zona lisa. Assim, como facilmente se pode constatar na Figura 6.43d (obtida com electrões rectrodifundidos), a zona lisa não é homogénea, exibindo diferentes tons claros que traduzem contraste do número atómico. As zonas mais escuras apresentam teores mais elevados em fósforo (zona onde se assinalou o espectro Z6). As zonas de brilho intermédio são mais ricas em ferro e fósforo (zona do espectro Z7). As zonas mais brilhantes (onde se assinalam os espectros Z8 e Z9) correspondem a zonas em que há sulfato de bário, a barite ($BaSO_4$). No caso presente, o bário foi parcialmente substituído por estrôncio, conforme se pode verificar no espectro da Figura 6.43e. A Figura 6.43f mostra uma área lisa do filme, rica nos elementos químicos fósforo, chumbo, cálcio, cloro e sódio.

As Figuras 6.44a e 6.44b exibem uma mesma zona, mas observada, respectivamente, com electrões secundários e rectrodifundidos, sendo bem patentes as zonas lisas e as rugosas. As últimas apresentam-se revestidas de material biológico de número atómico baixo e correspondem às zonas escuras da Figura 6.44b. Aspectos diferentes do material biológico podem ser observados nas Figuras 6.44c, 6.44e, 6.44f e 6.45a (fungos), bem como na Figura 6.45b (algas diatomáceas). O espectro das zonas rugosas revela quantitativos elevados de carbono (espectro Z10 da Figura 6.44d).

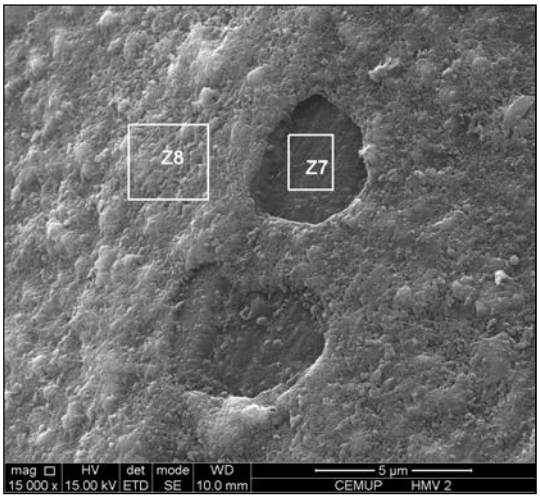
Nas zonas rugosas, formadas por material biológico, observaram-se, em determinados pontos, cristais de oxalato de cálcio, subédricos e de pequenas dimensões (Figuras 6.45c, 6.45d e 6.45f). Na Figura 6.45d, igual à Figura 6.45c, mas obtida com electrões rectrodifundidos, observam-se vários pontos e partículas brilhantes, ricas em chumbo e fósforo, elementos que aparecem no espectro do oxalato de cálcio (Figura 6.45e). Na Figura 6.45f, igualmente obtida com electrões rectrodifundidos, as zonas brilhantes nebulosas correspondem a pontos constituídos por barite e as mais brilhantes, mais bem definidas e de menor dimensão, a zonas ricas em chumbo e fósforo.



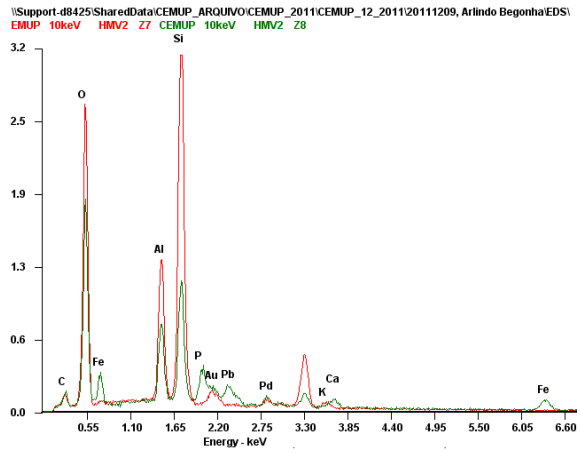
a) HMV 02 – Aspecto do filme (Fm) descontínuo sobre quartzo (Q) – Imagem obtida em electrões rectrodifundidos



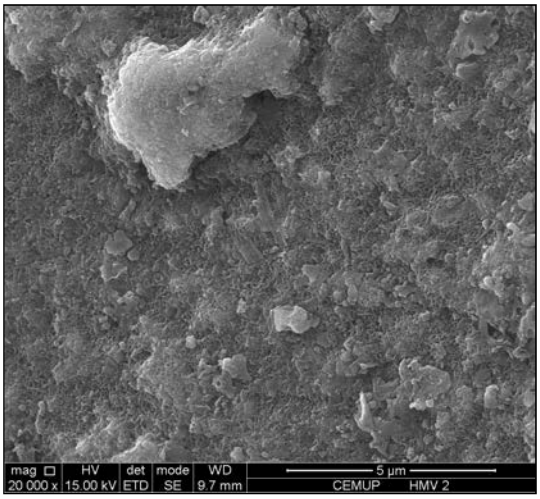
b) HMV 02 – Aspecto do filme (Fm) descontínuo sobre quartzo (Q) – Imagem obtida em electrões rectrodifundidos – Ampliação da Figura 6.42a



c) HMV 02 – Aspecto do filme (espectro Z8) descontínuo sobre feldspato potássico (espectro Z7)



d) HMV 02 – Sobreposição dos espectros Z7 (feldspato potássico) e Z8 (filme)

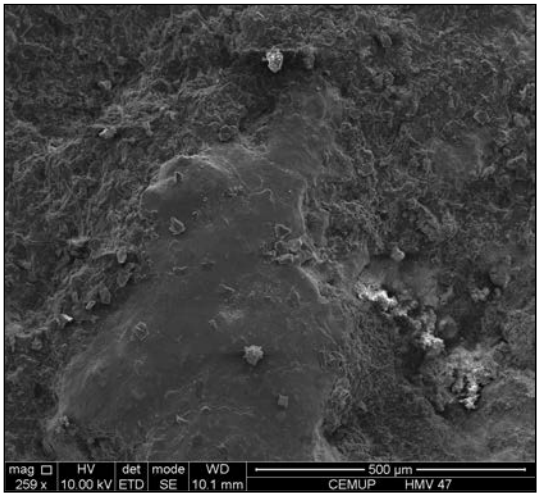


e) HMV 02 – Aspecto do filme

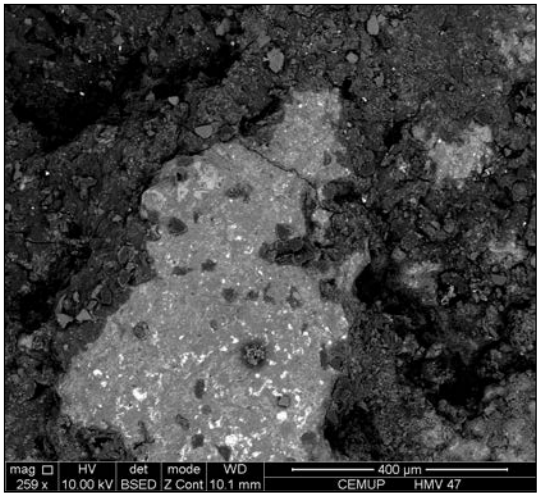


f) HMV 02 – Fragmentos de diatomáceas sobre o filme

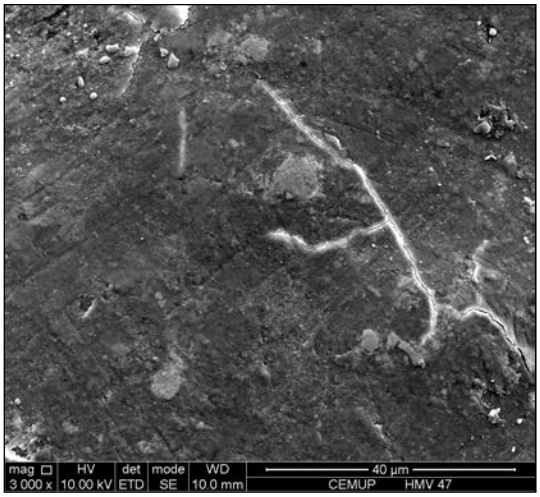
Figura 6.42 – Filme castanho claro – Aspecto e espectro pontual do filme – Imagens e espectros obtidos por MEV.



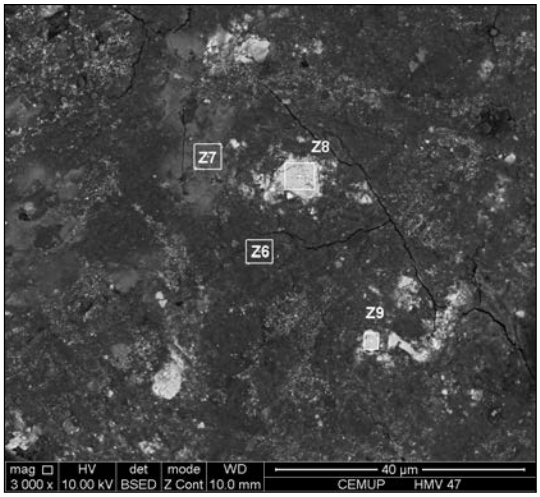
a) HMV 47 – Aspecto geral do filme – Zonas lisa e rugosa – Electrões secundários



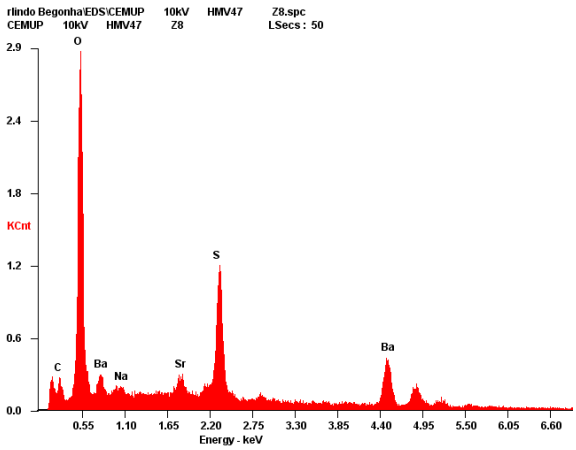
b) HMV 47 – Aspecto geral do filme – Zonas lisa e rugosa – Electrões rectrodifundidos – Mesmo local da Figura 6.43a



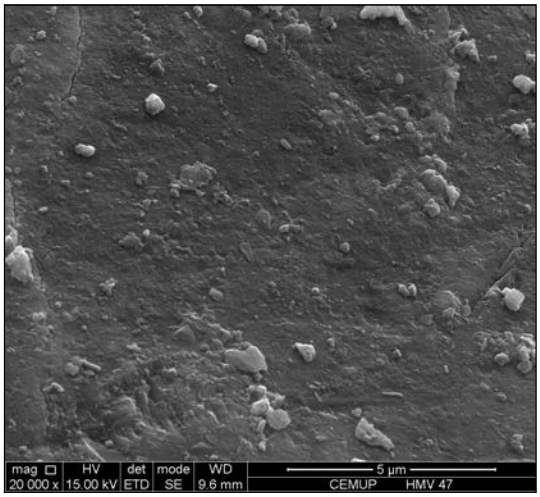
c) HMV 47 – Aspecto geral do filme – Electrões secundários – Ampliação da Figura 6.43a



d) HMV 47 – Aspecto geral do filme – Electrões rectrodifundidos – Ampliação da Figura 6.43b – Mesmo local da Figura 6.43c

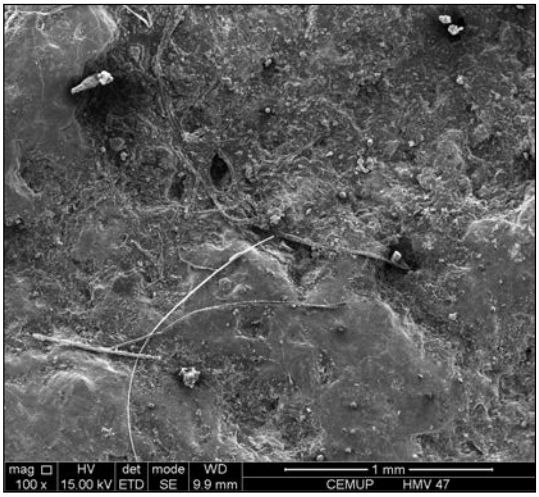


e) HMV 47 – Espectro Z8 assinalado na Figura 6.43d

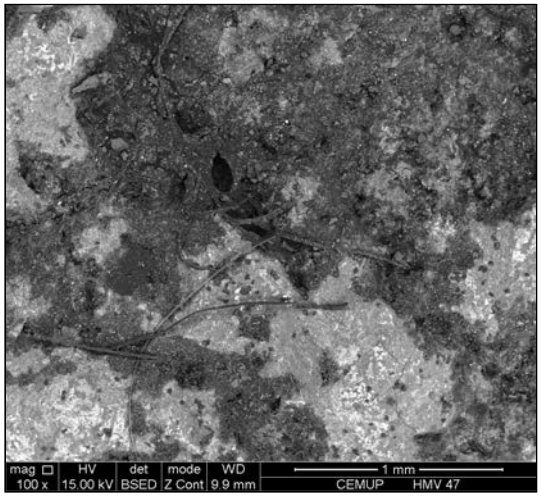


f) HMV 47 – Filme – Zona lisa

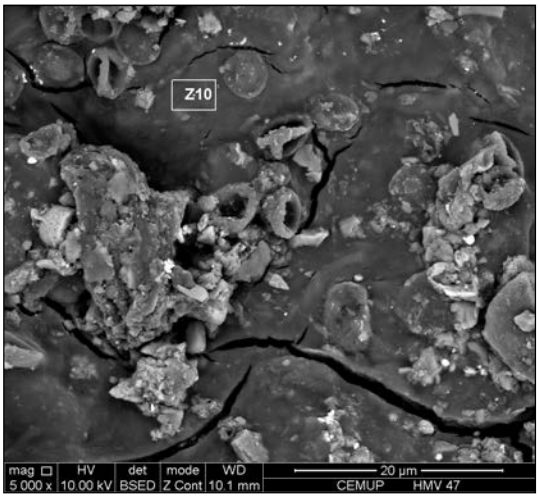
Figura 6.43 – Filme castanho escuro – Aspecto do filme – Zonas lisas e rugosas – Imagens e espectro obtidos por MEV.



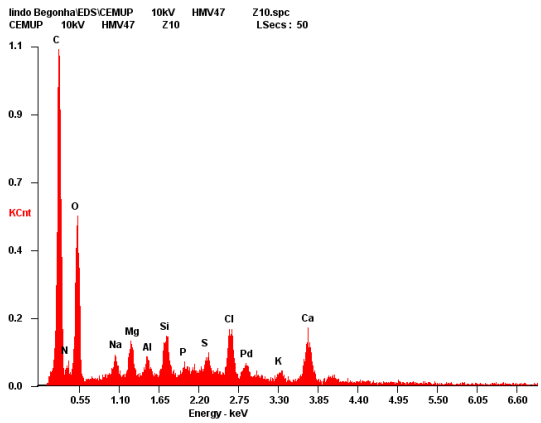
a) HMV 47 – Filme – Zonas lisa e rugosa – Electrões secundários



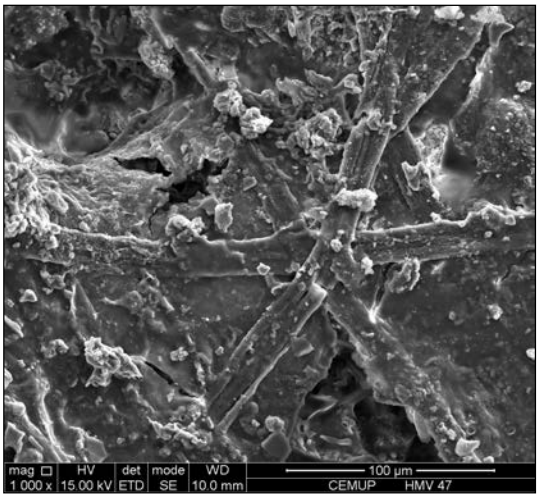
b) HMV 47 – Filme – Zonas lisa e rugosa – Electrões rectrodifundidos – Mesmo local da Figura 6.44a



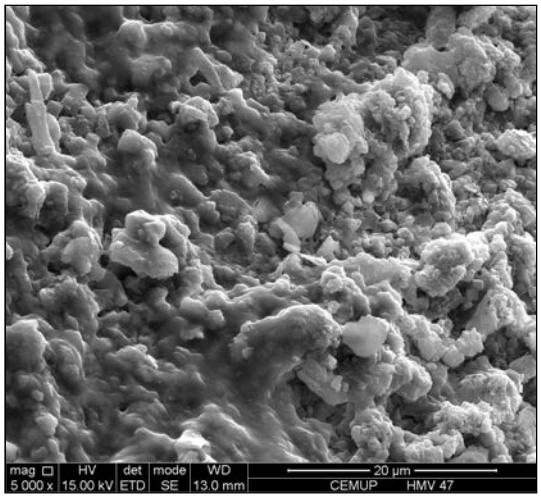
c) HMV 47 – Filme – Zona rugosa formada por material biológico



d) HMV 47 – Espectro Z10 assinalado na Figura 6.44c



e) HMV 47 – Filme – Zona rugosa – Material biológico

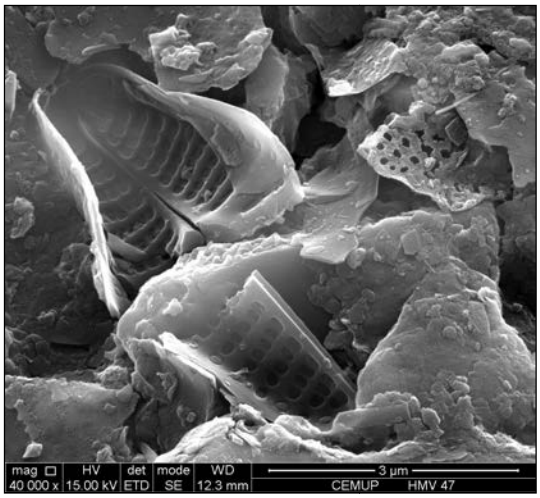


f) HMV 47 – Filme – Zona rugosa – Material biológico

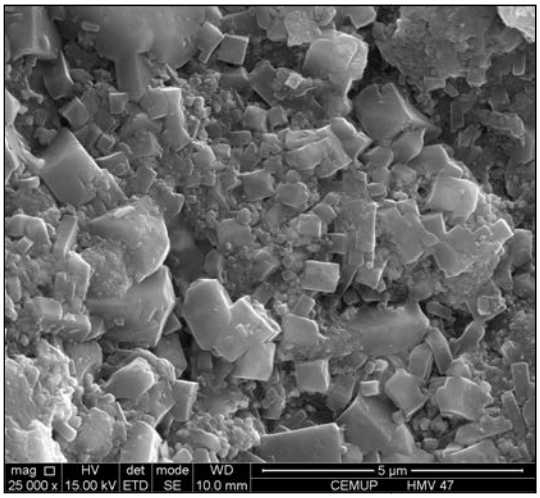
Figura 6.44 – Filme castanho escuro – Aspecto do filme – Zonas lisas e rugosas e material biológico – Imagens e espectro obtidos por MEV.



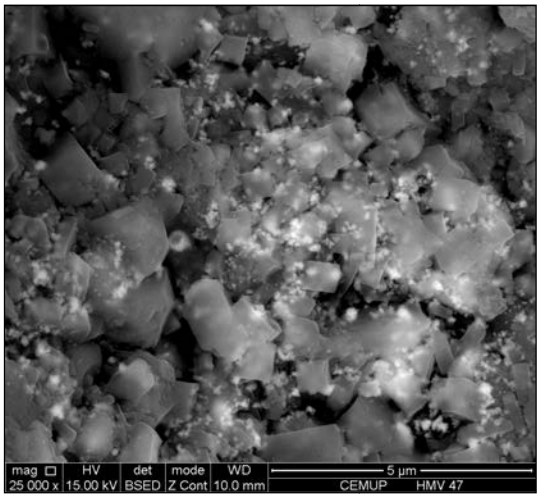
a) HMV 47 – Filme – Zona rugosa – Material biológico



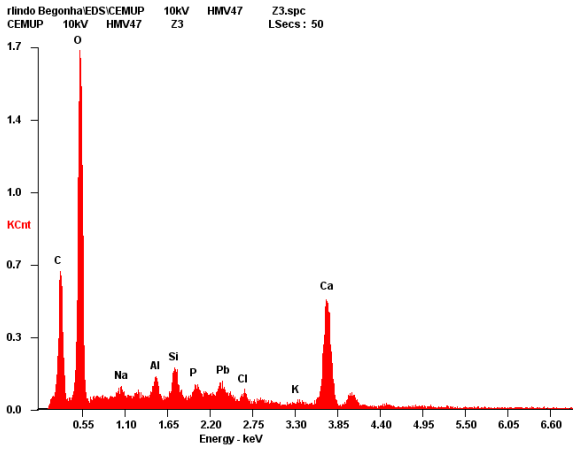
b) HMV 47 – Filme – Zona rugosa – Material biológico, nomeadamente diatomáceas



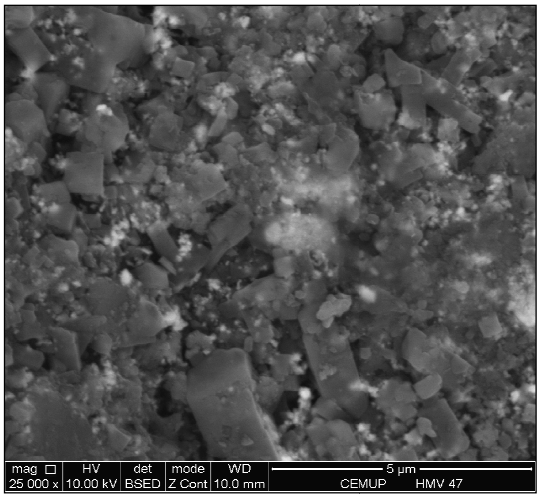
c) HMV 47 – Oxalato de cálcio – Electrões secundários



d) HMV 47 – Oxalato de cálcio – Electrões rectrodifundidos – Mesmo local da Figura 6.45d



e) HMV 47 – Oxalato de cálcio – Espectro



f) HMV 47 – Oxalato de cálcio – Electrões rectrodifundidos

Figura 6.45 – Filme castanho escuro – Material biológico e oxalato de cálcio – Imagens e espectro do oxalato de cálcio obtidos por MEV.

6.1.9. ARGAMASSA ANTIGA DAS JUNTAS

A maior parte das juntas ainda contêm as argamassas antigas originais, embora muitas se apresentem deterioradas. A amostra HMV 51 da argamassa antiga que preenche uma das juntas da pedra de fecho do 1º arco da *loggia* do rés-do-chão foi analisada por MEV. Na junta, foram aplicadas conchas, igualmente amostradas, constituindo a amostra HMV 33, também estudada por MEV.

A argamassa de cal exibe uma estrutura muito porosa e muito aberta (Figuras 6.46a, 6.46c, 6.46e e 6.46f), habitualmente encontrada nas argamassas deste tipo.

A argamassa é rica em carbonato de cálcio e areia constituída por minerais silicatados, como mostra o espectro global (Figura 6.46b).

O carbonato de cálcio aparece como pequenas partículas de calcite mais ou menos aglutinadas que formam a pasta de cal (Figura 6.46d). A pasta de cal liga as partículas de agregado (areias silicatadas).

Observaram-se vários grãos de areia, maioritariamente de quartzo (Figura 6.47a) e feldspatos (Figura 6.47b).

6.1.10. CONCHAS UTILIZADAS NAS JUNTAS

A amostra HMV 33 foi estudada por MEV, sendo constituída por fragmentos de conchas empregues na mesma junta de onde se recolheu a amostra de argamassa de cal HMV 51.

Conforme referido anteriormente no ponto 3.11. do Capítulo 3, em muitas juntas, aplicaram-se conchas com o propósito de possibilitarem a distribuição de esforços e permitirem uma melhor flexibilidade/articulação entre os blocos. Pese embora os esforços a que estão submetidas, as conchas, quando observadas no MEV, não apresentam de facto fissuração, dada a sua elasticidade e plasticidade.

As conchas são de carbonato de cálcio (Figura 6.48b) e a sua estrutura é fibrosa (Figuras 6.48a, 6.48c, 6.48d, 6.48e, 6.48f, 6.49a e 6.49b). Apenas num local se observou uma estrutura aparentemente corroída e com algum afastamento das fibras (Figura 6.49b).

Sobre um dos fragmentos de concha estudados, observaram-se agregados radiais de cristais lamelares de gesso (Figuras 6.49c, 6.49e, 6.50b, 6.50c, 6.50d, 6.50e e 6.50f) e cristais lamelares de gesso de bordos arredondados, formando rosas do deserto (Figuras 6.49d, 6.49e e 6.50a).

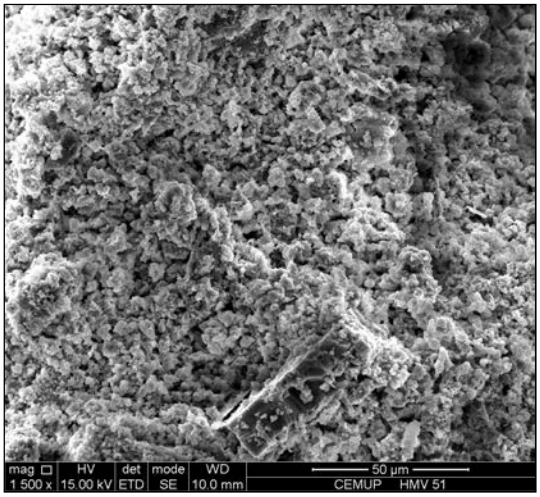
6.2. PORTAS DAS CHAGAS

6.2.1. DESAGREGAÇÃO GRANULAR

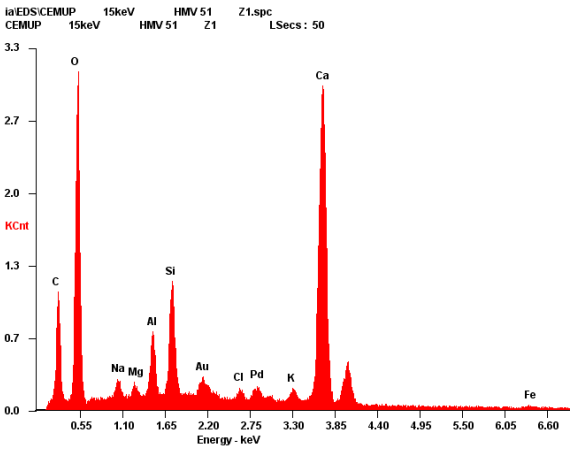
A amostra de desagregação granular HMV 49 foi estudada por MEV, tendo sido identificados a halite, o gesso e o oxalato de cálcio. A halite é o mineral de sal solúvel dominante. O gesso e o oxalato são raros.

A halite aparece cristalizada sob as formas simples cubo (Figuras 6.51a, 6.51c a 6.51d) e cubo+octaedro com figuras de dissolução (Figuras 6.51e e 6.51f).

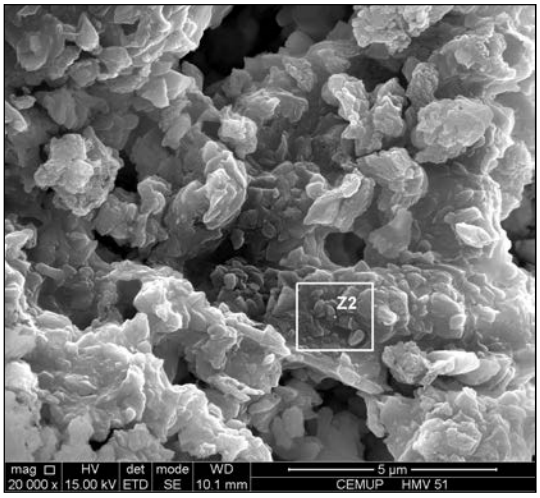
O gesso exibe-se sob a forma de cristais subédricos (Figuras 6.51e, 6.51f, 6.52a e 6.52c), anédricos (Figuras 6.51e, 6.51f e 6.52c) ou em forma de ponta de lança (Figuras 6.51e e 6.51f).



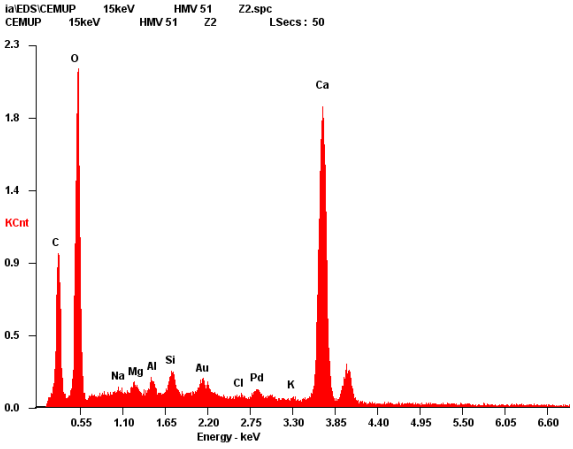
a) HMV 51 – Aspecto geral da argamassa de cal



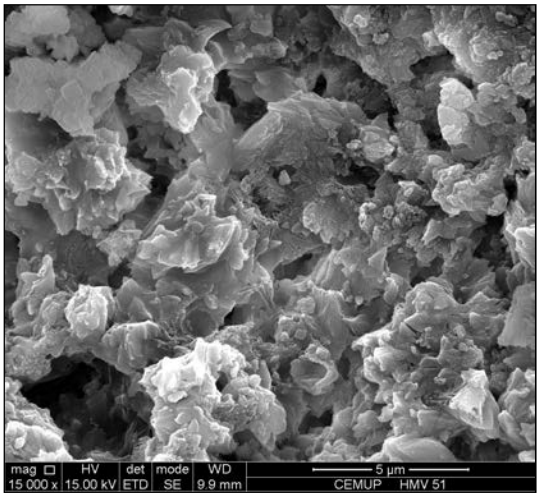
b) HMV 51 – Argamassa de cal – Espectro global



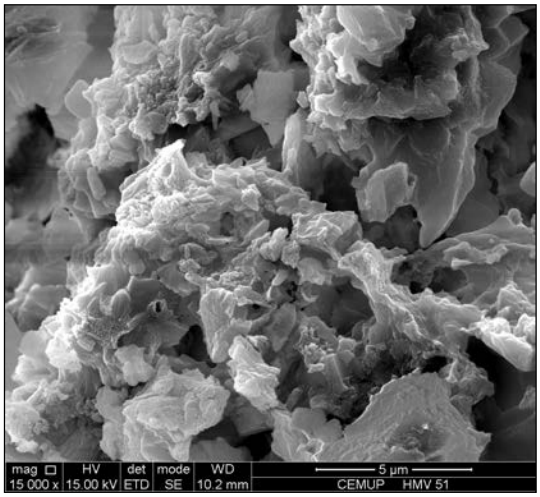
c) HMV 51 – Estrutura porosa da argamassa de cal



d) HMV 51 – Calcite – Espectro Z2 assinalado na Figura 6.46c

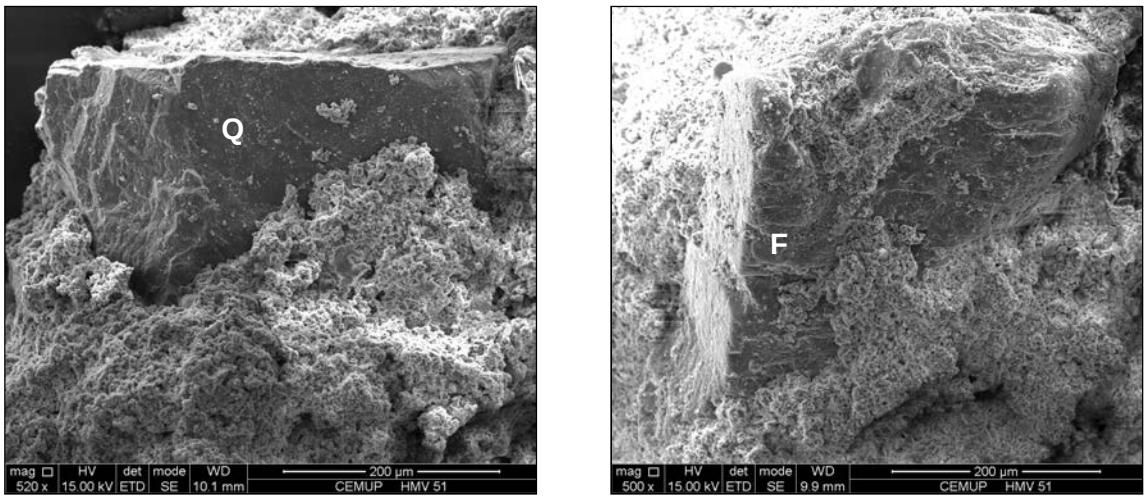


e) HMV 51 – Estrutura porosa da argamassa de cal



f) HMV 51 – Estrutura porosa da argamassa de cal

Figura 6.46 – Argamassa de cal de junta – Estrutura porosa e calcite – Imagens e espectros obtidos por MEV.



a) HMV 51 – Grão de areia - Quartzo (Q) rodeado pela pasta de cal

b) HMV 51 – Grão de areia – Feldspato potássico (F) rodeado pela pasta de cal

Figura 6.47 – Argamassa de cal de junta – Grãos de areia – Imagens obtidas por MEV.

O oxalato de cálcio apresenta-se em cristais subédricos (Figura 6.52d).

Em determinados pontos, a actividade biológica é intensa com desenvolvimento de líquenes e fungos (Figuras 6.52e e 6.52f).

6.2.2. PLAQUETAS

A amostra HMV 48 foi estudada por MEV, tendo-se apenas identificado dois cristais de gesso num dos grãos observados (Figura 6.53a).

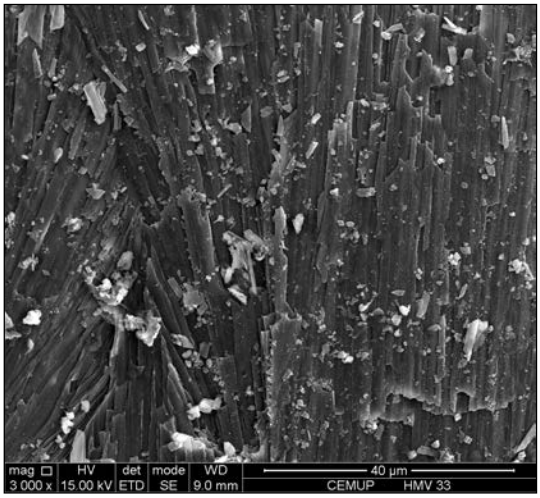
A maior parte dos grãos apresenta "placas" fissuradas que se destacam do substrato. Estas "placas" são de caulinite (Figura 6.53b) ou têm composição idêntica à do grão (Figura 6.53c).

Observou-se alguma actividade liquénica (Figura 6.53d) e a presença de algas diatomáceas (Figura 6.53e).

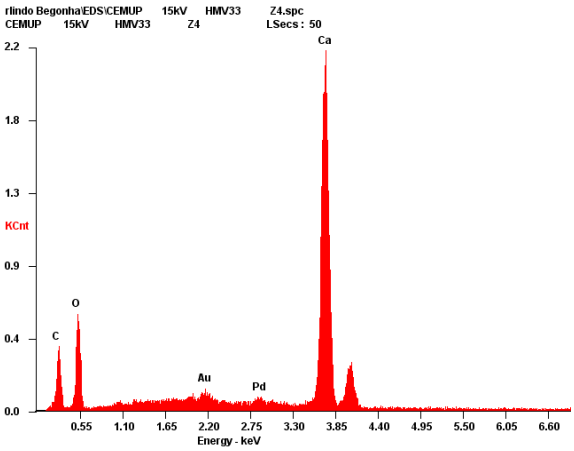
6.3. ASSOCIAÇÃO DE MINERAIS COM SOLUBILIDADES MUITO DIFERENTES

A *loggia* do rés-do-chão da Fachada Principal, bem como a Porta das Chagas do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo estão sujeitas ao fenómeno da ascensão por capilaridade de soluções salinas a partir do solo. Nos dois locais, não se verifica um zonamento vertical dos minerais de sais solúveis segundo as solubilidades crescentes no sentido das maiores cotas, tal como preconizado por Arnold (1984) e Arnold e Zehnder (1988, 1989), apesar de se verificarem deteriorações mais intensas, traduzidas por perdas mais significativas de material pétreo, entre os 2,5 metros e os 3,5 metros de altura.

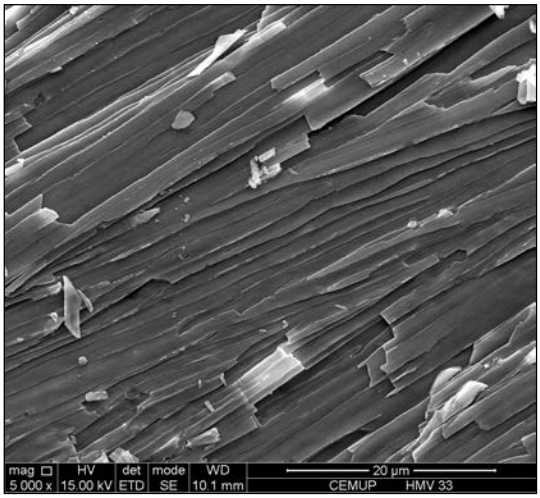
Com efeito, na *loggia* do rés-do-chão, constata-se a associação de um mineral muito solúvel, a halite (cloreto), com um mineral menos solúvel, o gesso (sulfato), desde os 0,65 metros até aos 3,1 metros de altura. Na Porta das Chagas, o gesso aparece desde os 0,8 metros até aos 3,0 metros, estando associado à halite na amostra de desagregação granular HMV 49 (2,77 – 3,00 metros de altura).



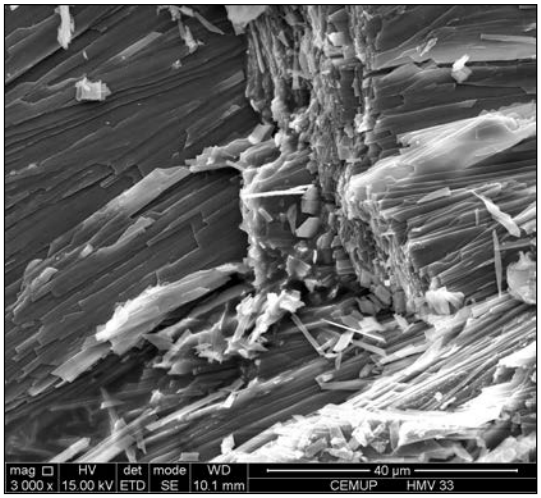
a) HMV 33 – Estrutura fibrosa da concha



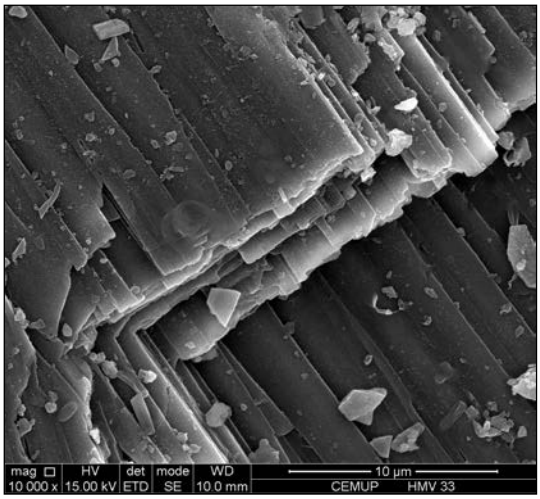
b) HMV 33 – Concha – Espectro



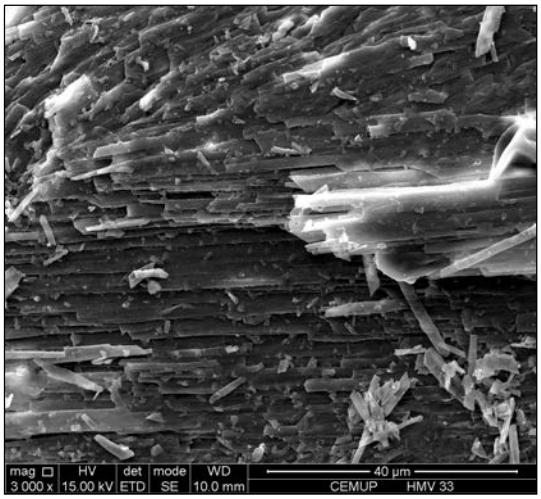
c) HMV 33 – Estrutura fibrosa da concha



d) HMV 33 – Estrutura fibrosa da concha

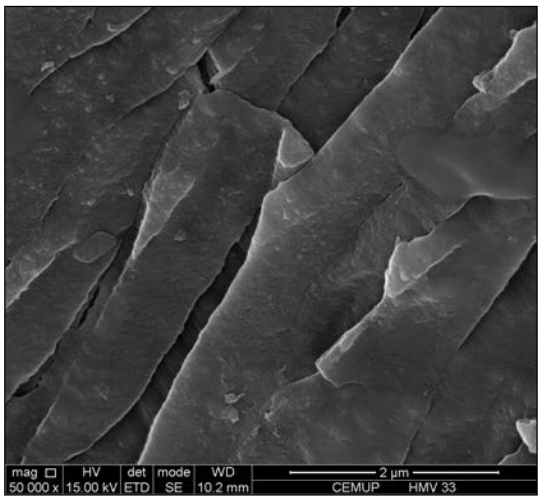


e) HMV 33 – Estrutura fibrosa da concha

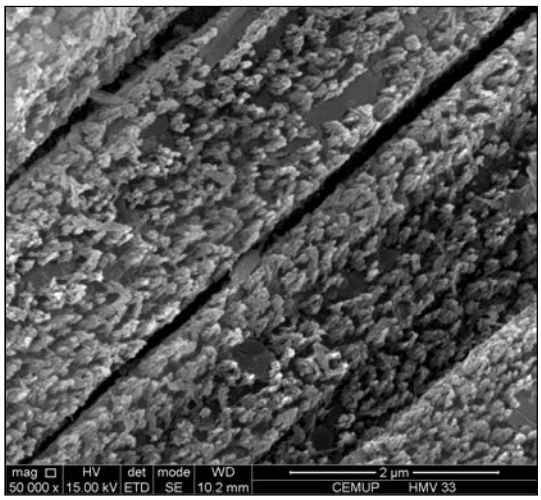


f) HMV 33 – Estrutura fibrosa da concha

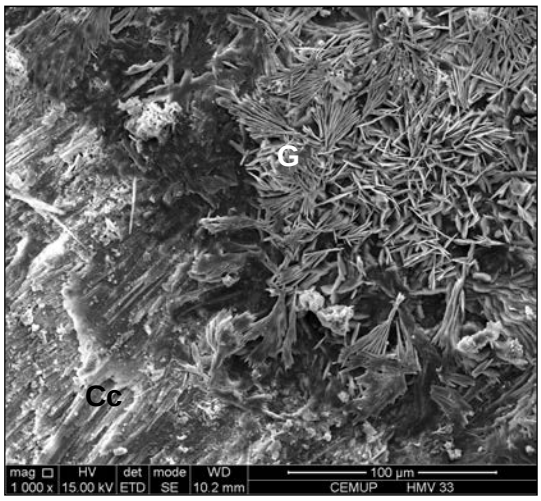
Figura 6.48 – Conchas utilizadas nas juntas – Estrutura fibrosa – Imagens e espectro da concha obtidos por MEV.



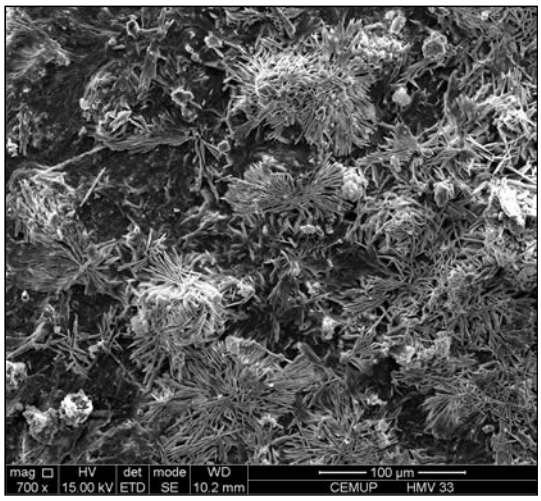
a) HMV 33 – Estrutura fibrosa da concha não deteriorada



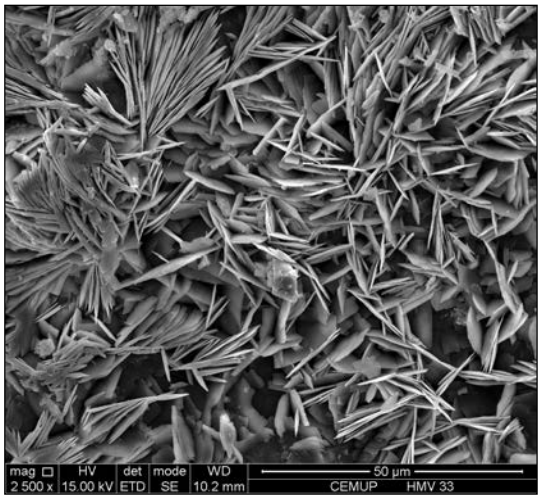
b) HMV 33 – Estrutura fibrosa da concha aparentemente corroída



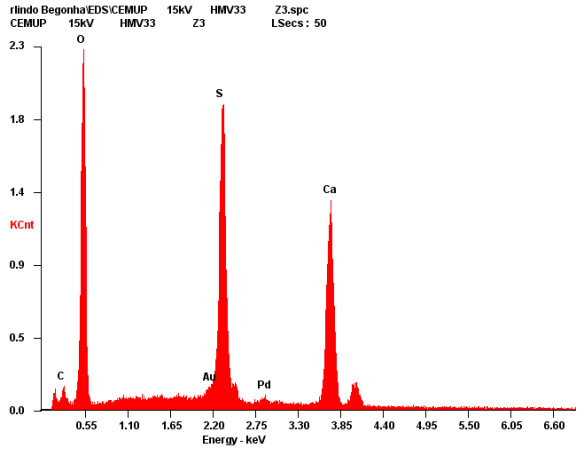
c) HMV 33 – Agregados radiais de cristais de gesso (G) sobre concha (Cc)



d) HMV 33 – Gesso – Rosas do deserto

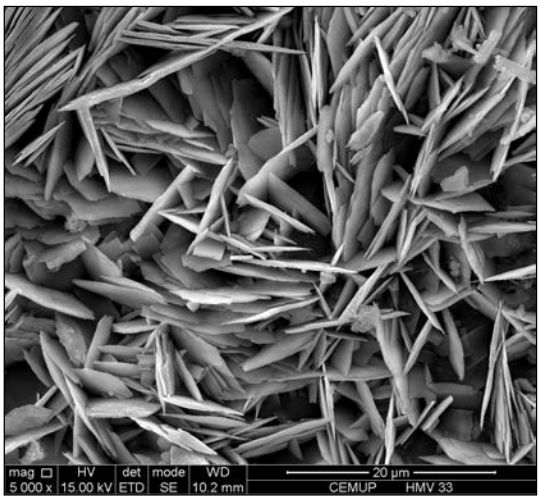


e) HMV 33 – Gesso – Agregados radiais e rosas do deserto

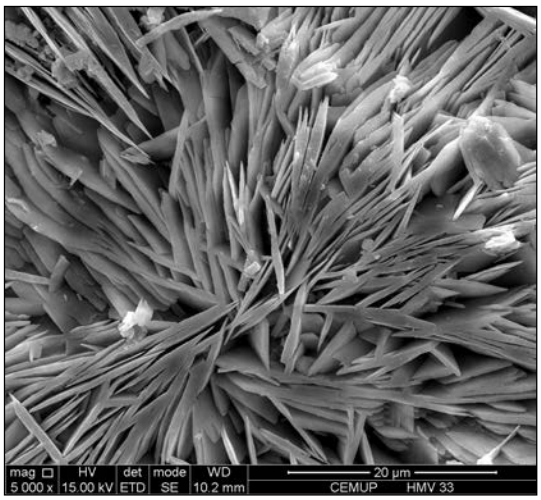


f) HMV 33 – Gesso – Espectro

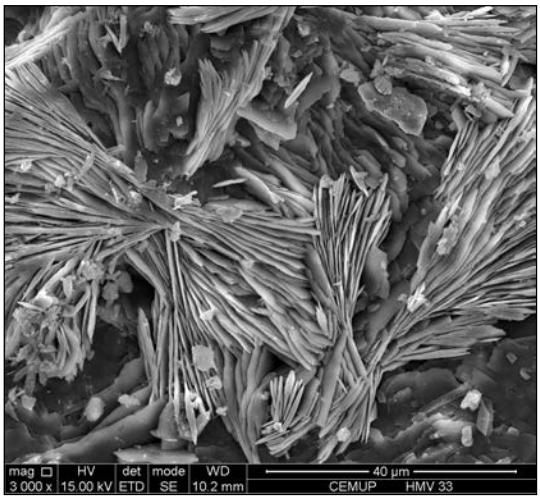
Figura 6.49 – Conchas utilizadas nas juntas – Estrutura fibrosa das conchas e agregados de cristais de gesso formados sobre um fragmento de concha – Imagens e espectro do gesso obtidos por MEV.



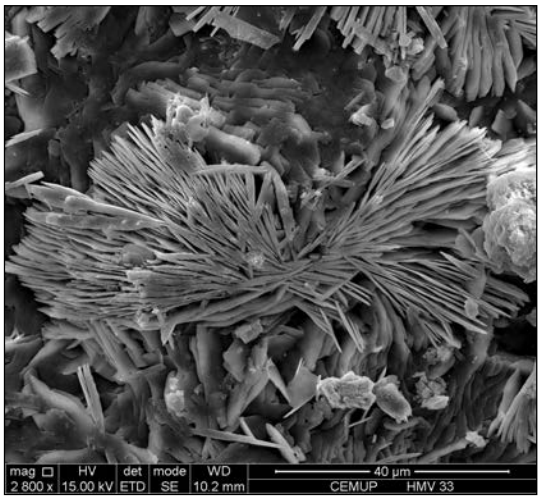
a) HMV 33 – Gesso – Rosas do deserto



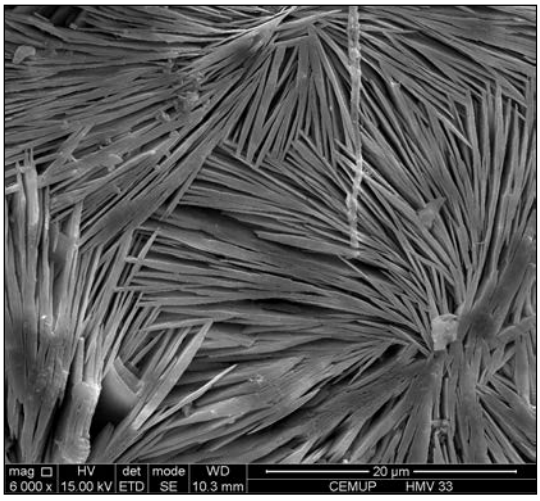
b) HMV 33 – Agregados radiais de cristais de gesso



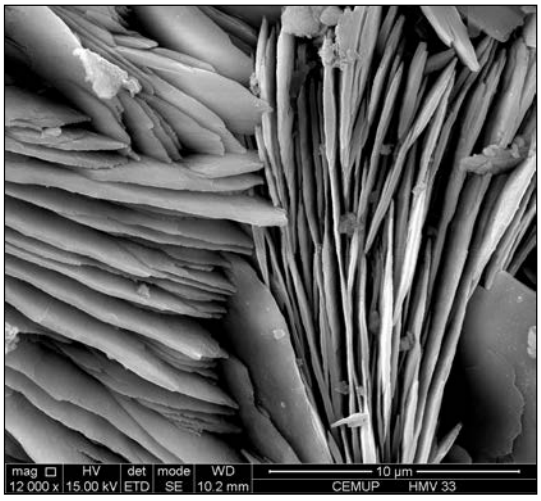
c) HMV 33 – Agregados radiais de cristais de gesso



d) HMV 33 – Agregados radiais de cristais de gesso

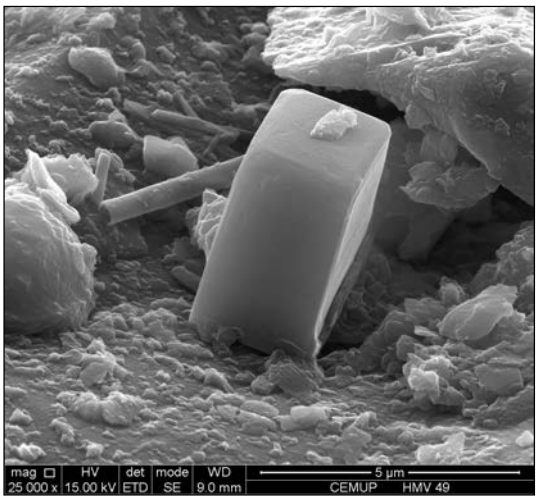


e) HMV 33 – Agregados radiais de cristais de gesso

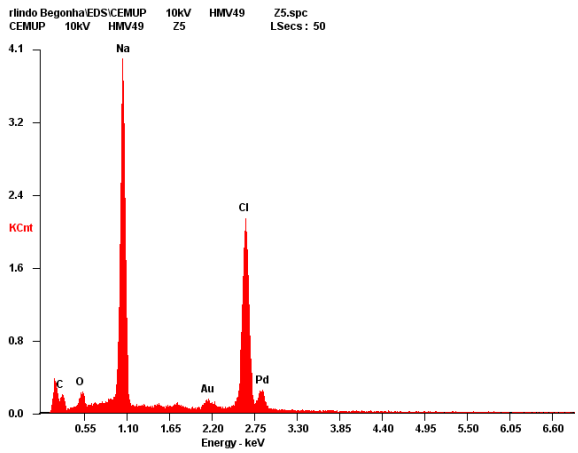


f) HMV 33 – Agregados radiais de cristais de gesso

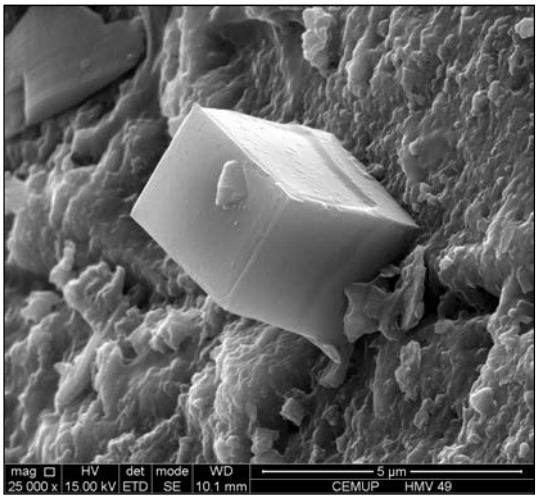
Figura 6.50 – Conchas utilizadas nas juntas – Agregados de cristais de gesso formados sobre um fragmento de concha – Imagens obtidas por MEV.



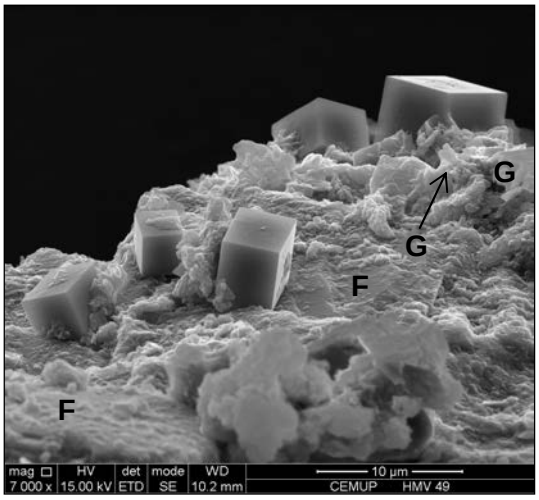
a) HMV 49 – Cristal cúbico de halite sobre feldspato potássico



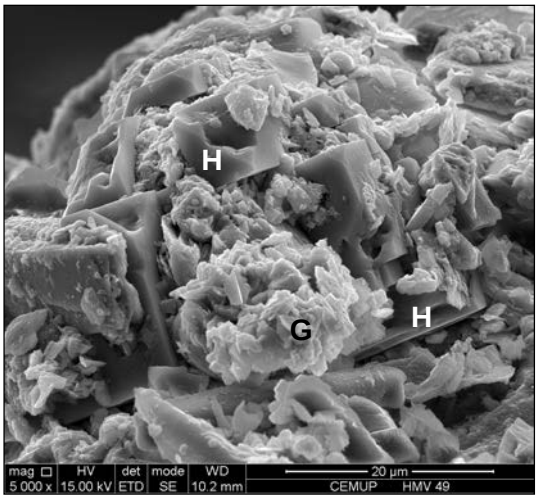
b) HMV 49 – Halite – Espectro



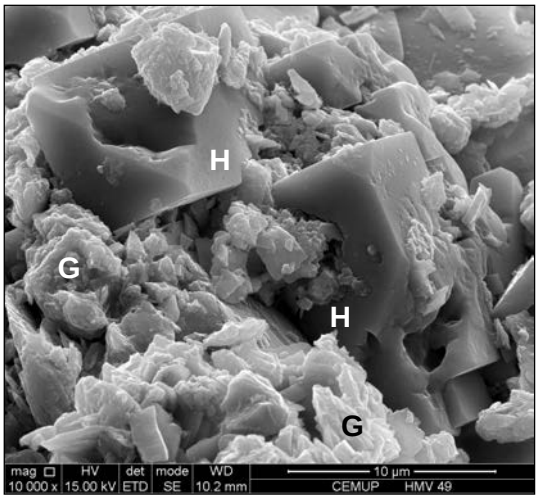
c) HMV 49 – Cristal cúbico de halite sobre feldspato potássico



d) HMV 49 – Cristais cúbicos de halite e cristais de gesso (G) sobre feldspato potássico (F)

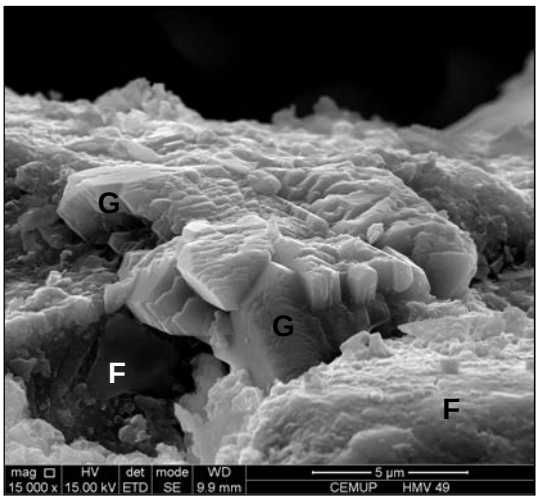


e) HMV 49 – Halite (H) com figuras de dissolução e gesso (G)

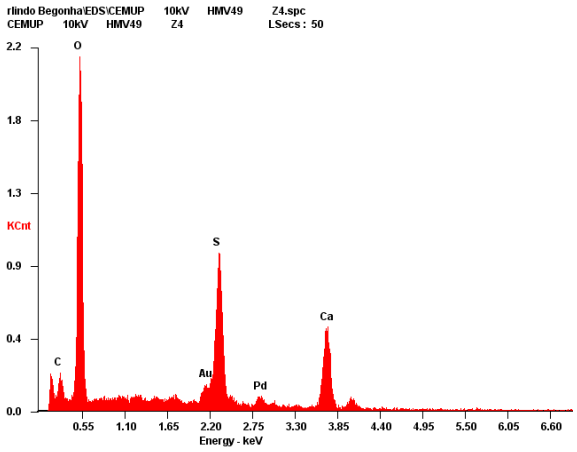


f) HMV 49 – Halite (H) com figuras de dissolução e gesso (G) – Ampliação da Figura 6.51e

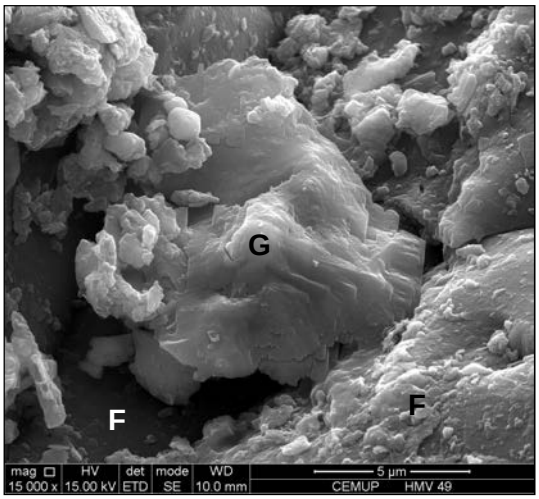
Figura 6.51 – Desagregação granular – Halite e gesso – Imagens e espectro da halite obtidos por MEV.



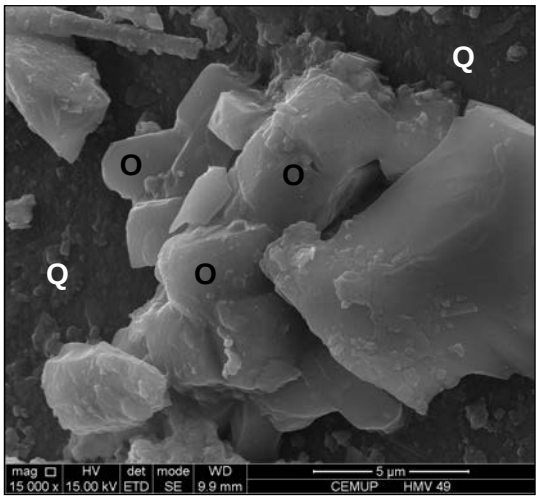
a) HMV 49 – Gesso (G) sobre feldspato potássico (F)



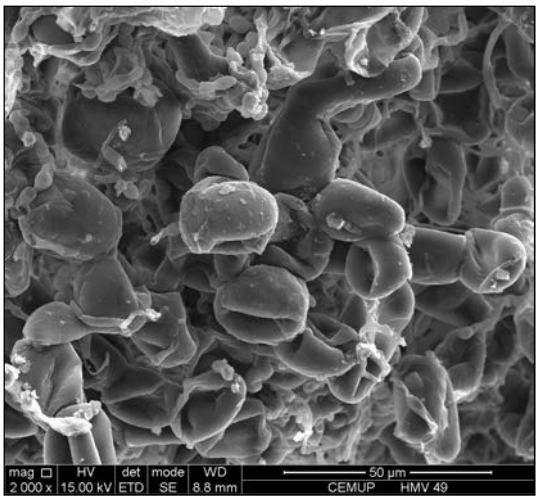
b) HMV 49 – Gesso – Espectro



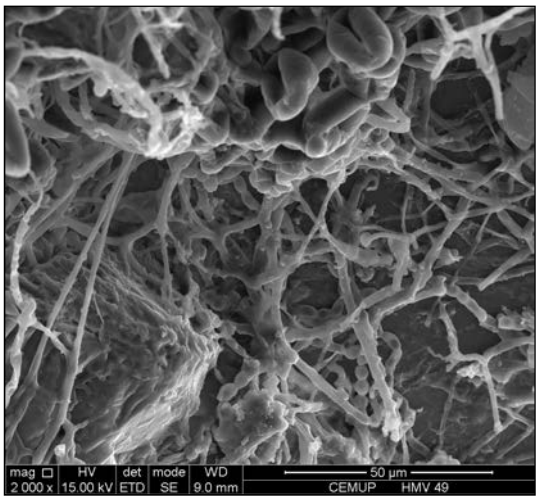
c) HMV 49 – Gesso (G) sobre feldspato potássico (F)



d) HMV 49 – Oxalato de cálcio (O) sobre quartzo (Q)

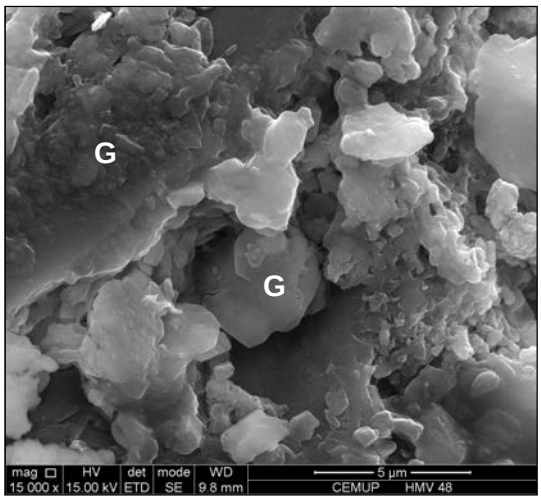


e) HMV 49 – Líquenes

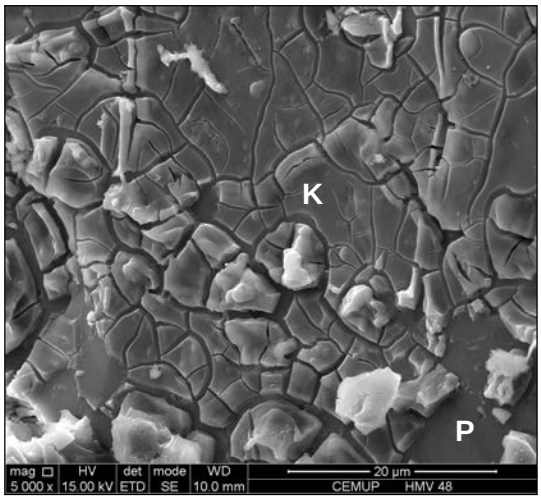


f) HMV 49 – Líquenes e fungos

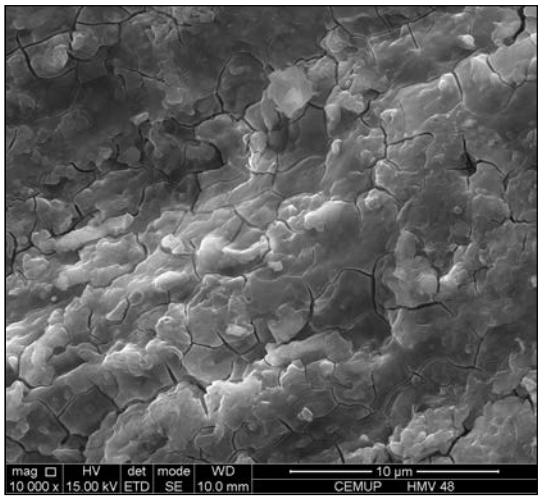
Figura 6.52 – Desagregação granular – Gesso, oxalato de cálcio e material biológico – Imagens e espectro do gesso obtidos por MEV.



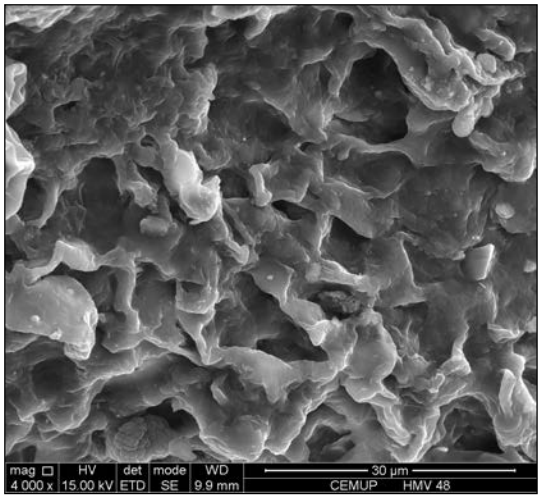
a) HMV 48 – Cristais de gesso (G)



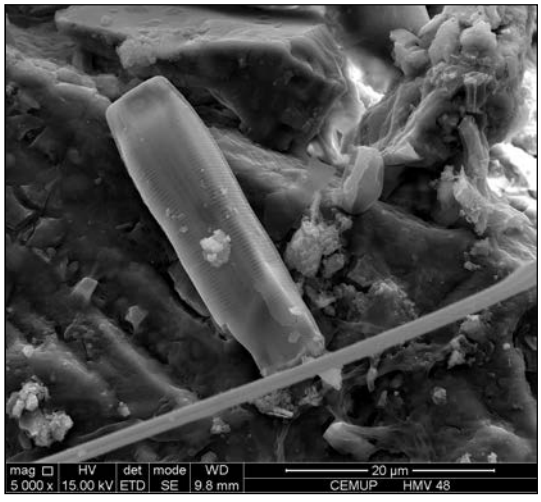
b) HMV 48 – "Placas" de caulinite (K) sobre plagióclase sódica (P)



c) HMV 48 – "Placas" de plagióclase sódica sobre a mesma



d) HMV 48 – Líquenes



e) HMV 48 – Diatomácea sobre quartzo

Figura 6.53 – Plaquetas – Gesso, "placas" e material biológico – Imagens obtidas por MEV.

No Quadro 6.7, apresenta-se a distribuição dos minerais de sais solúveis identificados nas amostras de desagregação granular, placas e plaquetas recolhidas na *loggia* do rés-do-chão e na Porta das Chagas, incluindo as respectivas cotas acima do pavimento.

Quadro 6.7 – Minerais de sais solúveis identificados por MEV em amostras de desagregação granular, placas e plaquetas da *loggia* do rés-do-chão e da Porta das Chagas.

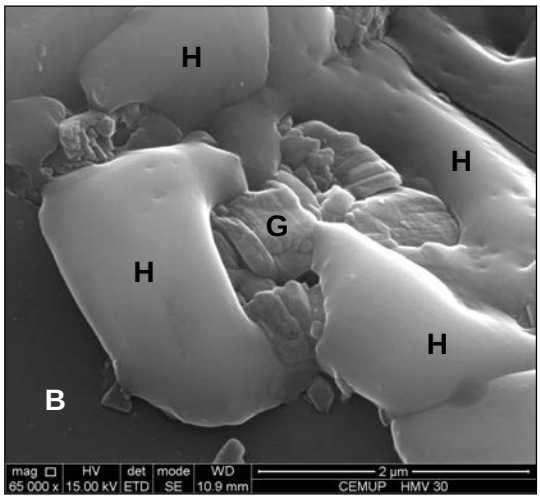
	Amostra	**Cota acima do solo (m)**	**Minerais de sais solúveis identificados**
Loggia do rés-do-chão	HMV 30	3,05 – 3,10	Halite + gesso + oxalato de cálcio
	HMV 39	2,20 – 2,35	Halite + gesso
	HMV 41	0,70 – 0,77	Halite + gesso + brushite
	HMV 45	0,65 – 0,80	Halite + gesso + oxalato de cálcio
Porta das Chagas	HMV 49	2,77 – 3,00	Halite + gesso
	HMV 48	0,78 – 0,80	Gesso

De facto, as amostras de desagregação granular HMV 30, HMV 39 e HMV 45 da *loggia* do rés-do-chão e HMV 49 da Porta das Chagas contêm halite e gesso, bem como a amostra de placa HMV 41 da *loggia*. Efectivamente, esta associação dos dois minerais de sais solúveis foi já mostrada nas Figuras 6.6f, 6.12c (amostra HMV 30) e nas Figuras 6.51d, 6.51e e 6.51f (amostra HMV 49). A Figura 6.54 mostra outros quatro exemplos da associação halite+gesso nas amostras HMV 30, HMV 39 e HMV 45.

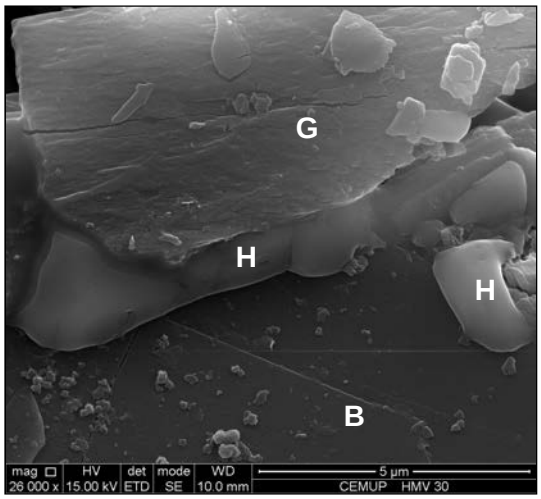
O fenómeno do zonamento vertical dos minerais de sais solúveis segundo as solubilidades crescentes no sentido das maiores cotas, apesar de ocorrer tal como enunciado por Arnold (1984) e Arnold e Zehnder (1988, 1989), aparece associado ao efeito que a água da chuva introduz nas fachadas. A evaporação da água da chuva deverá conduzir à cristalização de halite e de gesso em todos os locais onde a mesma incide directamente e/ou naqueles em que atinge através de transferência por capilaridade. É o caso da crosta negra HMV 43, localizada sob o topo do arco da Fachada Oeste, orientado para o Passeio das Mordomas da Romaria, na *loggia* do rés-do-chão, em que a halite cristaliza entre os cristais de gesso (Figuras 6.32a, 6.32c, 6.32d e 6.32f), resultado dos fenómenos de ascensão por capilaridade a partir do solo e de evaporação da água da chuva que atinge a pedra por transferência capilar.

O efeito que a água da chuva introduz nas fachadas já foi igualmente comprovado no presente trabalho em locais onde o fenómeno da ascensão por capilaridade a partir do solo não se faz sentir. Assim, na amostra de desagregação granular HMV 13, recolhida na *loggia* do 2º andar, o gesso, menos solúvel, aparece associado à halite e à nitratite (Figuras 6.14e e 6.14f), dois minerais muito solúveis e, na crosta negra HMV 21, obtida no friso entre as *loggias* dos 1º e 2º andares, a halite cristaliza entre os cristais de gesso (Figura 6.30e).

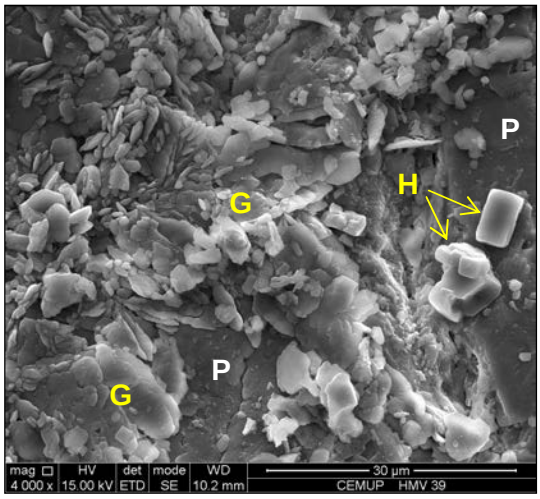
A Figura 6.55 retrata outros exemplos da associação halite+gesso nas amostras HMV 13 (Figuras 6.55a, 6.55b e 6.55c) e HMV 43 (Figura 6.55d).



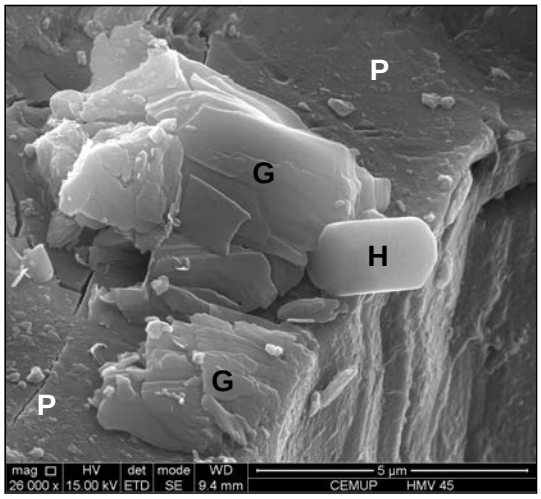
a) HMV 30 – Halite (H) e gesso (G) sobre biotite (B)



b) HMV 30 – Gesso (G) e halite (H) sobre biotite (B)

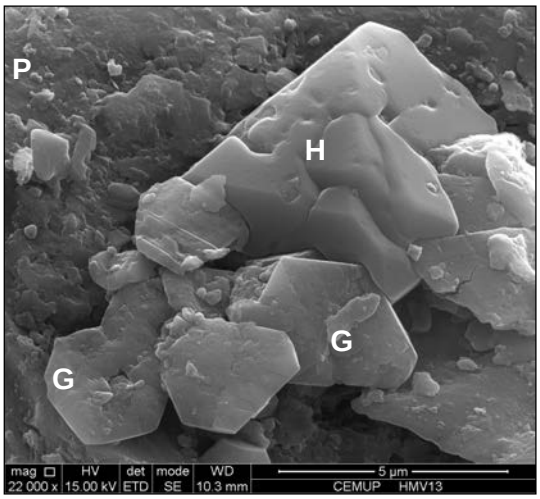


c) HMV 39 – Gesso (G) e halite (H) sobre feldspato potássico (P)

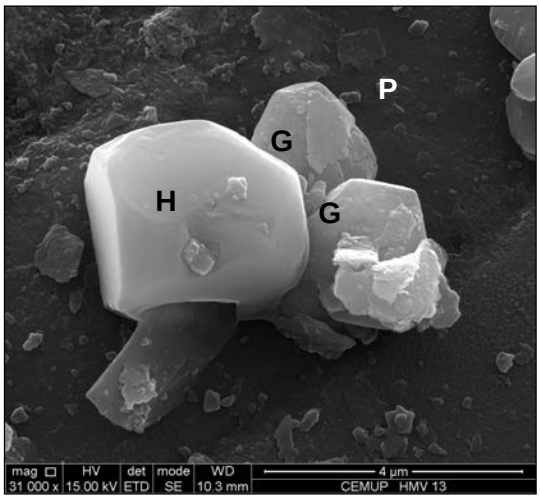


d) HMV 45 – Halite (H) e gesso (G) sobre plagióclase sódica (P)

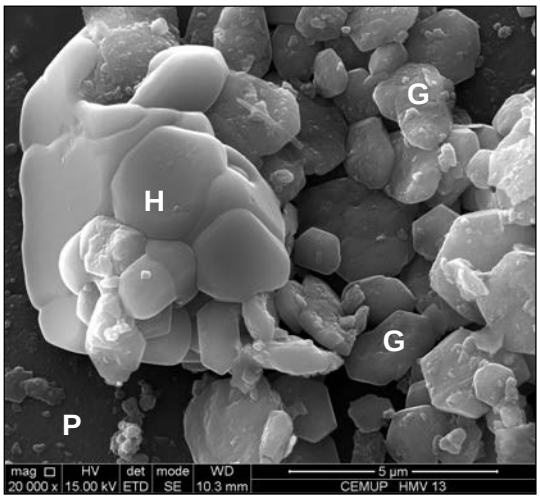
Figura 6.54 – Associação de halite e gesso em amostras recolhidas em zonas sujeitas à ascensão por capilaridade de soluções salinas – Imagens obtidas por MEV.



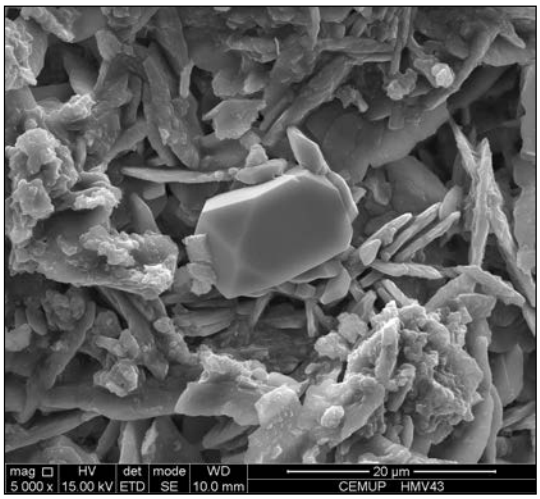
a) HMV 13 – Gesso (G) e halite (H) sobre plagióclase sódica (P)



b) HMV 13 – Halite (H) e gesso (G) sobre plagióclase sódica (P)



c) HMV 13 – Halite (H) e gesso (G) sobre plagióclase sódica (P)



d) HMV 43 – Halite sobre cristais de gesso

Figura 6.55 – Associação de halite e gesso em amostras recolhidas em zonas não sujeitas à ascensão por capilaridade de soluções salinas ou sujeitas à acção do fenómeno anterior associado com a acção da água da chuva – Imagens obtidas por MEV.

7
CONCLUSÕES DO ESTUDO DIAGNÓSTICO DA PEDRA

Os factores responsáveis pelo avançado estado de deterioração da pedra no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo são:

- O emprego de pedras com diferentes graus de meteorização herdada da pedreira;
- A cristalização de minerais de sais solúveis na rede porosa das pedras de granito meteorizado;
- A ascensão por capilaridade de soluções salinas freáticas e pluviais na *loggia* do rés-do-chão ou das águas pluviais a partir dos pavimentos nas *loggias* dos 1º e 2º andares;
- A proximidade do Oceano Atlântico e do Rio Lima, associada às condições de elevada precipitação, elevada humidade relativa do ar e forte ventilação do local;
- A actividade biológica, principalmente a que resulta da presença de líquenes;
- A permanência e acumulação de dejectos de pombos em diversos locais, nomeadamente nas cornijas e nas *loggias* dos 1º e 2º andares;
- A deterioração das argamassas antigas de cal de que resultam juntas abertas;
- A aplicação de argamassas de cimento nas juntas e no preenchimento de lacunas;
- A cravação de peças metálicas na pedra.

O processo de meteorização conduziu à formação dos minerais secundários caulinite e gibsite e de uma rede porosa unimodal, fissural, muito bem interligada, que possibilita a rápida e eficaz transferência de soluções salinas por capilaridade a partir do solo ou da chuva, bem como a fortes fluxos de evaporação dessas soluções.

As pedras meteorizadas foram posteriormente deterioradas. As afectadas por desagregação granular e placas revelam um aumento da porosidade e da largura das fissuras que se traduz numa diminuição da microporosidade relativamente à porosidade total. As pedras afectadas por desagregação granular muito intensa têm uma porosidade de pelo menos 4,5 vezes superior à porosidade das pedras não deterioradas. A oxidação de peças metálicas cravadas em diversas pedras contribuiu para o aumento da porosidade e deverá ter conduzido ao aparecimento de uma nova família de fissuras de largura muito superior à das famílias resultantes da desagregação granular e placas.

As pedras meteorizadas, não deterioradas, revelam valores de porosidade livre inferiores e valores de densidade superiores aos das pedras afectadas por desagregação granular.

O aumento de peso por unidade de superfície e unidade de raiz quadrada do tempo (coeficiente de capilaridade A) é semelhante, mas ligeiramente superior, na pedra de granito meteorizado afectado por desagregação granular relativamente à pedra meteorizada não deteriorada. O coeficiente de capilaridade B é muito elevado nos provetes das duas pedras pelo que a ascensão da franja capilar é muito rápida, sendo um pouco mais elevado na pedra meteorizada, não deteriorada.

As pedras meteorizadas com ou sem desagregação granular apresentam um fluxo de evaporação de vapor de água alto e muito semelhante. Todavia, a saturação crítica é atingida mais rapidamente nas pedras sem deterioração, ou seja, o ponto a partir do qual a evaporação deixa de se realizar à superfície

dos provetes passando a ser efectuada pelo seu interior, ocorre em primeiro lugar nestas pedras. Por outro lado, as pedras sem deterioração revelam uma saturação crítica superior às afectadas por desagregação granular. Uma saturação crítica elevada significa que a quantidade de vapor de água a evaporar na rede porosa das pedras é maior do que a que evapora pela superfície, sendo, por isso, a situação mais prejudicial para a pedra, uma vez que existe maior quantidade de solução salina no interior das mesmas.

A desagregação granular e a colonização biológica, sobretudo a liquénica, são os dois tipos de deteriorações mais importantes no Hospital.

As zonas mais deterioradas, com perdas muito significativas de material pétreo, estão afectadas por desagregação granular muito intensa e por placas, localizando-se nos arcos e nas colunas da *loggia* do rés-do-chão. Estas deteriorações estão associadas à ascensão por capilaridade de soluções salinas (águas superficiais e freáticas, dada a pequena profundidade do nível freático).

A molhagem e secagem das pedras promove ciclos de dissolução/cristalização, deliquescência/cristalização e hidratação/desidratação de sais no interior das mesmas, originando forças de cristalização que actuam nos poros e fissuras, promovendo o seu alargamento. Deste modo, os sais surgem como a causa directa da formação de desagregação granular, placas, plaquetas, crostas negras e eflorescências pulverulentas.

A desagregação granular, placas e plaquetas resultam principalmente da cristalização da halite e do gesso. A halite é o mineral de sal solúvel dominante nas amostras de desagregação granular e simultaneamente o que mais danos causa, não só pelas forças de cristalização mais fortes, mas pela sua elevada higroscopicidade e solubilidade comparativamente ao gesso, o que se traduz por maior número de ciclos de dissolução/cristalização e/ou deliquescência/cristalização. O gesso é o sal dominante nas placas e plaquetas.

As crostas negras são constituídas basicamente por gesso e as eflorescências essencialmente por gesso e brushite.

A halite, presente nas pedras afectadas por desagregação granular, placas, plaquetas e crostas negras, tem como principal origem a água da chuva, rica nos iões cloreto e sódio, devido à proximidade do Oceano Atlântico.

O gesso, identificado em amostras de desagregação granular, plaquetas, placas, crostas negras e eflorescências, está associado, por um lado, à presença do ião sulfato na água da chuva resultante da evaporação da água do oceano e, por outro, aos níveis de poluição do ar na zona central da cidade de Viana do Castelo, apesar de os mesmos não serem muito elevados.

A brushite, identificada em placas e eflorescências pulverulentas, e a nitratite, observada numa amostra de desagregação granular, têm origem na lixiviação, pela água da chuva, dos dejectos de pombos acumulados em diversos locais da Fachada Principal e no interior das *loggias*, constituindo soluções salinas ricas nos iões fosfato e nitrato.

O oxalato de cálcio surge sempre associado a actividade biológica liquénica e/ou fúngica em amostras de desagregação granular, placas, plaquetas, eflorescências e filmes castanho escuros na Fachada Principal e de desagregação granular na Porta das Chagas.

Os filmes castanho escuros resultam da conjugação de dois factores: actividade biológica de líquenes e fungos e poluição do ar, manifestada pela presença de elementos químicos como o chumbo, fósforo, bário, ferro, sódio e cloro.

8
PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NO GRANITO E SEU ORÇAMENTO

8.1. PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NO GRANITO

A metodologia da limpeza e tratamento da pedra a propor neste trabalho compreende as seguintes fases:

- Redução/eliminação da humidade ascensional na *loggia* do rés-do-chão e fachada da Porta das Chagas;
- Alteração das condições de drenagem dos pavimentos das *loggias*;
- Limpeza da pedra;
- Remoção dos elementos metálicos não funcionais;
- Remoção das argamassas de cimento das juntas, limpeza das mesmas e seu preenchimento com argamassas de cal;
- Remoção das argamassas de cimento de colmatação de lacunas;
- Remoção dos filmes castanho escuros;
- Remoção das crostas negras e das eflorescências pulverulentas que as bordejam;
- Eliminação da colonização biológica;
- Colagem de elementos destacados, pedras fracturadas, fendas, fissuras ou placas;
- Consolidação das áreas mais intensamente afectadas por desagregação granular;
- Aplicação de um produto hidrófugo;
- Colocação de chapas de zinco;
- Colocação de dispositivos electrostáticos anti-pombos;
- Protecção da *loggia* do rés-do-chão e da Porta das Chagas.

Na intervenção a realizar e antes da parte relativa à limpeza e tratamento da pedra, dever-se-á fazer uma avaliação estrutural do monumento e, em particular, das duas fendas assinaladas na Figura 3.44 e das fissuras que afectam o braço esquerdo da estátua de Hermes da 3ª coluna da *loggia* do 1º andar, igualmente assinaladas na Figura 3.44. Para tal, será necessário solicitar o parecer de um especialista no domínio das estruturas de monumentos e edifícios antigos.

A intervenção a realizar no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo inclui a utilização de produtos de tratamento como biocidas, consolidantes e hidrófugos com períodos de cura mais ou menos longos durante os quais, as pedras tratadas devem permanecer secas, obrigando à protecção de parte ou da totalidade do edifício.

Por outro lado, a legislação obriga à implementação de sistemas que protejam a envolvente de poeiras, água e produtos a aplicar durante a intervenção.

Para além disso, dever-se-ão realizar ensaios prévios para avaliar a eficácia dos produtos e/ou técnicas que vão ser aplicados/implementados, nomeadamente os que dizem respeito à remoção dos filmes castanho escuros ou à consolidação de pedras afectadas por desagregação granular de intensidade forte.

Os trabalhos de intervenção deverão ser efectuados por empresas e técnicos de restauro com experiência preferencialmente na limpeza e tratamento de edifícios construídos com rochas graníticas, dadas as características próprias deste tipo de rochas.

8.1.1. REDUÇÃO/ELIMINAÇÃO DA HUMIDADE ASCENSIONAL NA *LOGGIA* DO RÉS-DO-CHÃO E FACHADA DA PORTA DAS CHAGAS

Nas zonas mais baixas do monumento, sujeitas à ascensão de soluções salinas a partir do solo, a metodologia proposta só conduzirá a uma diminuição ou eliminação do processo de decaimento da pedra, se forem implementadas medidas que permitam uma drenagem eficaz das águas superficiais e que evitem a ascensão capilar das águas freáticas.

Segundo Henriques (1994) e Freitas *et al.*(2008), a redução da humidade ascencional em paredes pode ser executada com recurso a um corte hídrico (com barreiras físicas ou químicas), à diminuição da secção absorvente, à introdução de tubos de arejamento, à realização de electro-osmose, à ocultação das anomalias ou à ventilação na base das paredes.

A escolha do método a utilizar deverá ter em consideração factores como a estabilidade, espessura e heterogeneidade da parede e posição do nível freático. Além disso, deve-se atender ao facto de o interior do edifício ter sido recentemente intervencionado pelo que o método de redução da humidade ascencional deverá ser muito bem estudado.

O método mais vantajoso é o que recorre à ventilação da base. Deverá ser executado apenas se a cota da fundação das paredes se situar acima do nível freático. Para funcionar adequadamente, deverá ser aplicado nas faces exterior e interior das paredes (Freitas *et al*, 2008).

A ventilação na face exterior é natural. Cria-se um canal de ventilação, com ligação ao exterior, através de grelhas. Este canal pode ser executado em betão (betonado *in situ* ou com recurso a peças pré-fabricadas) ou com blocos de betão maciçados com laje betonada *in situ*. As grelhas de ventilação são colocadas de modo a criar uma corrente de ar através do canal, promovendo a "secagem" das paredes por efeito de sucção. As grelhas mencionadas deverão ser verticais de modo a não permitir a entrada de água da chuva ou objectos (Ferreira, 2009).

A ventilação na face interior das paredes apresenta mais condicionantes dado no interior haver, por exemplo, lajeados e outros elementos que não são compatíveis com a execução de um canal, como sucede no exterior. Opta-se por um tubo perfurado que acompanha o perímetro interior do edifício. O ar entra por uma grelha localizada, por exemplo, numa parede exterior. A exaustão é realizada por um ventilador de velocidade variável (dispositivo mecânico higro-regulável), que entra em funcionamento sempre que a humidade relativa no interior da conduta de ventilação é superior à humidade relativa no exterior (Freitas *et al,* 2008, Ferreira, 2009).

A execução deste método requer uma manutenção periódica.

Este método foi aplicado com sucesso na Igreja de Vila Boa do Bispo, Igreja de Vilar de Frades e Igreja Matriz de Caminha (Freitas *et al,* 2008, Ferreira, 2009).

8.1.2. ALTERAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE DRENAGEM DOS PAVIMENTOS DAS *LOGGIAS*

Deverão ser determinadas as condições de drenagem dos pavimentos das *loggias* e propor soluções que evitem a acumulação das águas pluviais e consequente ascensão das mesmas por capilaridade ao longo dos alçados interiores e das colunas, como tem sucedido até ao presente momento.

8.1.3. LIMPEZA DA PEDRA

As pedras que exibem maior quantidade de poeiras e/ou dejectos de pombos deverão ser limpas a seco com escova macia, de modo a retirar a sujidade sem danificar o substrato pétreo. Esta operação deverá ser eficaz na remoção das eflorescências pulverulentas que resultam da lixiviação dos dejectos dos pombos.

Se, em determinados pontos, esta operação não for bem sucedida, poder-se-á molhar as pedras e executar a escovagem por via húmida.

8.1.4. REMOÇÃO DOS ELEMENTOS METÁLICOS NÃO FUNCIONAIS

Dever-se-á proceder à remoção dos elementos metálicos não funcionais, pregos, arames e peças metálicas cravadas. Será necessário um cuidado especial na extracção das peças metálicas cravadas nas colunas das *loggias* dos 1º e 2º andares, uma vez que as pedras onde se encontram cravadas encontram-se bastante fissuradas e com elementos em destacamento ou já destacados. Os espaços vazios deverão ser preenchidos com argamasa à base de cal.

8.1.5. REMOÇÃO DAS ARGAMASSAS DE CIMENTO DAS JUNTAS, LIMPEZA DAS MESMAS E SEU PREENCHIMENTO COM ARGAMASSAS DE CAL

Dever-se-á proceder à remoção das argamassas de cimento Portland usadas no preenchimento de juntas, dado o seu efeito nefasto. Estas argamassas, bem como as de cal que se encontrem deterioradas, deverão ser retiradas por meios mecânicos sem danificar as pedras e, seguidamente, as juntas deverão ser limpas com ar comprimido.

Nas juntas que apresentam argamassas antigas de cal deterioradas e em que foram utilizadas conchas, nomeadamente nos arcos e capitéis das colunas da *loggia* rés-do-chão e nas colunas das *loggias* dos 1º e 2º andares, não se deverá retirar as referidas conchas dado que as mesmas proporcionam eficazmente a distribuição de esforços e a flexibilidade/articulação entre os blocos. Além disso, constituem uma técnica construtiva antiga que é de todo o interesse preservar.

Se a remoção de argamassas de cimento, muitas vezes fortemente aderentes à pedra, implicar a perda de quantidades significativas de material pétreo, pode optar-se pela sua permanência, mesmo tendo em conta os seus efeitos prejudiciais.

Após a limpeza, as juntas deverão ser preenchidas com uma argamassa à base de cal e com areias siliciosas de granulometria adequada por meio de seringas com aberturas de diâmetro adequado à espessura das juntas.

A aplicação das argamassas em cornijas e outras zonas horizontais deverá ser extremamente cuidada, de modo a impedir a percolação das águas pluviais através das juntas.

Há necessidade de realizar um conjunto de testes, utilizando diferentes quantidades e qualidades de pigmentos, com o intuito de afinar a cor da argamassa, de modo a que, após a sua secagem, não haja diferenças significativas de tonalidade entre a pedra e as argamassas aplicadas nas juntas.

8.1.6. REMOÇÃO DAS ARGAMASSAS DE CIMENTO DE COLMATAÇÃO DE LACUNAS

Torna-se necessário, de igual modo, promover a remoção das argamassas de cimento Portland usadas na colmatação de lacunas, dado o seu efeito prejudicial para a pedra. Estas argamassas deverão ser retiradas por meios mecânicos sem danificar as pedras. As superfícies das lacunas deverão seguidamente ser limpas com ar comprimido.

Após a limpeza, as lacunas poderão ou não ser preenchidas com uma argamassa à base de cal e com areias siliciosas de granulometria adequada. A decisão de preencher ou não a lacuna deverá ter subjacentes, entre outros, critérios de estabilidade estrutural e estéticos.

Se não estiver em causa a estabilidade da peça ou da estrutura, recomenda-se o não preenchimento da lacuna, uma vez que as pedras de granito e as argamassas, mesmo as que são à base de cal, apresentam composição química e mineralógica muito diferentes, bem como comportamentos distintos no que concerne à transferência da água por capilaridade e à evaporação da mesma, dado que os meios porosos são muito diferentes.

8.1.7. REMOÇÃO DOS FILMES CASTANHO ESCUROS

Nas áreas revestidas com os filmes castanho escuros ou com depósitos superficiais de óxidos de ferro, pode recorrer-se a métodos abrasivos (micro abrasão e método misto patenteado com projecção de água e de partículas constituídas por carbonato de cálcio precipitado) ou a métodos químicos.

A aplicação de qualquer destes métodos deverá ser precedida de ensaios prévios para verificação da sua eficácia e adequabilidade.

A micro abrasão é um método de projecção de partículas preciso e, por isso, facilmente controlável no que concerne à perda de material pétreo.

Este sistema é basicamente constituído por um micro jacto de 1,5 mm de diâmetro e quatro bar de pressão, projectando partículas de óxido de alumínio branco com 220 μm de diâmetro (Begonha, 2011a, 2012).

Este método, eficaz para pequenas áreas, foi aplicado com sucesso na Igreja Matriz de Caminha (Ferreira, 2004) e no Chafariz de Caminha.

Recentemente, e em alternativa, tem vindo a ser utilizado um método abrasivo misto patenteado com projecção de água e de partículas constituídas por carbonato de cálcio precipitado de dureza muito inferior à da areia e à do pó de vidro.

O jacto é projectado com pressões inferiores a três bar, constituindo um processo menos prejudicial para a pedra e amigo do ambiente.

É eficaz e rápido, permitindo, por um lado, controlar o grau de limpeza pretendido e, por outro, remover os filmes castanho escuros, sendo, todavia, uma técnica cara, necessitando de mão-de-obra muito especializada e equipamentos muito dispendiosos. Foi aplicado com sucesso no rés-do-chão da Igreja de Nossa Senhora da Lapa, no Porto (Begonha, 2009b, 2010, 2011a)

A aplicação de produtos químicos tem como objectivo o desprendimento da sujidade, a desincrustação de depósitos acumulados e a remoção de filmes negros ou castanho escuros.

O mercado oferece produtos ácidos e simultaneamente tensoactivos. Cada produto vem acompanhado de instruções de utilização. Aplicam-se, em geral, após a escovagem e/ou a molhagem da superfície sobre a qual se vão aplicar, com o fim de limitar a sua acção decapante no interior da pedra.

O produto sob a forma líquida ou de pasta é mantido durante um determinado período de tempo especificado nas instruções, sendo depois retirado, lavando-se de seguida a superfície.

Os procedimentos com os produtos ácidos tensoactivos são eficazes e rápidos, podendo, no entanto, ter efeitos contraproducentes para paramentos e para o pessoal técnico, para além de poderem, inclusivamente, originar futuras eflorescências.

Estes produtos químicos incluem quase sempre na sua composição o ácido fluorídrico, composto químico extremamente agressivo e volátil, pelo que as normas de protecção das áreas circundantes e de segurança dos operadores devem ser obrigatória e escrupulosamente implementadas.

Por este motivo, a concentração dos produtos químicos deve ser a menor possível, de modo a proteger não só os materiais pétreos, mas também garantir a segurança dos operadores.

Os produtos de limpeza podem ser aplicados com pincel ou trincha resistentes a ácidos, ou por pulverização a baixa pressão sobre a pedra, previamente molhada com água, de modo a evitar, tanto quanto possível, uma forte penetração do produto na rede porosa da mesma.

Os produtos não chegam a secar, uma vez que o período de actuação é curto, não ultrapassando em geral os três a cinco minutos.

Imediatamente após a aplicação do produto, as superfícies tratadas devem ser lavadas abundantemente com água. O controlo desta operação pode ser executado com papel indicador de pH.

Todas as instruções do fabricante devem ser criteriosamente cumpridas. A sua eficácia na remoção é grande, no entanto, o produto químico ácido pode ser aplicado mais do que uma vez sempre que a supressão deste tipo de deterioração assim o exigir.

É preferível aplicar maior número de vezes o produto com concentrações mais baixas, do que uma única aplicação com concentração mais elevada.

Este método químico foi implementado com sucesso na Igreja de Nossa Senhora da Lapa, no Porto (Begonha, 2009b, 2010, 2011a), no Edifício da Câmara Municipal do Porto e em diversas casas de finais do século XIX localizadas na rua de São Roque da Lameira no Porto, também na cidade do Porto.

8.1.8. REMOÇÃO DAS CROSTAS NEGRAS E DAS EFLORESCÊNCIAS PULVERULENTAS QUE AS BORDEJAM

As crostas negras e as eflorescências pulverulentas que as bordejam deverão ser removidas a seco com escovas macias de nylon ou piaçaba. Todavia, este processo poderá não retirar na sua totalidade as crostas negras. Se tal se verificar, dever-se-á usar, de seguida, o método da água nebulizada.

O método de água nebulizada consiste em orvalhar apenas a superfície da pedra. Tal poderá ser concretizado através de dispositivos especiais compostos por uma bateria de braços articulados que direccionam a água para as superfícies a limpar (Begonha, 2012).

A fase de "amolecimento" da crosta negra pode demorar um período de tempo mais ou menos significativo, mas não exige a presença permanente dos técnicos no local.

Este método foi aplicado com sucesso na Igreja de Nossa Senhora da Lapa, no Porto (Begonha, 2009b, 2010, 2011a).

8.1.9. ELIMINAÇÃO DA COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA

Os herbicidas e os biocidas devem, quando possível, ser aplicados antes de outros produtos em tratamentos de consolidação ou de hidrofugação.

Aplicam-se com brocha, trincha, pistola ou injecções, seguindo-se criteriosamente as instruções do fabricante e as recomendações do mesmo relativamente à protecção a ter com o técnico aplicador e outras pessoas próximas do local.

No caso de plantas superiores de médio a grande porte como arbustos e árvores, aplicam-se sob a forma de injecções directamente no sistema vascular das mesmas, usualmente de forma repetida.

O arranque dos exemplares de fanerogâmicas, sobretudo arbustos e árvores, e de fetos mais fortemente enraizados nas juntas ou fendas pode danificar as pedras adjacentes. As plantas superiores deverão ser tratadas com aplicação de um herbicida de contacto e/ou um sistémico para eliminar as espécies presentes que, só posteriormente, deverão ser removidas.

Os herbicidas de contacto são mais eficazes contra as ervas daninhas anuais e matam apenas as partes da planta em que o químico é depositado.

Os herbicidas sistémicos são absorvidos quer pelas raízes, quer pelas partes foliares da planta, sendo transportados pelo sistema vascular até tecidos afastados do ponto de aplicação.

Apesar de os herbicidas sistémicos poderem ser eficazes quer contra as plantas daninhas anuais quer contra as perenes, são particularmente vantajosos no que concerne às últimas.

Estas operações, tal como a aplicação de biocida para a eliminação de microorganismos, deverão ser realizadas antes da limpeza e tratamento das juntas onde se verifica o crescimento destes tipos de plantas.

Os tratamentos com produtos biocidas têm em vista a eliminação de microrganismos bacterianos, líquenes, fungos, algas e musgos.

Nas áreas onde se verifica o desenvolvimento de líquenes e microrganismos, dever-se-á proceder à sua eliminação através de um tratamento com biocida apropriado à base de sais de amónio, por vezes associados a tributil de estanho (Begonha, 2012).

Nas áreas mais intensamente colonizadas, poderá ser necessário aumentar o número de aplicações, podendo ser executadas a pincel ou com aspersor e seguindo-se criteriosamente as instruções do fabricante e as recomendações do mesmo relativamente à protecção a ter com o técnico aplicador e outras pessoas próximas do local. Durante a aplicação e período de acção do produto, as áreas tratadas devem ser protegidas da chuva.

Previamente à remoção do material biológico, dever-se-á proceder à confirmação de que todas os organismos estão mortos. A raspagem dos líquenes vivos evidencia uma componente esverdeada subjacente. Quando tal suceder, será necessário efectuar nova aplicação do biocida. Após um período não inferior a quatro semanas de actuação do biocida (com confirmação de que todos os exemplares estão mortos), a colonização biológica deverá ser removida com escovas macias de piaçaba ou de nylon e, eventualmente, com o auxílio de pequenas quantidades de água, de preferência pelo sistema de água nebulizada. A limpeza deverá ser realizada de modo a que o edifício exiba uma patine o mais homogénea possível e não se observem contrastes inestéticos nos tons das cores finais, pese embora os diferentes tons das pedras com graus de meteorização e/ou deterioração diferenciados.

Produtos biocidas e herbicidas dos tipos propostos foram empregues na Igreja Matriz de Caminha (Ferreira, 2004), Chafariz de Caminha (Begonha, 2003d) e na Igreja de Nossa Senhora da Lapa, no Porto (Begonha, 2009b, 2010, 2011a).

Mesmo os biocidas mais eficazes não impedem a recolonização biológica a médio ou longo prazo, devendo por isso proceder-se à sua reaplicação com certa regularidade e à protecção das superfícies tratadas com um produto hidrófugo.

8.1.10. COLAGEM DE ELEMENTOS DESTACADOS, PEDRAS FRACTURADAS, FENDAS, FISSURAS OU PLACAS

Conforme anteriormente referido, antes da colagem ou do preenchimento das duas fendas assinaladas na Figura 3.44 e das fissuras que afectam o braço direito da estátua de Hermes da 3ª coluna da *loggia* do 1º andar, é indispensável um parecer ou estudo estrutural sobre o monumento.

Antigamente uniam-se as pedras ou elementos estruturais fracturados por flexão ou assentamentos diferenciais com gatos. Tanto quanto foi possível observar, não se detectou qualquer destes elementos estruturais no Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo. No entanto, se os mesmos existirem, aconselha-se a sua substituição por elementos em aço inoxidável, uma vez que normalmente se encontram oxidados ou em risco de tal suceder.

Todavia, no Hospital da Misericórdia, foi cravada uma peça metálica em cada uma das colunas das *loggias* dos 1º e 2º andares (faces voltadas para as portas das *loggias*) num total de doze e em duas das colunas da *loggia* do 1º andar foram cravadas outras duas peças metálicas, perfazendo 8 nessa *loggia* (Quadro 3.2). Várias destas peças são responsáveis pela forte fissuração das pedras e pela queda de fragmentos de grande dimensão que originaram lacunas. Esses fragmentos ainda se encontram em cada uma das *loggias* pelo que deverão ser colados.

Com a colagem de elementos destacados, pedras fracturadas, fendas, fissuras ou placas, procura-se unir fragmentos, pedras, fendas, placas ou elementos fracturados.

Presentemente, os elementos destacados, fendas, fissuras e placas colam-se com injecção de resinas de poliéster ou epoxídicas com ou sem o auxílio de peças em aço inoxidável. As resinas de poliéster são mais resistentes à acção dos raios ultravioletas do que as resinas epoxídicas.

Peças de aço inoxidável e de resinas de poliéster ou epoxídicas foram utilizadas nas intervenções realizadas na Igreja Matriz de Caminha (Ferreira, 2004), na Igreja de Nossa Senhora da Lapa, no Porto (Arêde *et al*., 2008a, 2008b; Begonha, 2009b, 2010, 2011a) e nos elementos decorativos na cobertura do Hospital de Santo António, no Porto (Costa *et al*., 2008).

Pode igualmente aplicar-se uma resina perto da superfície e injectar uma argamassa de cal por detrás da mesma, utilizando uma seringa de abertura com diâmetro adequado à espessura da fenda ou fissura. A resina impede a saída da argamassa e, posteriormente, é revestida com uma outra argamassa de cal. Este tipo de procedimentos foi aplicado na Igreja de Nossa Senhora da Lapa, no Porto (Begonha, 2009b, 2010, 2011a).

8.1.11. CONSOLIDAÇÃO DAS ÁREAS MAIS INTENSAMENTE AFECTADAS POR DESAGREGAÇÃO GRANULAR

Nas pedras mais intensamente afectadas por desagregação granular, dever-se-á aplicar um produto destinado a consolidar as zonas onde a coesão da rocha é fraca ou quase nula.

A consolidação deve manter o aspecto exterior da pedra e, devido à diminuição da porosidade, aumentar a resistência face a ataques posteriores.

A *loggia* do rés-do-chão, zona mais afectada por desagregação granular de intensidade forte, só deverá ser consolidada se se tiver concretizado a redução/eliminação da humidade ascensional nas colunas da *loggia*, nos lados da Fachada Principal e igualmente na Porta das Chagas.

Os alçados interiores e as colunas das *loggias* dos 1º e 2º andares só deverão ser consolidados se tiverem sido implementadas as medidas de drenagem dos pavimentos das mesmas que tenham eliminado a ascensão por capilaridade das águas pluviais.

O consolidante a utilizar deverá ser à base de ortossilicato de tetraetilo, disponível em várias marcas no mercado (Begonha, 2012). A aplicação do consolidante deverá ser executada por técnico de restauro experimentado. A presença de quantidades significativas de minerais de sais solúveis, não visíveis macroscopicamente nas pedras afectadas por desagregação granular em virtude de estes minerais cristalizarem no interior da rede porosa do granito, pode diminuir a eficácia destes produtos, pelo que é indispensável a realização de aplicações experimentais do consolidante no local.

O consolidante deve ser aplicado até recusa aparente, de modo a conseguir-se uma profundidade de penetração o maior possível, seguindo-se as instruções do fabricante. As pedras deverão estar limpas e secas, não podendo o produto ser aplicado em superfícies molhadas. Após a aplicação, o produto tem um tempo de cura de pelo menos três semanas, pelo que as superfícies consolidadas deverão continuar protegidas da chuva durante esse intervalo de tempo.

Relativamente a eventuais alterações cromáticas de superfícies tratadas com consolidantes à base de ortossilicato de tetraetilo, ensaios efectuados anteriormente em dois tipos de granitos usados em São Pedro de Rates (Begonha, 2003b), no microgranito usado na Igreja de Nossa Senhora da Assunção, Matriz de Caminha (Fojo, 2006; Begonha e Fojo, 2008) e em pedras de granito do Porto de uma casa situada na rua de Santa Catarina (Resende, 2010) mostraram não existir qualquer variação cromática significativa nos provetes dos granitos estudados, mesmo após a realização de ensaio de envelhecimento acelerado.

De igual modo, a aplicação de consolidantes à base de ortossilicato de tetraetilo na intervenção realizada na Igreja de Nossa Senhora da Lapa, no Porto, não teve qualquer influência cromática (Begonha, 2009b, 2010, 2011a).

8.1.12. APLICAÇÃO DE UM PRODUTO HIDRÓFUGO

Um hidrófugo tem como objectivo reduzir ou mesmo impedir a entrada de água. Ao diminuir a quantidade de água que entra nas pedras, aumenta a durabilidade, uma vez que reduz as probabilidades de ocorrência de gelividade, do número de ciclos de dissolução/cristalização, deliquescência/cristalização e hidratação/desidratação dos minerais de sais solúveis e do desenvolvimento de seres vivos.

A hidrofugação só deverá ser realizada se tiver sido feita redução/eliminação da humidade ascensional na *loggia* do rés-do-chão e na Porta das Chagas, bem como a drenagem dos pavimentos das *loggias* dos 1º e 2º andares. Caso contrário, observar-se-ão deteriorações a cotas mais elevadas.

De modo a não modificarem o aspecto das pedras, os hidrófugos devem ser incolores, não devem mudar de cor por reacção com os raios ultravioletas da radiação solar e devem permitir a evaporação das pedras.

Os hidrófugos aplicam-se com uma brocha ou trincha, pistola, aspersor ou spray.

Uma vez polimerizados e secos, repelem a água por aumento do ângulo de contacto entre a gota e o paramento, produzindo o efeito de pérola.

Dado que a eficácia de um produto biocida não resiste, em geral, após o Inverno imediatamente a seguir à aplicação desse produto, principalmente em zonas das fachadas propensas ao desenvolvimento de plantas, nomeadamente as fachadas orientadas a Norte e os recantos mais sombrios e húmidos, aconselha-se, como medida preventiva do novo desenvolvimento de algas, musgos e líquenes, a aplicação de um produto hidrófugo depois do período de cura do biocida.

Por outro lado, a redução da entrada de água por capilaridade após a aplicação de um consolidante não impede a entrada quer das soluções salinas a partir do solo quer das águas da chuva, não reduzindo, assim, significativamente a progressão dos processos de deterioração da pedra. Recomenda-se, pois, a aplicação de um produto hidrófugo após o período de cura do consolidante. Não é recomendável a aplicação de um produto simultaneamente consolidante e hidrófugo, dado que ensaios realizados anteriormente com dois tipos de granito empregues na Igreja de São Pedro de Rates (Begonha, 2003b) mostraram que a profundidade de penetração deste tipo de produtos é insuficiente.

O produto hidrófugo a utilizar deverá ser à base de um polisiloxano de modo a tornar as superfícies hidro-repelentes (Begonha, 2012). O produto deve ser aplicado por técnico de restauro, seguindo rigorosamente as instruções do fabricante. O período de eficácia de um hidrófugo não é, em geral, muito longo, pelo que se torna indispensável a sua reaplicação com certa periodicidade.

Dever-se-á ter em especial atenção a aplicação do produto hidrófugo nas cornijas de modo a evitar a entrada e passagem de água por capilaridade através das pedras.

Ensaios de absorção de água por capilaridade realizados por Ferreira Pinto (1993) no granito empregue na Anta Grande do Zambujeiro e por Fojo (2006) e Begonha e Fojo (2008) em provetes de um granito recolhido na Igreja Matriz de Caminha, antes e depois da aplicação de dois hidrófugos à base de um polisiloxano, mostraram que a sua eficácia é excelente em termos de hidro-repelência, mesmo depois de realizados ensaios de envelhecimento acelerado, não introduzindo qualquer alteração cromática significativa nos granitos.

O mesmo sucedeu com a aplicação de produtos hidrófugos deste tipo na Igreja Matriz de Caminha (Ferreira, 2004) e na Igreja de Nossa Senhora da Lapa, no Porto (Begonha, 2009b, 2010, 2011a) onde os produtos se revelaram muito eficazes em termos de hidro-repelência, não tendo introduzido qualquer alteração cromática significativa nos granitos dos dois monumentos.

8.1.13. COLOCAÇÃO DE CHAPAS DE ZINCO

Quando se pretende a impermeabilização total de uma cornija ou de superfícies com pequena a média inclinação, pode recorrer-se ao seu revestimento com chapas de zinco. Esta técnica deverá ser implementada nas duas superfícies inclinadas que encumeiam o frontão do Hospital da Misericórdia.

A execução deve ser muito cuidada e deve ter-se especial atenção na ligação entre as chapas e a pedra, de modo a não haver passagem de água na interface. No caso de se ter optado pelo sistema de entregas, os rasgos devem ser o menos possível intrusivos, minimizando o impacto nas pedras.

Esta técnica foi adoptada na cornija do frontão da Igreja de Nossa Senhora da Lapa, no Porto (Begonha, 2009b, 2010, 2011a).

8.1.14. COLOCAÇÃO DE DISPOSITIVOS ELECTROSTÁTICOS ANTI-POMBOS

Considera-se como indispensável a aplicação de dispositivos electrostáticos nas zonas de permanência dos pombos, nomeadamente as cornijas, topos das portas das três *loggias*, nichos, reentrâncias, estátuas, bustos, parapeitos e bases e reentrâncias das colunas das *loggias* dos 1º e 2º andares.

Os dispositivos electrostáticos impossibilitam a aterragem e permanência das aves através de dois cabos paralelos que criam uma descarga eléctrica não fatal, mas incómoda. A descarga eléctrica ocorre quando uma das aves entra em contacto com qualquer dos cabos.

O sistema electrostático é muito pouco perceptível e extremamente eficaz no afastamento das aves, sendo, porém, muito dispendioso.

Por este motivo, a montagem de todos os equipamentos necessários para o funcionamento do sistema electrostático deve ser executada por firmas especializadas e com experiência neste domínio.

Durante a fase inicial de entrada em serviço do sistema, deve fazer-se uma observação contínua de todo o edifício para verificar se há algum ponto onde as aves conseguem aterrar e, se tal suceder, introduzir as alterações necessárias para que o sistema electrostático seja 100% eficiente.

Na cidade do Porto, esta técnica foi adoptada com grande eficácia, entre outros locais, nos claustros e torres da Sé Catedral e na Igreja de Nossa Senhora da Lapa (Begonha, 2009b, 2010, 2011a).

8.1.15. PROTECÇÃO DA *LOGGIA* DO RÉS-DO-CHÃO E DA PORTA DAS CHAGAS

A *loggia* do rés-do-chão é muito frequentada por indivíduos sem abrigo que aí permanecem, sujando as pedras e contribuindo consideravelmente para o decaimento do granito através de diversas actividades fisiológicas (urina, vómitos, restos de alimentos). O mesmo se passa na Porta das Chagas.

Aconselha-se a protecção da *loggia* através de um gradeamento ou de painéis de vidro que sejam aceites pelos parâmetros estabelecidos pelo IGESPAR. O acesso e as imediações da Porta das Chagas deverão ser controlados.

8.2. ORÇAMENTO DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Foi efectuado o pedido de orçamento relativo à proposta de intervenção para o Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo a uma empresa de reconhecido mérito de conservação e restauro que gentilmente acedeu.

Para além da proposta de intervenção, foi entregue a cartografia das deteriorações (Figuras 3.40 a 3.55) e medições efectuadas. É de salientar que, tendo por base esses mesmos dados, o orçamento poderá estar abaixo do que realmente seria determinado para a execução da intervenção, uma vez que as áreas obtidas através do *software* AutoCad 2010 foram calculadas no plano, não contabilizando as áreas acrescidas pelo trabalhado dos pormenores existentes por todo o edifício. Apesar disso, o orçamento foi realizado, para a mesma tarefa, com preços diferentes, atendento ao tipo de suporte (mais escultórico na Fachada Principal e Porta das Chagas e mais simples e menos deteriorado no interior das *loggias*).

O Quadro 8.1 apresenta o estudo económico, com indicação dos trabalhos a executar, quantidades, preços unitários, preços parciais e preço total.

Quadro 8.1 – Estudo económico.

	Designação dos trabalhos	un	Quantidade	Preço unitário (€)	Totais Parciais (€)	Total (€)
	1- ESTALEIRO					
1.1	Montagem, manutenção e desmontagem de estaleiro necessário à realização dos trabalhos, incluindo tapumes.	vg	1,0	2750,00	2750,00	
1.2	Montagem, manutenção e desmontagem de andaimes, montados de acordo com a legislação em vigor.	m²	280,00	6,50	1820,00	
1.3	Aluguer mensal dos andaimes.	dias	120	12,60	1512,00	
1.4	Desenvolvimento prático do plano de segurança e saúde.	vg	1,00	350,00	350,00	
1.5	Desenvolvimento prático do plano de gestão de resíduos, incluindo encargo com taxas de depósito de resíduos em entidades licenciadas.	vg	1,00	745,00	745,00	
1.6	Fornecimento e assentamento de tela cénica sobre os andaimes, microperfurada com tratamento fotográfico.	un	1	2.688,00	2.688,00	**9865,00**
	2- TRABALHOS DE RESTAURO					
2.1	**FACHADA PRINCIPAL**					
2.1.1	Limpeza a seco do substracto pétreo. Se necessário, utilizar a via húmida com escova de nylon e água.	m²	95,00	32,50	3087,50	
2.1.2	Remoção dos elementos metálicos não funcionais e preenchimento dos negativos com uma argamassa à base de cal.	un	44,0	17,5	770,00	
2.1.3	Remoção de argamassas em juntas.	m	61,0	11,5	701,50	
2.1.4	Limpeza das juntas com ar comprimido e preenchimento das mesmas.	m	139,5	14,75	2057,63	
2.1.4	Remoção das argamassas de cimento utilizadas em colmatação de lacunas.	m²	1,8	165,00	297,00	
2.1.5	Remoção da argamassa de revestimento no topo do frontão (se não danificar o substracto).	m²	6,7	11,00	73,70	
2.1.6	Remoção dos filmes castanho escuros ou com depósitos de óxidos de ferro.	m²	3,7	177,50	656,75	
2.1.7	Remoção, a seco, das crostas negras e das eflorescências pulverulentas que as bordejam. Se necessário, recorrer à via húmida, com água nebulizada e escova macia.	m²	4,8	185,00	888,00	
2.1.8	Eliminação da colonização biológica.					
2.1.8.1	Plantas superiores (com recurso a herbicida).	un	20	17,50	350,00	
2.1.8.2	Líquenes, musgos, fungos e algas (com recurso a biocida).	m²	64,8	28,70	1859,76	
2.1.9	Colagem de fendas e fissuras.	m	12,1	43,50	526,35	
2.1.10	Colagem de fragmentos destacados de pedra.	un	2,0	127,50	255,00	

Quadro 8.1 – Estudo económico (continuação).

	Designação dos trabalhos	un	Quantidade	Preço unitário (€)	Totais Parciais (€)	Total (€)
	2- TRABALHOS DE RESTAURO					
2.1	**FACHADA PRINCIPAL**					
2.1.11	Consolidação das áreas mais afectadas por desagregação granular e plaquetas, com a aplicação de um consolidante.	m²	19,5	56,00	1092,00	
2.1.12	Aplicação de um produto hidrófugo.	m²	95	8,0	760,00	
2.1.13	Fornecimento e colocação de chapa de zinco nº 12, com um desenvolvimento de 0,75 m, sobre a cornija que encima o edifício, incluindo dobras, quinagens, fixação com presilhas de aço inox, juntas de dilatação e soldas a estanho.	m	7,3	87,50	638,75	
2.1.14	Dispositivos electrostáticos de afastamento de pombos	m	27	75,00	2025,00	**16038,94**
2.2	**INTERIOR DAS LOGGIAS**					
2.2.1	Limpeza a seco do substracto pétreo. Se necessário, utilizar a via húmida com escova de nylon e água.	m²	288	18,50	5328,00	
2.2.2	Remoção dos elementos metálicos não funcionais e preenchimento dos negativos com uma argamassa à base de cal.	un	34	17,50	595,00	
2.2.3	Remoção de argamassas, em juntas, limpeza das mesmas com ar comprimido e seu preenchimento.	m	187,9	12,50	2348,75	
2.2.4	Remoção das argamassas de cimento utilizadas em colmatação de lacunas.	m²	0,6	165,00	99,00	
2.2.5	Remoção dos filmes escuros ou com depósitos de óxidos de ferro.	m²	4,6	152,00	699,20	
2.2.6	Remoção, a seco, das crostas negras e das eflorescências pulverulentas que as bordejam. Se necessário, recorrer à via húmida, com água nebulizada e escova macia.	m²	0,2	173,00	34,60	
2.2.7	Colagem de fendas e fissuras.		1,3	43,50	56,55	
2.2.8	Colagem de elementos destacados (incluindo os elementos que se destacaram completamente dos locais onde são actualmente visíveis lacunas).	un	6	127,50	765,00	
2.2.9	Consolidação das áreas mais afectadas por desagregação granular e plaquetas, com a aplicação de um consolidante.	m²	46,4	56,00	2598,40	
2.2.10	Aplicação de um produto hidrófugo.	m²	157	8,00	1256,00	
2.2.11	Dispositivos electrostáticos de afastamento de pombos.	m	9,5	75,00	712,50	**14493,00**
2.3	**PORTA DAS CHAGAS**					
2.3.1	Limpeza a seco do substracto pétreo. Se necessário, utilizar a via húmida com escova de nylon e água.	m²	7,7	27,50	42,50	

Quadro 8.1 – Estudo económico (continuação).

	Designação dos trabalhos	un	Quantidade	Preço unitário (€)	Totais Parciais (€)	Total (€)
	2- TRABALHOS DE RESTAURO					
2.3	**PORTA DAS CHAGAS**					
2.3.2	Remoção dos elementos metálicos não funcionais e preenchimento dos negativos com uma argamassa à base de cal.	un	1	17,50	17,50	
2.3.3	Limpeza das juntas com ar comprimido e seu preenchimento.	m	1,7	27,50	46,75	
2.3.4	Remoção das argamassas de cimento utilizadas em colmatação de lacunas.	m²	0,05	165,00	8,25	
2.3.5	Remoção, a seco, das crostas negras. Se necessário, recorrer à via húmida, com água nebulizada e escova macia.	m²	0,01	173,00	1,73	
2.3.6	Colagem de fendas e fissuras.	m	0,8	65,25	52,20	
2.3.7	Consolidação das áreas mais afectadas por desagregação granular e plaquetas, com a aplicação de um consolidante.	m²	4,3	56,00	240,80	
2.3.8	Aplicação de um produto hidrófogo.	m²	7,7	8,00	61,20	
2.3.9	Dispositivos electrostáticos de afastamento de pombos .	m	6,5	87,50	578,75	**1324,83**
2.4	**RELATÓRIO FINAL**					
2.4.1	Elaboração de relatório.	un	1	1250,00	1250,00	**1250,00**
	Total					**42.971,77**

O estudo económico exibido não contém o custo para a redução/eliminação da humidade ascensional nas paredes da *loggia* do rés-do-chão e para as paredes da fachada que contém a Porta das Chagas, uma vez que seria necessário um estudo mais aprofundado e detalhado para decidir o método a utilizar. Também não inclui o custo de manutenção do edifício.

Seguindo a metodologia proposta, a intervenção teria um custo de 42.971,77€.

Foi ainda cedida a informação de que a obra teria um prazo de execução de aproximadamente 120 dias e que seriam necessários um engenheiro civil, um encarregado, um técnico superior de higiene e segurança no trabalho, três montadores de andaimes, um manobrador de máquinas, dois serventes, dois electricistas, um funileiro, dois técnicos superiores de conservação e restauro em revestimentos pétreos, sendo um com experiência mínima de cinco anos e três técnicos de conservação e restauro em revestimentos pétreos distribuídos de acordo com um planeamento que deverá ser pensado e estudado antes do início dos trabalhos e seguido durante a obra.

9
PLANO DE MANUTENÇÃO DO EDIFÍCIO

A implementação de um plano de manutenção torna-se essencial para melhorar a preservação futura do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo. A vigilância de situações que possam potencialmente provocar danos no monumento deve tomar parte de uma rotina periódica.

As simples operações de limpeza, geralmente subestimadas e, frequentemente, negligenciadas, são de extrema importância na prevenção do aparecimento das deteriorações descritas no Capítulo 3. De modo a minimizar a sua propagação, torna-se necessário efectuar reparações no tempo adequado, tendo em atenção que as mesmas deverão ser antecedidas por uma correcta interpretação das causas.

De acordo com Calejo Rodrigues (2001) e de um modo muito breve, um plano de manutenção deve, por isso, subdividir-se numa manutenção preventiva, numa gestão de vida útil e numa manutenção correctiva. Tal como o nome indica, a manutenção preventiva consiste na realização de inspecções periódicas, observando e registando indicadores do comportamento do edifício, potenciando assim uma actuação antes da manifestação. A gestão de vida útil consiste na antevisão da necessidade de substituição motivada pelo fim de vida útil de um produto. A manutenção correctiva engloba os procedimentos resultantes da identificação de anomalias.

Para o Hospital da Misericórdia, a manutenção incidirá numa manutenção preventiva e numa gestão da vida útil dos produtos aplicados na intervenção.

Um plano de manutenção, tendo como função estabelecer previsões e planear acções de manutenção, serve, também, como um "manual do utilizador" que auxilia as gerações vindouras na utilização do edifício.

Propõe-se um plano de manutenção que está direccionado para o comportamento do material pétreo, o granito, utilizado no Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo.

Este plano inclui os seguintes itens:

- Eventual reaparecimento da colonização biológica;
- Comportamento das colas;
- Comportamento das fendas;
- Comportamento do consolidante;
- Eficácia do produto hidrófugo;
- Estabilidade e eficácia das chapas de zinco;
- Funcionamento dos dispositivos electrostáticos anti-pombos;
- Funcionamento do eventual sistema de ventilação.

9.1. EVENTUAL REAPARECIMENTO DA COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA

Deverão ser realizadas inspecções visuais a meio do período de Inverno e no fim do mesmo para verificar se houve reaparecimento de colonização biológica, sobretudo de algas de cor verde. Como os biocidas não impedem a recolonização a médio ou longo prazo, deve-se proceder à sua reaplicação com certa regularidade.

9.2. COMPORTAMENTO DAS COLAS

Uma vez por ano, deverá ser levada a cabo uma verificação nos pontos em que se utilizaram colas nos elementos destacados, pedras fracturadas, fendas, fissuras ou placas, tendo em especial atenção o interior das *loggias* dos 1º e 2º andares onde foram cravadas peças metálicas nas colunas, bem como o braço esquerdo da estátua de Hermes da 3ª coluna da *loggia* do 1º andar.

9.3. COMPORTAMENTO DAS FENDAS

Conforme o parecer emitido por um especialista de estruturas, recomenda-se a eventual monitorização das duas fendas assinaladas na Figura 3.44. O material utilizado no preenchimento das fendas deverá ser inspeccionado de modo a averificar a estabilidade ou não das mesmas.

9.4. COMPORTAMENTO DO CONSOLIDANTE

O ortossilicato de tetraetilo é um material bastante durável. Todavia, aconselha-se a que anualmente se verifique se continua ou não a haver perda de material pétreo por desagregação granular. É necessário ter especial atenção aos capitéis e arcos da *loggia* do rés-do-chão, onde a desagregação granular é mais intensa.

9.5. EFICÁCIA DO PRODUTO HIDRÓFUGO

O aparecimento de colonização biológica poderá indiciar um comportamento ineficaz do hidrófugo ou o fim da sua vida útil. De qualquer modo, a eficácia de um hidrófugo é diminuta ao fim de um período de 4 a 5 anos, pelo que se recomenda a reaplicação do mesmo após um período máximo de 4 anos.

9.6. ESTABILIDADE E EFICÁCIA DAS CHAPAS DE ZINCO

Deverão ser feitas inspecções visuais a meio da estação do Inverno e no fim do mesmo para verificar se as chapas de zinco permanecem fixas ao substrato granítico e solidárias entre si.

9.7. FUNCIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS ELECTROSTÁTICOS ANTI-POMBOS

Na primeira semana após a colocação dos dispositivos electrostáticos anti-pombos, dever-se-á controlar de uma maneira sistemática, se há algum local onde os pombos consigam aterrar e permanecer. Se tal se verificar, dever-se-á contactar a firma responsável pela aplicação dos dispositivos. Posteriormente, deverá ser executado um controlo apertado do sistema anti-pombo. A falha do sistema implica o estacionamento e permanência quase imediatos dos pombos, pelo que imediatamente se deverá proceder à reparação da avaria do sistema.

9.8. FUNCIONAMENTO DO EVENTUAL SISTEMA DE VENTILAÇÃO

A utilização do método de ventilação pela base para a redução/eliminação da humidade ascensional, deverá ser regularmente inspecionado. Dever-se-á a verificar se as grelhas se encontram livres de obstáculos e se o sistema mecânico higro-regulável se encontra a funcionar correctamente.

BIBLIOGRAFIA

Aires-Barros, L. (1991). *Alteração e alterabilidade de rochas.* Instituto Nacional de Investigação Científica. Lisboa. 384 pp.

Alves, C. (1997). *Estudo da deterioração de materiais graníticos aplicados em monumentos da cidade de Braga (Norte de Portugal). Implicações na conservação do Património Construído.* Tese de Doutoramento. Escola de Ciências. Universidade do Minho. Braga. 291 pp.

Alves, C., Sequeira Braga, M. A. (1993). Sais *solúveis presentes em monumentos graníticos de Braga* in Proceedings IX Semana de Geoquímica e II Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa-Porto 1993. Eds. F. Noronha, M. Marques e P. Nogueira. Porto. pp. 525-529.

Alves, C., Sequeira Braga, M. A. (1994). *Acção deteriorante da cristalização de sais em monumentos graníticos (um exemplo em Braga, Portugal)* in Proceedings Scientific Meeting - Granitic Materials and Historical Monuments-Braga 1994. Braga. 4 pp.

Alves, C., Sequeira Braga, M. A. (1995). *Transferências de soluções e deterioração de materiais graníticos aplicados em monumentos de Braga (Portugal)* in Proceedings 1º Congresso Internacional da Pedra Natural-Lisboa 1995. pp. 281-292.

Alves, C., Sequeira Braga, M. A. (1996). *Salt systems on granitic monuments (Braga - NW Portugal)* in Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp. 109-114.

Alves, C., Jeannette, D., Sequeira Braga, M. A. (1993). *Origin of porosity in the Braga granite and implications in Braga (NW Portugal) monuments degradation.* Terra abstracts, Nº. 1, vol. 5, EUG VII. Strasbourg. p. 621.

Alves, C., Sequeira Braga, M. A., Hammecker, C. (1996). *Water transfer and decay of granitic stones in monuments.* C.R. Académie Sciences de Paris, T. 323, Série IIa. Paris. pp. 397-402.

Alves, L. (1987). *Arquitectura religiosa do Alto Minho. Igrejas e capelas do Alto Minho do século XII ao século XVII*. Ofilito. Viana do Castelo. 368 pp.

Amoroso, G.G., Fassina, V. (1983). *Stone decay and Conservation.* Elsevier, Materials Science Monographs. 11. 453 pp.

Angélico, M. J., Oliveira, R., Begonha, A. (2005). *Convento de São Gonçalo de Amarante: Avaliação da eficácia da aplicação num granito de dois produtos hidrófugos.* Artigo de Projecto da opção de Materiais e Processos de Construção da Licenciatura em Engenharia Civil. FEUP, Porto. 17 pp.

Arnold, A. (1976). *Behaviour of some soluble saltsin stone deterioration* in Proceedings 2nd International Symposium on the Deterioration of Building Stones-Athens 1976. pp. 27-36.

Arnold, A. (1978). *Documentation sur l' altération et la conservation des monuments en pierre* in Proceedings Colloque International UNESCO/RILEM Altération et protection des Monuments en pierre-Paris 1978, sect. 1.2. pp. 1-31.

Arnold, A. (1984). *Determination of mineral salts from monuments, Studies in Conservation*. vol. 29.pp. 129–138.

Arnold, A., Kueng, A. (1985). *Crystallization and habits of salt efflorescences on walls – methods of investigation and habits.* Proceedings 5th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone–Lausanne–1985. pp. 255–267.

Arnold, A., Zehnder, K. (1985). *Crystallization and habits of salt efflorescences on walls II – conditions of crystallization.* Proceedings 5th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Lausanne 1985. pp. 269-277.

Arnold, A., Zehnder, K. (1987). *Monitoring wall paintings affected by soluble salts*. Proceedings Symposium the Conservation of Wall Paintings-London 1987. Eds. Sharon Cather. Courtauld Institute of Art. Getty Conservation Institute. London. pp. 103–135.

Arnold, A., Zehnder, K. (1988). *Decay of stony materials by salts on humid atmosphere*. Proceedings 6th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone–Torun 1988. pp. 138–148.

Arnold, A., Zehnder, K. (1989). *Salt weathering on monuments.* Proceedings 1st Symposium La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo–Bari 1989. Ed. Fulvio Zezza. Grafo, Brescia. pp. 31–58.

Arquivo Distrital de Viana do Castelo. *Acordo sobre o principio da obra esprital*. Livro dos Acórdãos da Mizericórdia. 5 fls

Arquivo Distrital de Viana do Castelo. *Álbum das plantas de tudo o que contém a Misericórdia*. http://digitarq.advct.dgarq.gov.pt/details?id=1072192 . Data de acesso: 21 de Fevereiro de 2012. 11 fl.

Arquivo Distrital de Viana do Castelo. *Livro de Rceita e Despesa, 1585-1586.* 64 fls

Arquivo Distrital de Viana do Castelo. *Livro de Receita e Despesa, 1588*. 141 fls

Arquivo Distrital de Viana do Castelo. *Livro de Receita e Despesa, 1591-1592.* 120 fls

Arquivo Distrital de Viana do Castelo. *Livro de Receita e Despesa, 1594-1595*. 151 fls

Arquivo Municipal de Viana do Castelo. *Fundo Fotográfico: Viana Antiga.* Por Iglésias LLano.

Beaucourt, F. (1975). *Les types d' altérations des roches calcaires: caractères chimiques et pétrographiques* in Les Monuments Historiques de la France - La Maladie de la Pierre, numéro hors série. pp. 21-26.

Beaucourt, F., Jaton, C. (1975). *Morphologie des altérations des calcaires* in Les Monuments Historiques de la France - La Maladie de la Pierre, numéro hors série. pp. 16-21.

Begonha, A. (1997). *Meteorização do granito e deterioração da pedra em monumentos e edifícios da cidade do Porto.* Tese de Doutoramento, Universidade do Minho. Braga. 393 pp.

Begonha, A. (2000). *Estudo da patologia da pedra do Mosteiro de São Miguel de Refojos em Cabeceiras de Basto*. Porto. 73 pp.

Begonha, A. (2001). *Meteorização do granito e deterioração da pedra em monumentos e edifícios da cidade do Porto*. FEUP-Edições, Colecção Monografias 2. 445 pp.

Begonha, A. (2002a). *Igreja de São João de Tarouca: Estudo da Deterioração da Pedra*. Porto. 68 pp.

Begonha, A. (2002b). *Estudo da Deterioração da Pedra: Casa do Sr. Dr. João Morais Cabral em Vila Praia de Âncora*". Porto, 29 pp.

Begonha, A. (2002c). *Estudo da patologia da pedra da Igreja de São Pedro de Rates*. Relatório no âmbito do Protocolo DGEMN-FEUP – Estudo dos Materiais Pétreos e Argamassas. FEUP, Porto. 85 pp.

Begonha, A. (2002d). *Igreja de São Pedro de Rates: Estudo da deterioração da pedra.* A Intervenção no Património: Práticas de Conservação e Reabilitação. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais. Eds. A. Costa, J. Miranda Guedes, P. Silva, E. Paupério. Porto. pp. 309–332.

Begonha, A. (2003a). *Igreja de Nossa Senhora da Ajuda, Matriz de Espinho: Estudo da Deterioração e do Tratamento da Pedra*. Porto. 52 pp.

Begonha, A. (2003b). *Estudo da aplicação de consolidantes em pedras da Igreja de São Pedro de Rates*. Relatório no âmbito do Protocolo DGEMN-FEUP – Estudo dos Materiais Pétreos e Argamassas. FEUP, Porto. 66 pp.

Begonha, A. (2003c). *Igreja de São João Baptista, Matriz de Vila do Conde: Estudo da Deterioração e do Tratamento da Pedra.* Relatório no âmbito do Protocolo DGEMN-FEUP – Estudo dos Materiais Pétreos e Argamassas. FEUP, Porto. 74 pp.

Begonha, A. (2003d). *Chafariz de Caminha: Estudo da deterioração e do tratamento da pedra*. Porto. 30 pp.

Begonha A. (2004a). *Igreja de Nossa Senhora da Assunção, Matriz de Caminha: Estudo da deterioração da pedra – Diagnóstico e tratamentos*. Porto. 80 pp.

Begonha, A. (2004b). *Convento de São Gonçalo de Amarante: Estudo diagnóstico e proposta de tratamento da pedra*. Relatório no âmbito do Protocolo DGEMN-FEUP – Estudo dos Materiais Pétreos e Argamassas. FEUP, Porto. 135 pp.

Begonha, A. (2005). *Patologia da pedra na fachada principal da Igreja de Nossa Senhora da Lapa: Diagnóstico e proposta de tratamento*. Porto. 87 pp.

Begonha, A. (2006). *Patologia da pedra do Palácio da Bolsa no Porto: Diagnóstico e proposta de tratamento*. Porto. 50 pp.

Begonha, A. (2008). *Granite deterioration in two Portuguese churches and characterization of the salt solutions in the porous network by the presence of diatoms* in Proceedings 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Toruń, Vol I. pp. 23-30.

Begonha, A. (2009a). *Mineralogical study of the deterioration of granite stones of two Portuguese churches and characterization of the salt solutions in the porous network by the presence of diatoms.* Materials Characterization. Vol. 60. Nº 7. pp. 621–635.

Begonha, A. (2009b). *Deterioração do granito na Igreja de Nossa Senhora da Lapa no Porto.* Proceedings 3º Enconto sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios PATORREB 2009. Porto. 2009. Vol II. pp. 807-812.

Begonha, A. (2009c). *Hospital de Santo António: Estudo mineralógico da deterioração do granito nos Elementos Decorativos da Cobertura.* Porto. 44 pp.

Begonha, A. (2010). *Deterioração do granito e reabilitação da Igreja de Nossa Senhora da Lapa no Porto*. CD ROM do III Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios. Rio de Janeiro 2010. Artigo 550. 10 pp.

Begonha, A. (2011a). *Patologia da pedra. Casos de obra.* 1as Jornadas de Materiais na Construção realizadas pela Secção de Materiais de Construção do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 6 de Abril de 2011 e publicada no Livro de Actas das 1as Jornadas de Materiais na Construção, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Eds. Álvaro Cunha, Afonso Serra Neves, Ana Maria Sarmento, Ana Maria Proença. Porto, 2011. pp. 83-113.

Begonha, A. (2011b). *Igreja de São João Baptista, Matriz de Vila do Conde: mapeamento das alterações do granito do portal principal e do varandim da torre*. Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção LEMC, FEUP, Relatório Nº 11/002, Porto. 43 pp.

Begonha, A. (2012). *Comportamento da pedra como material de paramento* in Manual de Apoio ao Projecto de Reabilitação de Edifícios Antigos. Ed. Ordem dos Engenheiros da Região Norte. Coordenação de V.P. Freitas. pp. 170-192.

Begonha, A., Costa Leite, A. L., Madureira, M. C. V., Bré, J. M. (2011). *Mineralogical study by SEM and XRD of efflorescence in four granitic monuments in the Oporto Metropolitan area*. Proceedings with full papers CD ROM do 13th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, Ljubljana 2011. Eds. Alenka Mauko, Tadeja Kosec, Tinkara Kopar, Nina Gartner. Artigo 550. 15 pp.

Begonha, A., Fojo, A. (2006*). Igreja de Nossa Senhora da Assunção, Matriz de Caminha: Estudo da Aplicação de Consolidantes nas Pedras de Microgranito dos Portais Oeste e Sul e de Hidrófugos na Fachada Norte*". Porto. 90 pp.

Begonha, A., Fojo, A. (2008). *Application and efficiency of water repellents and consolidating products in two two-mica granites used in the Matriz de Caminha Church*. Proceedings 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone. Toruń 2008. Vol II. pp. 785-793.

Begonha A., Jeannette, D., Hammecker, C., Sequeira Braga, M.A. (1994). *Physical characteristics of the Oporto granite related to stone decay in monuments.* In: Fassina V., Ott H. & Zezza F. (Eds.), Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo, Venezia. pp. 541–546.

Begonha, A., Moutinho, A. (2008). *Petrophysics of the Porto Granite applied in Santa Maria de Leça Church in Portugal* in Proceedings 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Toruń, Vol I. pp. 563-571.

Begonha, A., Novais, H. (2011). *Estudo das deteriorações da pedra no Mosteiro de Travanca: Relatório Final*. Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção LEMC, FEUP. Relatório Nº 11/003. Porto. 100 pp.

Begonha, A., Pamplona, J., Sequeira Braga, M. A. (2010). *Efeitos da Meteorização dos Granitos nas Propriedades Geotécnicas e Físicas*, in Ciências Geológicas: Ensino Investigação e sua História, Publicação Comemorativa do Ano Internacional do Planeta Terra, Associação Portuguesa de Geólogos e Sociedade Geológica de Portugal. Eds. J. M. Cotelo Neiva, A. Ribeiro, L. Mendes Víctor, F. Noronha, M. Magalhães Ramalho. Volume II Geologia Aplicada, Capítulo III Geologia de Engenharia (Coordenação de J. M. Cotelo Neiva e R. Oliveira). pp. 271-281.

Begonha, A., Pinho, L. S. (2010a). *Convento de São Gonçalo de Amarante: Catálogo das Deteriorações no Portal Retabular Sul, Varanda dos Reis e Imagem de Nossa Senhora da Ponte*. Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção LEMC, FEUP, Porto. 63 pp.

Begonha, A., Pinho, L. S. (2010b). *Convento de São Gonçalo de Amarante: Cartografia das Deteriorações no Portal Retabular Sul, Varanda dos Reis e Imagem de Nossa Senhora da Ponte*. Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção LEMC, FEUP, Porto. 28 pp.

Begonha, A., Sequeira Braga, M. A. (1993). *Stone weathering and deterioration in a granitic monument.* Proceedings ISRM International Symposium on Safety and Environmental Issues in Rock Engineering EUROCK'93 – Lisboa 1993. Eds. Ribeiro e Sousa L. & Grossmann N. F. Balkema. Rotterdam. pp. 267–274.

Begonha, A., Sequeira Braga, M. A. (1994). *Stone decay in the Hospital de Santo António: the role of granite weathering and the impact of air pollution* in Proceedings Scientific Meeting - Granitic Materials and Historical Monuments-Braga 1994. Braga. 4 pp.

Begonha, A., Sequeira Braga, M. A. (1995). *A meteorização do granito do Porto* in Proceedings IV Congresso Nacional de Geologia-Porto 1995. Coord. F. Sodré Borges e M.M. Marques. Universidade do Porto - Faculdade de Ciências - Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico, Memórias, Nº. 4. pp. 171-175.

Begonha, A., Sequeira Braga, M. A. (1996a). *Characterization of black crusts and thin black layers in granitic monuments: the role of air pollution* in Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp.121-126.

Begonha, A., Sequeira Braga, M. A. (1996b). *Black crusts and thin black layers in granitic monuments: their characterization and the role of air pollution* in Proceedings 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Berlin 1996. Ed. Josef Riederer, vol. 1. Berlin. pp. 371-375.

Begonha, A., Sequeira Braga, M. A. (2000). *Study of stone deterioration in the cloister of the Mosteiro de Grijó, Portugal*. Proceedings 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone–Venezia 2000. Ed. Fassina V. Volume 2. pp. 689–696.

Begonha, A., Sequeira Braga, M. A. (2002). *Weathering of the Oporto granite: geotechnical and physical properties.* Catena, 49, 1-2, pp. 57–76.

Begonha, A., Sequeira Braga, M. A., Gomes Da Silva, F. (1995). *A acção da água da chuva na meteorização de monumentos graníticos* in Proceedings IV Congresso Nacional de Geologia-Porto 1995. Coord. F. Sodré Borges e M.M. Marques. Universidade do Porto - Faculdade de Ciências - Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico, Memórias, Nº. 4. pp. 177-181.

Begonha, A., Sequeira Braga, M. A., Gomes Da Silva, F. (1996). *Rain water as source of the soluble salts responsible for stone decay in the granitic monuments of Oporto and Braga – Portugal.* Proceedings 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone–Berlin 1996. Berlin. Ed. Josef Riederer. vol. 1. pp. 481–487.

Begonha, A., Silva, A. (2012). *Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Viana do Castelo: diagnóstico e cartografia das deteriorações e proposta de intervenção no granite.* Relatório LEMC nº 12/003, FEUP. Porto. 202 pp.

Begonha, A., Teles M. (2000). *Study of stone deterioration in the Palácio do Freixo in Oporto.* Proceedings 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venezia. Ed. Vasco Fassina. Volume 2. pp. 593–601.

Bernabe, E., Bromblet, P., Robert, M. (1995). *Rôle de la cristallisation du natron dans la désagrégation sableuse d' un monument granitique en Bretagne.* C.R. Académie Sciences de Paris, T. 320, Série II a. Paris. pp. 571-578.

Bernabe, E., Bromblet, P., Verges-Belmin, V. (1996). *Presence of calcium monochloro-aluminate and ettringite in the original masonry core mortar of a granitic monument. Relation with the granular disintegration of the ashlars* in Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M. A. Vicente, J. Delgado Rodrigues, J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp. 115-119.

Bré, J. M. (2008). *Capela do Senhor da Pedra: Diagnóstico e Proposta de Tratamento da Pedra*. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia. Instituto Politécnico do Porto. Porto. 144 pp.

Bré, J. M., Begonha, A. (2011). *Salt weathering on the Chapel of Senhor da Pedra in Miramar, Portugal*. Proceedings of Salt Weathrering on Buildings and Stone Sculptures SWBSS 2011, Limassol 2011. Eds. I. Ioannou, M. Theodoridou. pp. 153-160.

Brilha, J. B. R. (1992). *Estudo da tipologia das alterações do leucogranito no jazigo de caulino de Campados (Esposende): a meteorização responsável pela caulinização.* Trabalho de Síntese. Escola de Ciências. Universidade do Minho. Braga. 176 pp.

Bromblet, P. (1989). *Les dégradations des pierres gréseuses des temples de Karnak (Egypte). Analyse pétrologique des mécanismes, et histoire de ces dégradations*. Tese de Doutoramento, Université de Paris VII. Paris. 201 pp.

Caldas, J., Gomes, P. V. (1990). *Viana do Castelo*. Cidades e vilas de Portugal, vol. 10. Editorial Presença. Lisboa. 95 pp.

Calejo Rodrigues, R. M. G. (2001). *Gestão de edifícios. Modelo de simulação técnico-económica.* Tese de doutoramento. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. Porto. 268 pp.

Camuffo, D. (1988). *Surface moisture and conservation*. European Cultural Heritage Newsletter, vol. 2, Nº. 5. pp. 6-10.

Camuffo, D., BernardI, A., Zanetti, M. (1988). *Analysis of the real- time measurement of pH of rainfall at Padova, Italy: seasonal variation and meteorological aspects.* The Science of the Total Environment, 71. pp. 187-200.

Cardoso, F. S. (2008). *Estudo da deterioração da pedra na Igreja de Paço de Sousa – Proposta de tratamento*. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. Porto. 108 pp.

Casal Porto, M. (1989). *Estudio de la alteración del granito en los edificios de interés histórico de la provincia de La Coruña.* Tese de doutoramento, Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela. 273 pp.

Casal Porto, M., Delgado Rodrigues, J., Silva Hermo, B. (1992). *Construction materials and decay problems of Salomé church in Santiago de Compostela* in Proceedings 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Lisboa 1992. Eds. J. Delgado Rodrigues, Fernando Henriques e F. Telmo Jeremias. LNEC, vol. 1. Lisboa. pp. 3-10.

Casal Porto, M., Silva Hermo, B. M., Delgado Rodrigues, J. (1991). *Agents and forms of weathering in granitic rocks used in monuments* in Proceedings European Symposium Science, Technology and European Heritage-Bologna 1989. Eds. N. S. Baer, C. Sabbioni e A.I. Sors. Commission of the European Communities, Butterworth – Heinemann, Oxford. pp. 439-442.

Casal Porto, M., Silva Hermo, B. M., Guitián, F. (1989). *Estado de alteración del granito en edificios monumentales en Santiago y La Coruña*. Cuaderno do Laboratorio Xeolóxico de Laxe, vol. 14. pp. 43-54.

Castro D. (2010). *Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos no ar ambiente*. Tese de Doutoramento. Universidade do Porto. Porto. 189 pp.

Castro, E. (1974). *Determination of the pore-size distribution in stones by means of the moisture suction.* LNEC, Memória, Nº. 441. Lisboa. 11 pp.

Castro, E. (1977). *Détermination de la porométrie et de la surface spécifique des pierres par des essais de succion.* LNEC, Memória, Nº. 490. Lisboa. 16 pp.

Castro, E. (1979a). *Les méthodes de succion dans l' étude de l' altération des pierres.* LNEC, Memória, Nº. 516. Lisboa. 29 pp.

Castro, E. (1979b). *Évaluation de l' hygroscopicité des pierres*. LNEC, Memória, Nº. 526. Lisboa. 22 pp.

Castro, E. (1981). *Quelques études sur l' efficacité et la durabilité de deux traitements appliqués à un calcaire.* LNEC, Memória, Nº. 563. Lisboa. 13 pp.

Castro, E. (1983). *Studies on stone treatments*. LNEC, Memória, Nº. 584. Lisboa, 6 pp.

Castro, E. (1985). *Estudos sobre tratamentos de protecção de pedras contra os agentes atmosféricos e a poluição.* Proc. 54/11/7390 e Proc. 54/1/7881. Lisboa. 54 pp.

Castro, E. (1988). *The interest of pore-size distribution in the identification of marbles suction methods*. LNEC, Memória, Nº. 721. Lisboa. 12 pp.

Castro, E., Cravo, M. R. (1987). *A civilização e a deterioração dos monumentos de pedra*. LNEC, Memória, Nº. 689. Lisboa. 10 pp.

Castro, E., Delgado Rodrigues, J. (1987). *Parecer sobre a conservação de duas igrejas, nos Açores.* Nota técnica Nº 12/87-NP. 7 pp.

Castro, E., Delgado Rodrigues, M. P. (1989a). *Parecer sobre a conservação do Pavimento da Biblioteca Joanina, em Coimbra.* Relatório 245/89 - NP/NQ. Lisboa. 9 pp.

Castro, E., Delgado Rodrigues, J. (1989b). *A alteração e a conservação da Cruz de Portugal, em Silves.* LNEC, Memória, Nº. 732. Lisboa. 11 pp.

Castro, E., Delgado Rodrigues, J., Cravo, M. R. T. (1985). *Étude du nettoyage de la façade d' une église à Lisbonne (Igreja da Conceição Velha).* LNEC, Memória, Nº. 657. Lisboa. 7 pp.

Castro, E., Delgado Rodrigues, J., Cravo, M. R. T. (1987). *Estudos sobre a alteração e a conservação do pórtico da Igreja de Bravães.* Proc. 54/1/8558, Obra 24/53/485. Lisboa. 24 pp.

Castro, E., Delgado Rodrigues, J., Cravo, M. R. T. (1988). *Étude du nettoyage d' un monument en granite.* LNEC, Memória, Nº. 715. Lisboa. 10 pp.

Castro, E., Delgado Rodrigues, J., Cravo, M. R. T. (1990a). *Estudos relativos à alteração e conservação da fachada da Igreja de Santa Cruz, em Coimbra.* Relatório 176/90 - NP/NQ. Lisboa. 99 pp.

Castro, E., Delgado Rodrigues, J., Cravo, M. R. T. (1990b). *Estudos relativos à alteração e à conservação do granito do claustro do Mosteiro de Grijó, em Vila Nova de Gaia.* Relatório 243/90 - GERO/NQ. Lisboa. 41 pp.

Castro, E., Delgado Rodrigues, J., Cravo, M. R. T. (1991a). *Estudo relativo à acção dos pombos sobre a pedra das igrejas do Carmo e dos Carmelitas, no Porto, e de São Gonçalo, em Amarante.* Relatório 44/91 GERO/NQ. Lisboa. 27 pp.

Castro, E., Delgado Rodrigues, J., Cravo, M. R. T. (1991b). *Estudo relativo à alteração e à conservação do granito da Torre dos Clérigos, no Porto.* Relatório 70/91 - GERO/NQ. Lisboa. 18 pp.

Cooper, T. P. (1989). Effects *of air pollution on historic buildings and monuments.* European Community R&D on Environmental Protection Research Reviews, Publication Nº. EUR 11626 of the Commission of the European Communities. 56 pp.

Cooper, T. P. (1993). *Conservation of historic buildings, monuments and associated cultural property.* European Cultural Heritage Newsletter on Research, vol. 7, Nº. 1-4. pp. 43-48.

Cooper, T. P. (1994). *Effects of air pollution on historic buildings and monuments (1986-1990). Scientific basis for conservation: air pollution levels, stone decay rates and their interrelation at historic monuments.* European Cultural Heritage Newsletter on Research, vol. 8, Nº. 2. pp. 13-21.

Cooper, T. P., Dowding, P., Lewis, J. O., Mulvin, L., O' Brien, P., Olley, J., O' Daly, G. (1991). *Contribution of calcium from limestone and mortar to the decay of granite walling* in Proceedings European Symposium Science, Technology and European Heritage-Bologna 1989. Eds. N.S. Baer, C. Sabbioni e A.I. Sors. Commission of the European Communities, Butterworth - Heinemann, Oxford. pp. 456-461.

Costa, A., Guedes, J., Paupério, E., Almeida, C. (2008). *Elementos Decorativos da Cobertura – Edifício Neoclássico Hospital Geral de St. António.* Relatório de Inspecção e Diagnóstico. Instituto da Construção, FEUP. Porto. 22 pp.

Costa, D. M. R. (2007). *Avaliação de tratamentos para a conservação de superfícies graníticas arenizadas*. Tese de Especialista do LNEC. LNEC, Lisboa. 217 pp.

Costa Leite, A. L. F. (2008). *Estudo da deterioração da pedra na Igreja de Santa Clara em Vila do Conde – Proposta de tratamento*. Tese de Mestrado. Universidade do Porto. Porto. 178 pp.

Cravo, M.R.T. (1995). *Alteração da Pedra da Igreja de São Gonçalo de Amarante: A acção dos* pombos. Monumentos 3. Lisboa. pp. 36 – 41.

Del Monte M., Sabbioni, C. (1987). *Glassy spherical particles on stone*. European Cultural Heritage Newsletter, vol. 1, Nº. 4. pp. 4-7.

Del Monte, M., Sabbioni, C., Vittori, O. (1981). *Airborne carbon particles and marble deterioration*. Atmospheric Environment, vol. 15, Nº. 5. pp. 645-652.

Del Monte, M., Sabbioni, C., Ventura, A., Zappia, G. (1984a). *Crystal growth from carbonaceous particles*. The Science of the Total Environment, 36. pp. 247-254.

Del Monte, M., Sabbioni, C., Vittori, O. (1984b). *Urban stone sulphation and oil-fired carbonaceous particles*. The Science of the Total Environment, 36. pp. 369-376.

Delgado Rodrigues, J. (1978). *Some problems raised by the study of the weathering of igneous rocks* in Proceedings Colloque International UNESCO – RILEM. Altération et Protection des Monuments en Pierre-Paris 1978. 16 pp.

Delgado Rodrigues, J. (1991). *Causes, mechanisms and measurement of damage in stone monuments* in Proceedings European Symposium Science, Technology and European Heritage-Bologna 1989. Eds. N.S. Baer, C. Sabbioni e A.I. Sors. Commission of the European Communities, Butterworth - Heinemann, Oxford. pp. 124-137.

Delgado Rodrigues, J. (1993a). *Conservation of granitic rocks with application to megalithic monuments – granitix.* European Cultural Heritage Newsletter on Research, vol. 7, Nº. 1-4. pp. 27-33.

Delgado Rodrigues, J. (1993b). *Stone conservation in Portugal: problems, methods and means* in Proceedings International Workshop Conservation of Architectural Surfaces: Stones and Wall Covering-Venezia 1992. Eds. G. Biscontin e L. Graziano. Il Cardo. pp. 147-154.

Delgado Rodrigues, J. (1993c*). Incógnitas e problemas relativos à conservação de rochas graníticas e a sua abordagem nos projectos STEP* in Alteración de Granitos y rocas afines. Proceedings Workshop Alteración de Granitos y rocas afines, empleados como materiales de construcción-Ávila 1991. Eds. Vicente Hernández, Molina Ballesteros e Rives Arnau. C.S.I.C., Madrid. pp. 67-73.

Delgado Rodrigues, J. (1996). *Conclusions report - Project STEP-CT90-0110 - Conservation of granitic rocks with application to the megalithic monuments* in Proceedings of the European Comission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp. 161-242.

Delgado Rodrigues, J. (2000). *Parecer sobre a conservação da Igreja da Misericórdia, em Braga.* Relatório 130/00 – GERO. Lisboa. 14 pp.

Delgado Rodrigues, J., Castro, E. (1989). *Some remarks on the efficacy and harmfulness of stone cleaning*. LNEC, Memória, Nº. 739. Lisboa. 7 pp.

Delgado Rodrigues, J., Castro, E. (1990). *Parecer sobre o estado de conservação da platibanda e dos pináculos do Mosteiro de Santa Clara, em Vila do Conde*. Relatório 217/90 – NP. Lisboa. 14 pp.

Delgado Rodrigues, J., Costa, D. (2000). "Parecer sobre a conservação do Mosteiro de Tibães. Relatório 61/00 – GERO. Lisboa. 26 pp.

Delgado Rodrigues, J., Gil Saraiva, J. A. (1985). *Experimental and theoretical approach to the study of the mechanism of wind erosion of stone in monuments.* LNEC, Memória, Nº. 654. Lisboa. 9 pp.

Delgado Rodrigues, J., Moura, M. R. M., Soares Da Silva, J. C. (1994). *Limpeza da Torre dos Clérigos - estudos realizados e trabalhos executados.* Monumentos, Nº. 1. pp. 68-75.

Delgado Rodrigues, J., Costa, D., Pinto, A. P. F. (1996). *Use of water absorption characteristics for the study of stone treatments* in Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M. A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp. 319-324.

Duffy, A. P., Perry, S. H. (1994). *The effects of mortars on granite decay* in Proceedings Conference Granite Weathering and Conservation-Dublin 1993. Eds. E. Bell e T.P. Cooper. Dublin. pp.1-9.

Dullien, F. A. L. (1979). *Porous media – fluid transport and pore structure.* Academic Press, Inc., Second Edition, 1992. 574 pp.

Fassina, V., Lazzarini, L., Biscontin, G. (1976). *Effects of atmospheric pollutants on the composition of black crusts deposited on venetiam marbles and stones* in Proceedings 2nd International Symposium The Deterioration of Building Stones-Athens 1976. pp. 201-211.

Fassina, V., Lazzarini, L., Biscontin, G., Calogero, S. (1982). *Influenza del materiale particellare atmosferico sui processi di degradazione della pietra a Venezia* in Proceedings 3rd International Symposium on the Deterioration and Preservation of Stones-Venezia 1979. Ed. B. Badan. Libreria Progetto, Padova. pp. 43-54.

Feddema, J.J., Meierding, T. C. (1987). *Marble weathering and air pollution in Philadelphia.* Atmospheric Environment, vol. 21, Nº. 1. pp. 143-157.

Fernandes, F. J. (1990). *Viana monumental e artística. Espaço urbano e património de Viana do Castelo.* Edição do Grupo Desportivo e Cultural dos Estaleiros Navais de Viana do Castelo, E. P.. Viana do Castelo. 144 pp.

Fernandes, F. J. C. (1995). *Geografia e memórias da Baixa Vianense: comércio, serviços, património.* Centro de Estudos Regionais. 214 pp.

Ferreira, J. F. O. (2004). *Caracterização da Acção da Água em Edifícios de Pedra*. Tese de Mestrado. Escola de Engenharia. Universidade do Minho, Guimarães. 177 pp.

Ferreira, J. F. O. (2009). *Diagnóstico e Tecnologias de Conservação e Restauro*. Apontamentos em *PowerPoint* do Curso de Arquitectura. Escola Superior Universitária Gallaecia. Vila Nova de Cerveira.

Ferreira Pinto, A. P. (1993). *Conservação de pedras graníticas. Estudo da acção de hidrófugos*. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 345 pp.

Ferreira Pinto, A. P. F., Delgado Rodrigues, J., Costa, D. R. (1994). *Assessment of the efficacy and harmfulness of water repellents in granite* in Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Venezia 1994. Eds. V. Fassina, H. Ott e F. Zezza. Venezia. pp. 883-889

Fitzner, B. (1990). Mapping *of natural stone monuments – documentation of lithotypes and weathering forms*. Proceedings Advanced Workshop Analytical Methodologies for the Investigation of Damaged Stones-Pavia 1990.

Fitzner, B., Heinrichs, K. (1991). *Weathering forms and rock characteristics of historical monuments carved from bedrocks in Petra, Jordan*. Proceedings European Symposium Science, Technology and European Heritage-Bologna 1989. Eds. N.S. Baer, C. Sabbioni, A.I. Sors. Commission of the European Communities, Butterworth – Heinemann. Oxford. pp. 908–911.

Fitzner, B., Heinrichs, K. (1994). *Damage diagnosis at monuments carved from bedrocks in Petra, Jordan*. Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo–Venezia 199. Eds. V. Fassina, H. Ott, F. Zezza. Venezia. pp. 663–671.

Fitzner, B., Heinrichs, K., Kownatzki, R. (1992). *Classification and mapping of weathering forms*. Proceedings 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone–Lisboa 1992. Eds. J. Delgado Rodrigues, Fernando Henriques, F. Telmo Jeremias. LNEC. Vol. 2. Lisboa. pp. 957–968.

Fitzner, B., Heinrichs, K., Volker, M. (1996). *Monument mapping – a contribution to monument preservation*. Proceedings of the European Commission Research Workshop Origin, Mechanisms and Effects of Salts on Degradation of Monuments in Marine and Continental Environments–Bari 1996. Ed. F. Zezza. Protection and Conservation of European Cultural Heritage. Research Report Nº. 4. pp. 347–355.

Fojo, A. C. O. T. (2006). *Estudo da aplicação de consolidantes e hidrófugos em pedras graníticas da Igreja Matriz de Caminha.* Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. Porto. 446 pp.

Fort, R., Lopez De Ascona, M. C., Mingarro, F. (1995). *Petrophysical properties of the stone material of the bell tower of the Cathedral of Toledo (Spain)* in Proceedings 1º Congresso Internacional da Pedra Natural-Lisboa 1995. pp. 315-323.

Freitas, V. P., Begonha, A., Teles, M. (1997). *Parecer sobre o comportamento da envolvente e dos revestimentos em pedra da agência de Braga do Banco de Portugal*. Instituto da Construção, Relatório - LFC / IC - 037.97. Porto. 33 pp.

Freitas, V. P., Maldonado, E., Neves Dos Santos, Begonha, A., Alexandre, J. L., Ferreira, J. R., Ramos, N., Vaquero, P., Barreira, E. (2005). *Parecer sobre as patologias da construção e deficiente comportamento dos sistemas do Edifício da Câmara Municipal do Porto – Diagnóstico e metodologia para os trabalhos de reparação*. Instituto da Construção, FEUP, Porto. 144 pp.

Freitas, V. P., Torres, M. I., Guimarães, A. S. (2008). *Humidade Ascensional*. FEUP edições. Porto. 106 pp.

Fritz, B., Jeannette, D. (1981). *Pétrographie et contrôle géochimique expérimental de transformations superficielles de grès de monuments.* Sciences Géologiques, 34, 4. Strasbourg. pp. 193-208.

Groux, D. (1986). *Rapport d' etude Notre-Dame-la-Grande, Poitiers, Vienne - portail ouest*. Poitiers. 22 pp.

Hammecker C. (1993). *Importance des transferts d'eau dans la dégradation des pierres en oeuvre*. Tese de Doutoramento. Université Louis Pasteur de Strasbourg. Strasbourg. 254 pp.

Henriques, F. M. A. (1994). *Humidade em paredes*. Edifícios: Série Conservação Reabilitação. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 2ª Edição (1995). Lisboa. 168 pp.

ICOMOS – International Council on Monuments and Sites (2009). *Illustrated glossary on stone deterioration patterns*. Monuments and sites 15 – International Scientific Committee for Stone (ISCS), Paris.http://www.international.icomos.org/publications/monuments_and_sites/15/pdf/Monuments_and_Sites_15_ISCS_Glossary_Stone.pdf (23-12-2009), 86 pp.

IGESPAR, Instituto de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico. *Misericórdia de Viana do Castelo*. http://www.igespar.pt/pt/patrimonio/pesquisa/geral/ patrimonioimovel/detail/70307/. Data de acesso: 5 de Janeiro de 2012. 2pp.

Jeannette, D. (1980). *Les grès du Château du Landsberg: exemple d'évolution des grès vosgiens en milieu rural*. Sciences Géologiques, 33, 2. Strasbourg. pp. 111-118.

Jeannette, D. (1981). *Modifications superficieles de grès en oeuvre dans les monuments alsaciens* Sciences Géologiques, 34, 1. Strasbourg. pp. 37-46.

Jeannette, D. (1982). *Altérations des grès des monuments alsaciens.* Encyclopédie de l'Alsace, vol. I. Strasbourg. pp. 163-168.

Jones, M. S., O' Brien, P. F., Haneef, S. J., Thompson, G. E., Wood, G. C., Cooper, T. P. (1996). *A study of decay occurring in Leinster granite, house nº 9, Trinity college, Dublin* in Proceedings 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Berlin 1996. Ed. Josef Riederer. Vol. 1. Berlin. pp. 211-221.

Madureira, M. C. V. (2008). *Diagnóstico e Proposta de Tratamento da Pedra do Mosteiro da Serra do Pilar*. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia. Instituto Politécnico do Porto. Porto. 200 pp.

Madureira, M. C. V., Begonha, A. (2011). *Salt weathering in the Monastery of Serra do Pilar in Vila Nova de Gaia, Portugal*. Proceedings of Salt Weathrering on Buildings and Stone Sculptures SWBSS 2011, Limassol 2011. Eds. I. Ioannou, M. Theodoridou. pp. 121-128.

Malheiro, G., Barbosa, R., Begonha, A. (2004). *Deterioração da pedra do Convento de São Gonçalo de Amarante*. Artigo de Projecto da opção de Materiais e Processos de Construção da Licenciatura em Engenharia Civil. FEUP, Porto. 17 pp.

Matos Reis, A. (1989). *Lopes – uma família de artistas em Portugal e na Galiza.* http://www.csarmento.uminho.pt/docs/ndat/rg/rg096_04.pdf. Data de acesso: 21 de Fevereiro de 2012. 17 pp.

Millot, G., Cogne, J., Jeannette, D., Besnus, Y., Monnet, B., Guri, F., Schimpf, A. (1967). *La maladie des grès de la cathédrale de Strasbourg*. Bulletin Services Géologiques Alsace Lorraine, 20, 3. Strasbourg. pp.131-157.

Millot, G., Jeannette, D. (1975). *La maladie des pierres de grès: la cathédrale de Strasbourg.* Les Monuments Historiques de la France - La Maladie de la Pierre, numéro hors série. pp. 33-35.

Moutinho, A. M. (2005). *Estudo da deterioração da pedra da Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Contributo para o ensino das geociências*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências. Universidade do Porto, Porto. 304 pp.

Novo, A. (2008). *Viana do Castelo – Imagens de outrora.* Câmara Municipal de Viana do Castelo. 335 pp.

O' Brien, P. F., Cooper, T. P. C., Lyons, F. (1993). *Granite decay research in Ireland* in Alteración de Granitos y rocas afines - Proceedings Workshop Alteración de Granitos y rocas afines, empleados como materiales de construcción-Ávila 1991. Eds. Vicente Hernández, Molina Ballesteros e Rives Arnau. C.S.I.C., Madrid. pp. 163-166.

Oliveira, C. (2002). *A arquitectura de granito em Viana da Foz do Lima. Renascimento e Maneirismo no Noroeste Português*. Tese de Mestrado. Universidade de Lisboa. Vol I, 158 pp. Anexos, Vol II, 75 pp.

Oliveira, R. M. C. (2001). *Deterioração de monumentos graníticos: o caso da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto – abordagem didática*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências. Universidade do Porto. Porto. 206 pp.

Oliveira, B. P. (2008). *Caracterização de filmes negros em pedras graníticas – o caso de estudo da Igreja da Venerável Ordem Terceira de São Francisco.* Tese de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa. 58 pp.

Ordaz, J., Esbert, R. S. (1985). *Porosity and capillarity in some sandstone and dolomite monumental stones* in Proceedings 5th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Lausanne 1985. pp. 93-102.

Pais da Silva, J. H. (1996). *Estudos sobre o maneirismo.* Colecção Teoria da Arte; 10. Editorial Estampa. Lisboa. 276 pp.

Peleg, M., Burla, E., Cohen, I., Luria, M. (1989). *Deterioration of Jerusalem limestone from air pollutants; field observations and laboratory simulation.* Environmental Monitoring and Assessment, vol. 12, Nº. 2. pp. 191-201.

Pinho, L. (2004). *A fachada do Hospital da Misericórdia de Viana do Castelo*. Trabalho apresentado em História da Arte Moderna do Curso de Mestrado de Conservação e Restauro. Universidade Nova de Lisboa. Monte da Caparica. 10 pp.

Pinho, L., Castro, D., Begonha, A., Morais, S., Pereira, M. C., Delerue-Matos, C., Alvim-Ferraz, M. C., (2009). *Films negros en edifícios históricos de Oporto: caracterización y experiencias de limpieza* in CD-ROM Proceedings 1er Congreso Iberoamericano y VIII Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonia, La Plata, Buenos Aires. 13 pp.

Resende, J.A.M. (2010). *Análise dos efeitos de produtos preventivos e correctivos anti-graffiti no granito do Porto*. Tese de Mestrado. Escola de Engenharia. Universidade do Minho, Guimarães. 266 pp.

Rivas Brea, T., Prieto, B., Silva Hermo, B. (1994). *Plaque-shedding by granite in the Monastery of San Martìn Pinario (Santiago de Compostela, NW Spain)* in Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Venezia 1994. Eds. V. Fassina, H. Ott e F. Zezza). Venezia. pp. 737-741.

Robert, M., Bernabe, E., Bromblet, P., Jaunet, A. M., Verges-Belmin, V., Penven, M. J. (1996). *Identification of two alteration microsystems chemical and physical, causing granite and kersantite degradation in Brittany (France)* in Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M. A. Vicente, J. Delgado Rodrigues, J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp. 67-71.

Roekens, E., Van Grieken, R. (1989). *Rates of air pollution induced surface recession and material loss for a cathedral in Belgium.* Atmospheric Environment, vol. 22, Nº. 1. pp. 271-277.

Roekens, E., Komy, Z., Leysen, L., Veny, P., Van Grieken, R. (1988). *Chemistry of precipitation near a limestone building.* Water, Air and Soil Pollution, 38, 3-4. pp. 273-282.

Rosa, R. N. (1996). *Contributions to the physical characterization of granitic rocks* in Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M. A. Vicente, J. Delgado Rodrigues, J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp. 255-260.

Ruão, C. (1996). *Arquitectura maneirista no noroeste de Portugal. Italianismo e flamenguismo.* Instituto de História da Arte da Universidade de Coimbra: EN – Electricidade do Norte, S. A.. Coimbra. 325 pp.

Saaby, L., Fenger, J., Brinch Madsen, H., Rosenkrans H∅yer, K., Holm, K. (1989). *Air pollution and its effect on the Danish cultural heritage.* European Cultural Heritage Newsletter, vol. 3, Nº. 2. pp. 17-25.

Schiavon, N., Chiavari, G., Fabbri, D., Schiavon, G. (1994). *Microscopical and chemical analysis of black patinas on granite* in Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Venezia 1994. Eds. V. Fassina, H. Ott e F. Zezza. Venezia. pp. 93-99.

Schiavon, N., Chiavari, G., Fabbri, D., Schiavon, G. (1996). *Soiling of urban granite 2: chemical analyses od dark surficial patinas* in Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M. A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp. 313-318.

Sequeira Braga M. A. (1988). *Arenas e depósitos associados da bacia de drenagem do rio Cávado (Portugal) - contribuição para o estudo da arenização*. Tese de Doutoramento. Escola de Ciências. Universidade do Minho. Braga. 325 pp.

Sequeira Braga, M.A., Alves, C., Begonha, A. (1993). *Weathering of the Oporto granite and the deterioration of the Hospital de Santo António: historical monument built with granitic materials. Alteración de Granitos y rocas afines*. Workshop Alteración de Granitos y rocas afínes, empleados como materiales de construcción–Ávila 1991. Eds. Vicente Hernández, Molina Ballesteros e Rives Arnau. C.S.I.C. Madrid. pp. 153–154.

Sequeira Braga, M. A., Alves, C., Begonha, A., Gomes Da Silva, F. (1996). *Industrial and urban pollution impact in Portuguese monuments: comparative study between two regions* in Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M. A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp. 127-132.

Sequeira Braga, M. A., Begonha, A. (2010). *A Deterioração da Pedra em Monumentos Graníticos* in Ciências Geológicas: Ensino Investigação e sua História, Publicação Comemorativa do Ano Internacional do Planeta Terra, Associação Portuguesa de Geólogos e Sociedade Geológica de Portugal. Eds. J. M. Cotelo Neiva, A. Ribeiro, L. Mendes Víctor, F. Noronha, M. Magalhães Ramalho. Volume II Geologia Aplicada, Capítulo III Geologia de Engenharia. Coordenação de J. M. Cotelo Neiva e R. Oliveira. pp. 283-293.

Sequeira Braga M. A., Lopes Nunes J. E., Paquet H., Millot G. (1989). *Essai sur les arènes de l'Europe atlantique*. Zonalité climatique. Place de l'arénisation parmi les grands systèmes mondiaux d'altération météorique. C.R. Académie Sciences de Paris, T. 309, Série II. Paris. pp. 1955–1962.

Sequeira Braga M. A., Paquet H., Begonha A. (2002). *Weathering of granites in a temperate climate (NW Portugal): granitic saprolites and arenization*. Catena, 49. 1-2. pp. 41–56.

Serrão, V. (2001). *O Renascimento e o Maneirismo (1500-1620).* História da Arte em Portugal: 3º vol.. Editorial Presença. Lisboa. 294 pp.

Silva Hermo, B., Casal Porto, M., Prieto, B., Rivas Brea, T., Guitián, F. (1994). *Forms and factors of weathering in the Cathedral of Santiago de Compostela (NW Spain)* in Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Venezia 1994, (eds. V. Fassina, H. Ott e F. Zezza), Venezia, pp. 743-748.

Silva Hermo, B., Rivas Brea, T., Prieto, B. (1996a). *Relation between type of soluble salts and decay forms in granitic coastal churches in Galicia (NW Spain*" in Proceedings of the European Commission Research Workshop Origin, Mechanisms and Effects of Salts on Degradation of Monuments in Marine and Continental Environments-Bari 1996. Ed. F. Zezza. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 4. pp. 183-190.

Silva Hermo, B., Rivas Brea, T., Prieto, B., Delgado Rodrigues, J. (1996b). *A comparison of the mechanisms of plaque formation and sand disintegration in granite in historical buildings* in Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M. A. Vicente, J. Delgado Rodrigues, J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp. 269-274.

Sistema de Informação para o Património Arquitectónico – SIPA (2005). *Misericórdia de Viana do Cas*telo. http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=5175. Autora Paula Noé, 1992/2002, página actualizada em 2005. Data de acesso: 22 de Fevereiro de 2012

Slezakova, K., Castro, D., Begonha, A., Delerue-Matos, C., Alvim-Ferraz, M. C., Morais, S., Pereira, M. C. (2011). *Air pollution from traffic emissions in Oporto, Portugal: health and environmental implications.* Microchemical Journal, 99. 51-59.

Smith, B. J., Magee, R. W., Whalley, W. B. (1993). *Decay of granite in a polluted environment: Budapest* in Alteración de Granitos y rocas afines - Proceedings Workshop Alteración de Granitos y rocas afines, empleados como materiales de construcción-Ávila 1991. Eds. Vicente Hernández, Molina Ballesteros, Rives Arnau. C.S.I.C., Madrid. pp. 159-162.

Soares, C. (1999). *Edifício da Misericórdia de Viana do Castelo.* Prova final de licenciatura em Arquitectura. Universidade de Coimbra. Coimbra. 118 pp.

Sousa, G. (2009). *Influência das argamassas sobre o granite em cantarias e alvenarias*. Tese de Mestrado. Universidade do Porto. Porto. 293 pp.

Sousa, G., Begonha, A. (2010a). *Acção das argamassas na degradação do granito em cantarias e alvenarias*. Memórias Nº. 14, ISSN Nº 087-1607, Proceedings X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e XVI Semana de Geoquímica, Porto 2010. Eds. Deolinda Flores e Manuela Marques. pp. 967-976.

Sousa, G., Begonha, A. (2010b). *Influência das argamassas sobre o granito em cantarias e alvenarias*. CD ROM do III Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios, Rio de Janeiro 2010, Artigo 338. 10 pp.

Steiger, M., Zeunert, A. (1996). *Crystallization properties of salt mixtures: comparison of experimental results and model calculations*. Proceedings 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone–Berlin 1996. Berlin. Ed. Josef Riederer. vol. 1. pp. 535–544.

Tabasso, M. L. (1989). *La conservazione delle pietre naturali ed artificiali*. I.R.N.A./C.S.I.C., Salamanca. 30 pp.

Teles M., Begonha A. (1999). Parecer *sobre o estado de conservação da pedra do Palácio do Freixo*. Porto. 39 pp.

Vicente, M. A. (1996). *Final report 1991-1994 - Project STEP-CT90-0101 - Granitic materials and historical monuments: study of the factors and mechanisms of weathering and application to historical heritage conservation* in Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M. A. Vicente, J. Delgado Rodrigues, J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp. 1-44.

Vicente, M. A., Garcia-Talegon, J., Iñigo, A. C.; Molina, E., Rives, V. (1993). *Weathering mechanisms of silicated rocks in continental environments* in Proceedings International RILEM/UNESCO Congress Conservation of Stone and other Materials-Paris 1993. Ed. M. J. Thiel. E & FN Spon, vol. 1, London. pp. 320-327.

Warke, P. A., Smith, B. J. (1994). *Inheritance effects on the efficacy of salt weathering mechanisms in thermally cycled granite blocks under laboratory and field conditions* in Proceedings Conference Granite Weathering and Conservation-Dublin 1993. Eds. E. Bell e T. P. Cooper. Dublin. pp.19-27.

Young, M. E., Jones, M. S., MacDonald, J., Urquhart, D. C. M., Nickolson, K., McHardy, W. J. (1996). *Investigations on the soiling and cleaning of some scottish granites* in Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994. Eds. M. A. Vicente, J. Delgado Rodrigues, J. Acevedo. Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5. pp. 429-434.

Zehnder. K. (1979). *Weathering of molasse sandstones on monuments and natural outcrops* in Proceedings 3rd International Congress on the Deterioration and Preservation of Stone-Venezia 1979. pp. 91-105.

Zehnder, K., Arnold, A. (1984). *Stone damage due to formate salts.* Studies in Conservation, 29. pp. 23-34.

Zehnder, K., Arnold, A. (1988). *New experiments on salt crystallization* in Proceedings of the 6th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Torun 1988. pp. 320-329.

Zehnder, K., Arnold, A. (1989). *Crystal growth in salt efflorescence.* Journal of Crystal Growth, 97, Amsterdam. pp. 513-521.

ANEXO A1

RESULTADOS DO ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

Quadro A1.1 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 58.1.

PROVETE 58.1									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso (g)**	**Altura (cm)**	**Tempo (min)**	**Hora$^{-1/2}$**	**dW/S**
11	44	14	2	2012	236,63	0,20	0,00	0,00	0,00
11	50	14	2	2012	237,32	1,55	6,00	0,32	0,04
11	56	14	2	2012	237,48	1,85	12,00	0,45	0,05
12	4	14	2	2012	237,70	2,30	20,00	0,58	0,07
12	15	14	2	2012	237,88	2,65	31,00	0,72	0,08
12	59	14	2	2012	238,43	3,80	75,00	1,12	0,11
13	18	14	2	2012	238,57	4,15	94,00	1,25	0,12
13	39	14	2	2012	238,71	4,30	115,00	1,38	0,13
14	7	14	2	2012	238,87	4,85	143,00	1,54	0,14
14	44	14	2	2012	239,08	5,25	180,00	1,73	0,15
15	8	14	2	2012	239,16	5,79	204,00	1,84	0,16
15	30	14	2	2012	239,24		226,00	1,94	0,16
15	41	14	2	2012	239,29		237,00	1,99	0,17
16	48	14	2	2012	239,44		304,00	2,25	0,18
17	58	14	2	2012	239,47		374,00	2,50	0,18
18	55	14	2	2012	239,48		431,00	2,68	0,18
20	56	14	2	2012	239,49		552,00	3,03	0,18
9	38	15	2	2012	239,56		1314,00	4,68	0,18
12	57	15	2	2012	239,53		1513,00	5,02	0,18
18	56	15	2	2012	239,53		1872,00	5,59	0,18
11	14	16	2	2012	239,57		2850,00	6,89	0,18
15	27	18	2	2012	239,65		5983,00	9,99	0,19
11	38	20	2	2012	239,69		8634,00	12,00	0,19
20	31	21	2	2012	239,69		10607,00	13,30	0,19
14	57	22	2	2012	239,70		11713,00	13,97	0,19

Dados do provete 58.1	
Peso (g)	236,63
Secção (cm^2)	15,98
Altura (cm)	5,79
Porosidade livre (%)	3,13

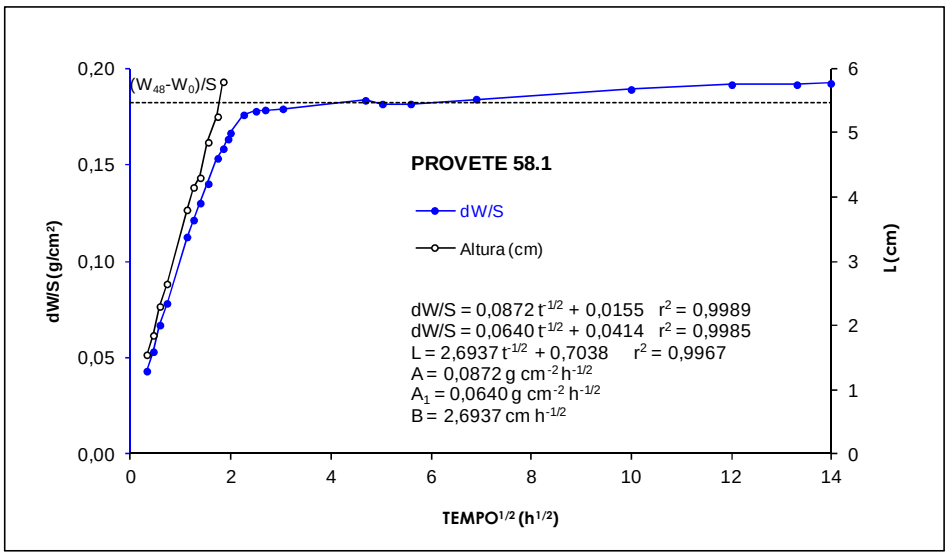


Figura A1.1 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 58.1.

Quadro A1.2 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 58.2.

PROVETE 58.2									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso (g)**	**Altura (cm)**	**Tempo (min)**	**Hora$^{-1/2}$**	**dW/S**
11	45	14	2	2012	230,87	0,20	0,00	0,00	0,00
11	52	14	2	2012	231,67	1,60	7,00	0,34	0,05
11	56	14	2	2012	231,81	2,05	11,00	0,43	0,06
12	5	14	2	2012	232,03	2,35	20,00	0,58	0,07
12	15	14	2	2012	232,22	2,75	30,00	0,71	0,08
13	0	14	2	2012	232,75	3,95	75,00	1,12	0,12
13	19	14	2	2012	232,90	4,25	94,00	1,25	0,13
13	40	14	2	2012	233,05	4,45	115,00	1,38	0,14
14	8	14	2	2012	233,20	5,00	143,00	1,54	0,15
14	45	14	2	2012	233,39	5,20	180,00	1,73	0,16
15	9	14	2	2012	233,50	5,65	204,00	1,84	0,16
15	28	14	2	2012	233,59		223,00	1,93	0,17
15	42	14	2	2012	233,62		237,00	1,99	0,17
16	49	14	2	2012	233,71		304,00	2,25	0,18
17	58	14	2	2012	233,74		373,00	2,49	0,18
18	56	14	2	2012	233,76		431,00	2,68	0,18
20	57	14	2	2012	233,76		552,00	3,03	0,18
9	39	15	2	2012	233,83		1314,00	4,68	0,19
12	58	15	2	2012	233,81		1513,00	5,02	0,18
18	57	15	2	2012	233,83		1872,00	5,59	0,19
11	14	16	2	2012	233,85		2849,00	6,89	0,19
15	28	18	2	2012	233,90		5983,00	9,99	0,19
11	39	20	2	2012	233,97		8634,00	12,00	0,19
20	31	21	2	2012	233,97		10606,00	13,30	0,19
14	57	22	2	2012	233,98		11712,00	13,97	0,19

Dados do provete 58.2	
Peso (g)	230,87
Secção (cm^2)	15,98
Altura (cm)	5,65
Porosidade livre (%)	3,27

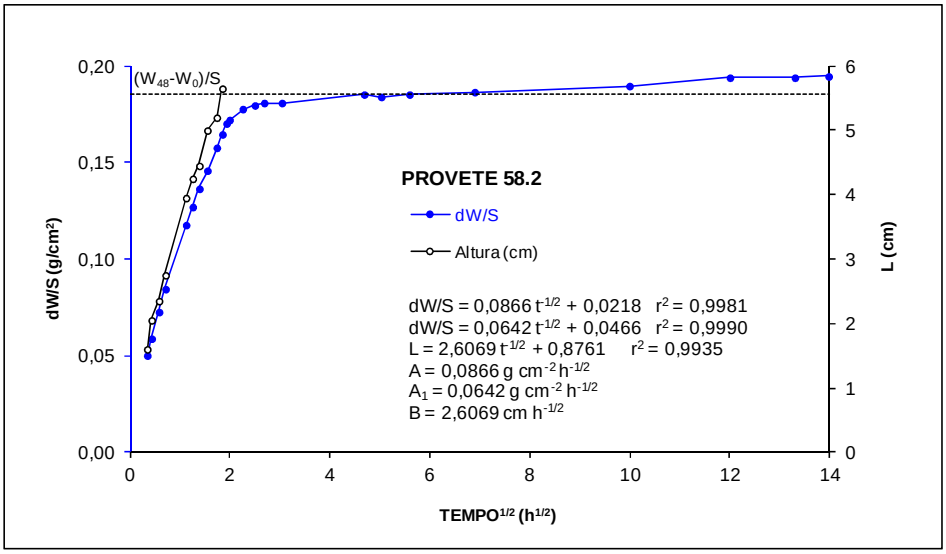


Figura A1.2 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 58.2.

Quadro A1.3 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 58.3.

PROVETE 58.3									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso (g)**	**Altura (cm)**	**Tempo (min)**	**Hora$^{-1/2}$**	**dW/S**
11	45	14	2	2012	231,07	0,20	0,00	0,00	0,00
11	53	14	2	2012	231,89	1,95	8,00	0,37	0,05
11	57	14	2	2012	232,01	2,10	12,00	0,45	0,06
12	6	14	2	2012	232,21	2,40	21,00	0,59	0,07
12	16	14	2	2012	232,38	2,70	31,00	0,72	0,08
13	1	14	2	2012	232,88	3,70	76,00	1,13	0,11
13	20	14	2	2012	233,03	4,00	95,00	1,26	0,12
13	41	14	2	2012	233,15	4,10	116,00	1,39	0,13
14	9	14	2	2012	233,30	4,60	144,00	1,55	0,14
14	47	14	2	2012	233,50	5,10	182,00	1,74	0,15
15	13	14	2	2012	233,60	5,35	208,00	1,86	0,16
15	25	14	2	2012	233,63	5,67	220,00	1,91	0,16
15	43	14	2	2012	233,71		238,00	1,99	0,17
16	50	14	2	2012	233,95		305,00	2,25	0,18
17	59	14	2	2012	234,02		374,00	2,50	0,18
18	57	14	2	2012	234,04		432,00	2,68	0,19
20	58	14	2	2012	234,06		553,00	3,04	0,19
9	39	15	2	2012	234,11		1314,00	4,68	0,19
12	59	15	2	2012	234,12		1514,00	5,02	0,19
18	57	15	2	2012	234,13		1872,00	5,59	0,19
15	7	17	2	2012	234,17		4522,00	8,68	0,19
15	28	18	2	2012	234,23		5983,00	9,99	0,20
11	40	20	2	2012	234,23		8635,00	12,00	0,20
20	32	21	2	2012	234,26		10607,00	13,30	0,20
14	58	22	2	2012	234,29		11713,00	13,97	0,20

Dados do provete 58.3	
Peso (g)	231,07
Secção (cm²)	15,98
Altura (cm)	5,67
Porosidade livre (%)	3,30

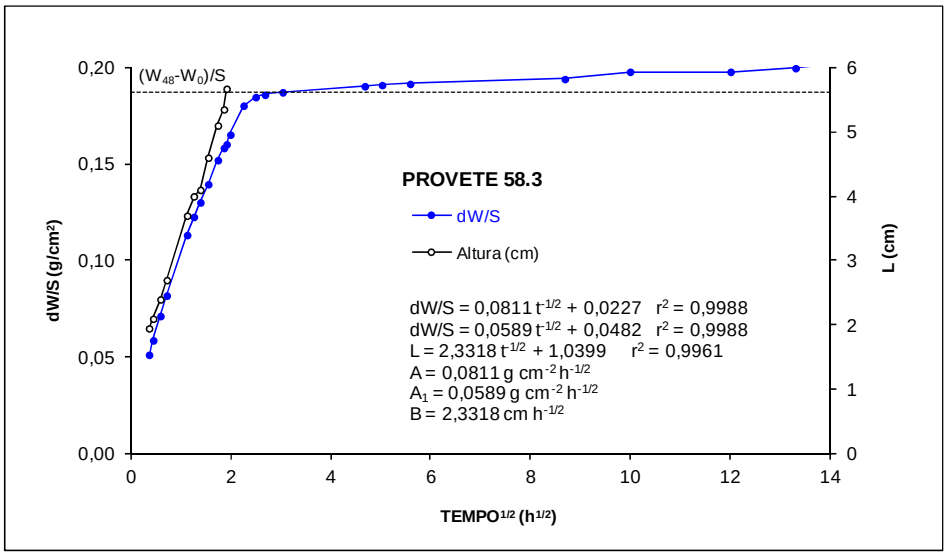


Figura A1.3 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 58.3.

Quadro A1.4 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 59.1.

PROVETE 59.1									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso (g)**	**Altura (cm)**	**Tempo (min)**	**Hora$^{-1/2}$**	**dW/S**
11	46	14	2	2012	233,92	0,20	0,00	0,00	0,00
11	53	14	2	2012	234,65	1,90	7,00	0,34	0,05
11	58	14	2	2012	234,78	2,15	12,00	0,45	0,05
12	7	14	2	2012	234,96	2,65	21,00	0,59	0,07
12	17	14	2	2012	235,14	3,05	31,00	0,72	0,08
13	1	14	2	2012	235,65	4,70	75,00	1,12	0,11
13	21	14	2	2012	235,81	5,00	95,00	1,26	0,12
13	32	14	2	2012	235,88	5,35	106,00	1,33	0,12
13	42	14	2	2012	235,92	5,56	116,00	1,39	0,13
13	50	14	2	2012	235,96	5,61	124,00	1,44	0,13
14	11	14	2	2012	236,03		145,00	1,55	0,13
15	43	14	2	2012	236,10		237,00	1,99	0,14
16	51	14	2	2012	236,10		305,00	2,25	0,14
18	0	14	2	2012	236,11		374,00	2,50	0,14
18	58	14	2	2012	236,11		432,00	2,68	0,14
20	58	14	2	2012	236,15		552,00	3,03	0,14
9	41	15	2	2012	236,17		1315,00	4,68	0,14
13	0	15	2	2012	236,17		1514,00	5,02	0,14
18	58	15	2	2012	236,18		1872,00	5,59	0,14
11	16	16	2	2012	236,22		2850,00	6,89	0,14
15	8	17	2	2012	236,18		4522,00	8,68	0,14
11	40	20	2	2012	236,25		8634,00	12,00	0,15
20	32	21	2	2012	236,27		10606,00	13,30	0,15
14	58	22	2	2012	236,27		11712,00	13,97	0,15

Dados do provete 59.1	
Peso (g)	233,92
Secção (cm^2)	15,98
Altura (cm)	5,61
Porosidade livre (%)	2,57

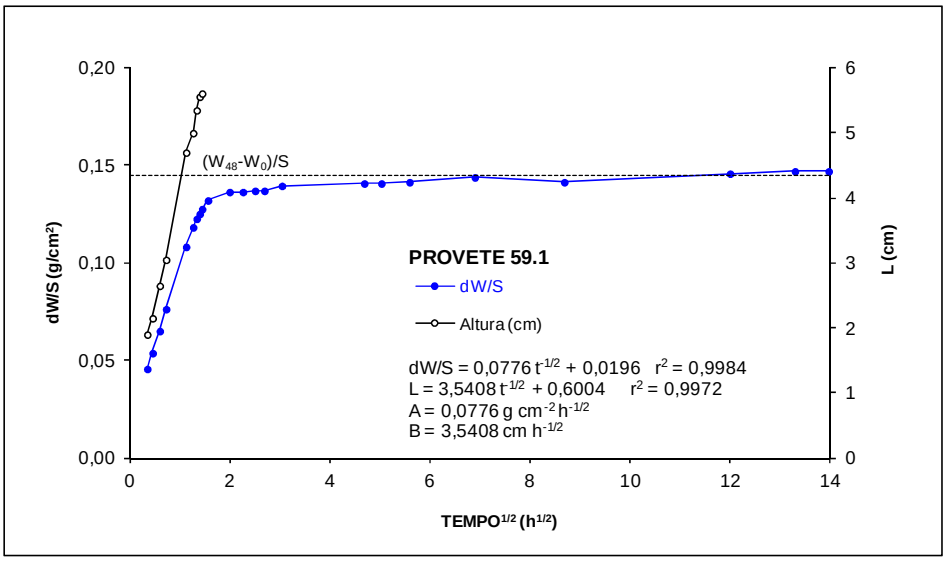


Figura A1.4 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 59.1.

Quadro A1.5 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 59.2.

PROVETE 59.2									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso (g)**	**Altura (cm)**	**Tempo (min)**	**Hora$^{-1/2}$**	**dW/S**
11	46	14	2	2012	237,81	0,20	0,00	0,00	0,00
11	54	14	2	2012	238,58	1,95	8,00	0,37	0,05
11	59	14	2	2012	238,72	2,20	13,00	0,47	0,06
12	8	14	2	2012	238,92	2,75	22,00	0,61	0,07
12	18	14	2	2012	239,10	3,10	32,00	0,73	0,08
13	2	14	2	2012	239,67	4,90	76,00	1,13	0,12
13	22	14	2	2012	239,83	5,40	96,00	1,26	0,13
13	34	14	2	2012	239,90	5,61	108,00	1,34	0,13
13	43	14	2	2012	239,93	5,72	117,00	1,40	0,13
13	51	14	2	2012	239,98		125,00	1,44	0,14
14	11	14	2	2012	240,02		145,00	1,55	0,14
15	44	14	2	2012	240,07		238,00	1,99	0,14
16	52	14	2	2012	240,08		306,00	2,26	0,14
18	1	14	2	2012	240,09		375,00	2,50	0,14
18	59	14	2	2012	240,10		433,00	2,69	0,14
20	59	14	2	2012	240,11		553,00	3,04	0,14
9	41	15	2	2012	240,16		1315,00	4,68	0,15
13	1	15	2	2012	240,14		1515,00	5,02	0,15
18	58	15	2	2012	240,16		1872,00	5,59	0,15
11	16	16	2	2012	240,21		2850,00	6,89	0,15
15	9	17	2	2012	240,21		4523,00	8,68	0,15
15	30	18	2	2012	240,27		5984,00	9,99	0,15
20	33	21	2	2012	240,28		10607,00	13,30	0,15
14	59	22	2	2012	240,26		11713,00	13,97	0,15

Dados do provete 59.2	
Peso (g)	237,81
Secção (cm^2)	15,98
Altura (cm)	5,72
Porosidade livre (%)	2,57

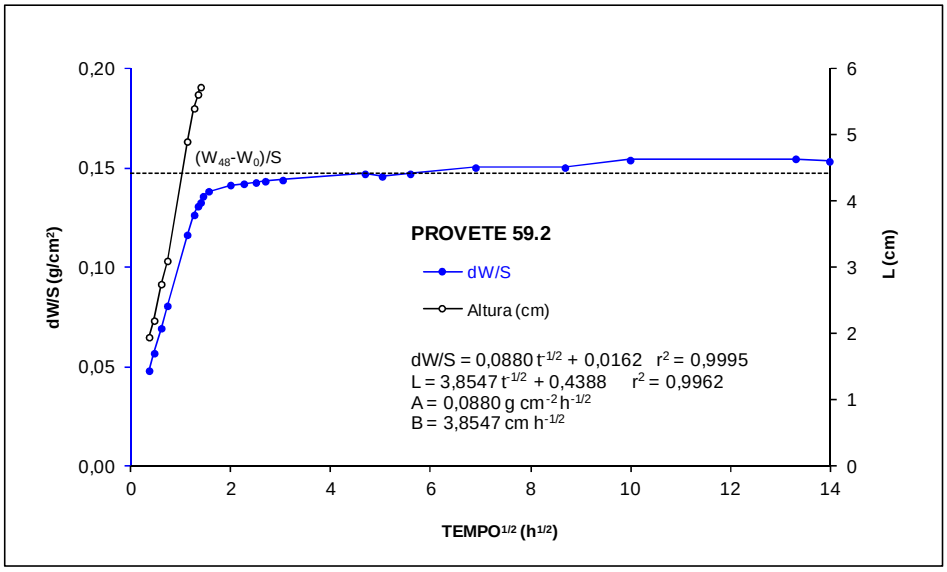


Figura A1.5 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 59.2.

Quadro A1.6 – Registos efectuados durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e resultados obtidos para o provete HMV 59.3.

PROVETE 59.3									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso (g)**	**Altura (cm)**	**Tempo (min)**	**Hora$^{-1/2}$**	**dW/S**
11	46	14	2	2012	234,18	0,20	0,00	0,00	0,00
11	55	14	2	2012	234,94	2,05	9,00	0,39	0,05
12	0	14	2	2012	235,05	2,25	14,00	0,48	0,05
12	9	14	2	2012	235,28	2,80	23,00	0,62	0,07
12	18	14	2	2012	235,43	3,20	32,00	0,73	0,08
13	3	14	2	2012	235,92	4,75	77,00	1,13	0,11
13	23	14	2	2012	236,09	5,20	97,00	1,27	0,12
13	35	14	2	2012	236,16	5,40	109,00	1,35	0,12
13	44	14	2	2012	236,20	5,58	118,00	1,40	0,13
13	52	14	2	2012	236,26	5,65	126,00	1,45	0,13
14	12	14	2	2012	236,29		146,00	1,56	0,13
15	45	14	2	2012	236,36		239,00	2,00	0,14
16	53	14	2	2012	236,37		307,00	2,26	0,14
18	2	14	2	2012	236,37		376,00	2,50	0,14
18	59	14	2	2012	236,37		433,00	2,69	0,14
21	0	14	2	2012	236,41		554,00	3,04	0,14
9	42	15	2	2012	236,44		1316,00	4,68	0,14
13	2	15	2	2012	236,43		1516,00	5,03	0,14
18	59	15	2	2012	236,44		1873,00	5,59	0,14
11	17	16	2	2012	236,46		2851,00	6,89	0,14
15	9	17	2	2012	236,46		4523,00	8,68	0,14
11	42	20	2	2012	236,54		8636,00	12,00	0,15
20	33	21	2	2012	236,56		10607,00	13,30	0,15
14	59	22	2	2012	236,52		11713,00	13,97	0,15

Dados do provete 59.3	
Peso (g)	234,18
Secção (cm^2)	15,98
Altura (cm)	5,65
Porosidade livre (%)	2,49

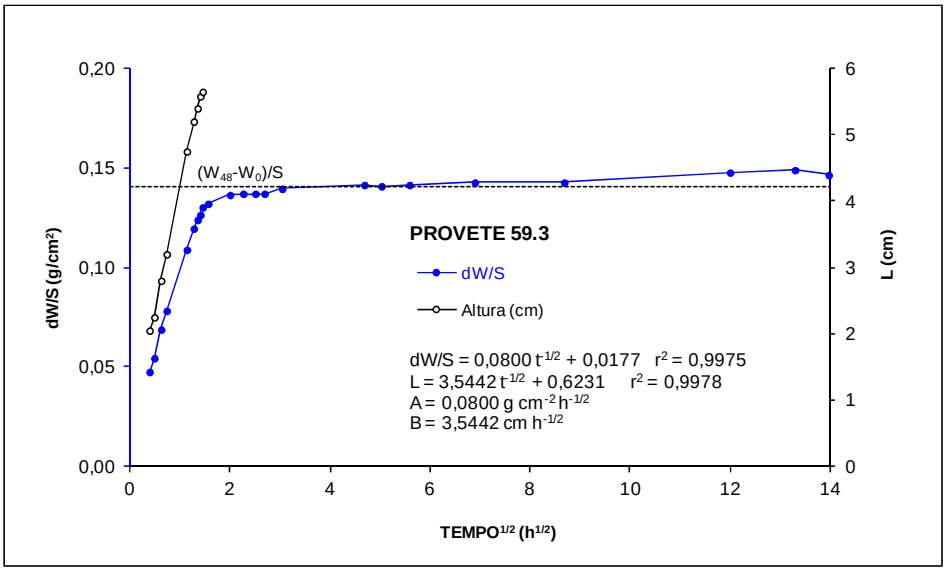


Figura A1.6 – Curvas de evolução do acréscimo de peso sobre a área da base do provete e da franja capilar do provete HMV 59.3.

ANEXO A2
RESULTADOS DO ENSAIO DE EVAPORAÇÃO

Quadro A2.1 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 58.1

PROVETE 58.1								
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso**	**Minutos**	**Horas**	**dW/S**
11	31	7	3	2012	241,64	0	0,00	0,0000
11	40	7	3	2012	241,60	9	0,15	-0,0025
12	57	7	3	2012	241,53	86	1,43	-0,0069
14	24	7	3	2012	241,45	173	2,88	-0,0119
15	36	7	3	2012	241,41	245	4,08	-0,0144
16	59	7	3	2012	241,38	328	5,47	-0,0163
18	4	7	3	2012	241,34	393	6,55	-0,0188
19	29	7	3	2012	241,29	478	7,97	-0,0219
21	55	7	3	2012	241,22	624	10,40	-0,0263
0	21	8	3	2012	241,16	770	12,83	-0,0300
1	45	8	3	2012	241,11	854	14,23	-0,0332
8	53	8	3	2012	240,91	1282	21,37	-0,0457
10	22	8	3	2012	240,86	1371	22,85	-0,0488
11	48	8	3	2012	240,80	1457	24,28	-0,0526
14	9	8	3	2012	240,73	1598	26,63	-0,0570
16	23	8	3	2012	240,68	1732	28,87	-0,0601
19	52	8	3	2012	240,57	1941	32,35	-0,0670
21	52	8	3	2012	240,51	2061	34,35	-0,0707
1	6	9	3	2012	240,40	2255	37,58	-0,0776
8	40	9	3	2012	240,17	2709	45,15	-0,0920
10	34	9	3	2012	240,12	2823	47,05	-0,0951
12	26	9	3	2012	240,11	2935	48,92	-0,0958
18	26	9	3	2012	240,02	3295	54,92	-0,1014
22	10	9	3	2012	239,98	3519	58,65	-0,1039
13	41	10	3	2012	239,86	4450	74,17	-0,1114
18	40	10	3	2012	239,84	4749	79,15	-0,1127
16	11	11	3	2012	239,76	6040	100,67	-0,1177
10	22	12	3	2012	239,69	7131	118,85	-0,1221
20	41	12	3	2012	239,66	7750	129,17	-0,1239
10	44	13	3	2012	239,62	8593	143,22	-0,1264
19	59	13	3	2012	239,59	9148	152,47	-0,1283
14	1	14	3	2012	239,55	10230	170,50	-0,1308
16	55	15	3	2012	239,49	11844	197,40	-0,1346
20	54	16	3	2012	239,44	13523	225,38	-0,1377
19	38	18	3	2012	239,37	16327	272,12	-0,1421
15	48	20	3	2012	239,32	18977	316,28	-0,1452
9	23	23	3	2012	239,25	22912	381,87	-0,1496
16	50	25	3	2012	239,20	26239	437,32	-0,1527
13	42	27	3	2012	239,18	28931	482,18	-0,1540
8	28	30	3	2012	239,15	32937	548,95	-0,1559
13	47	2	4	2012	239,15	37576	626,27	-0,1559
11	50	5	4	2012	239,13	41779	696,32	-0,1571
16	1	9	4	2012	239,13	47790	796,50	-0,1571
8	33	13	4	2012	239,13	53102	885,03	-0,1571
19	38	16	4	2012	239,13	58087	968,12	-0,1571
13	33	20	4	2012	239,13	63482	1058,03	-0,1571

Dados do provete 58.1	
Peso (g)	241,64
Secção (cm^2)	15,98
Altura (cm)	5,79
Saturação crítica (%)	39

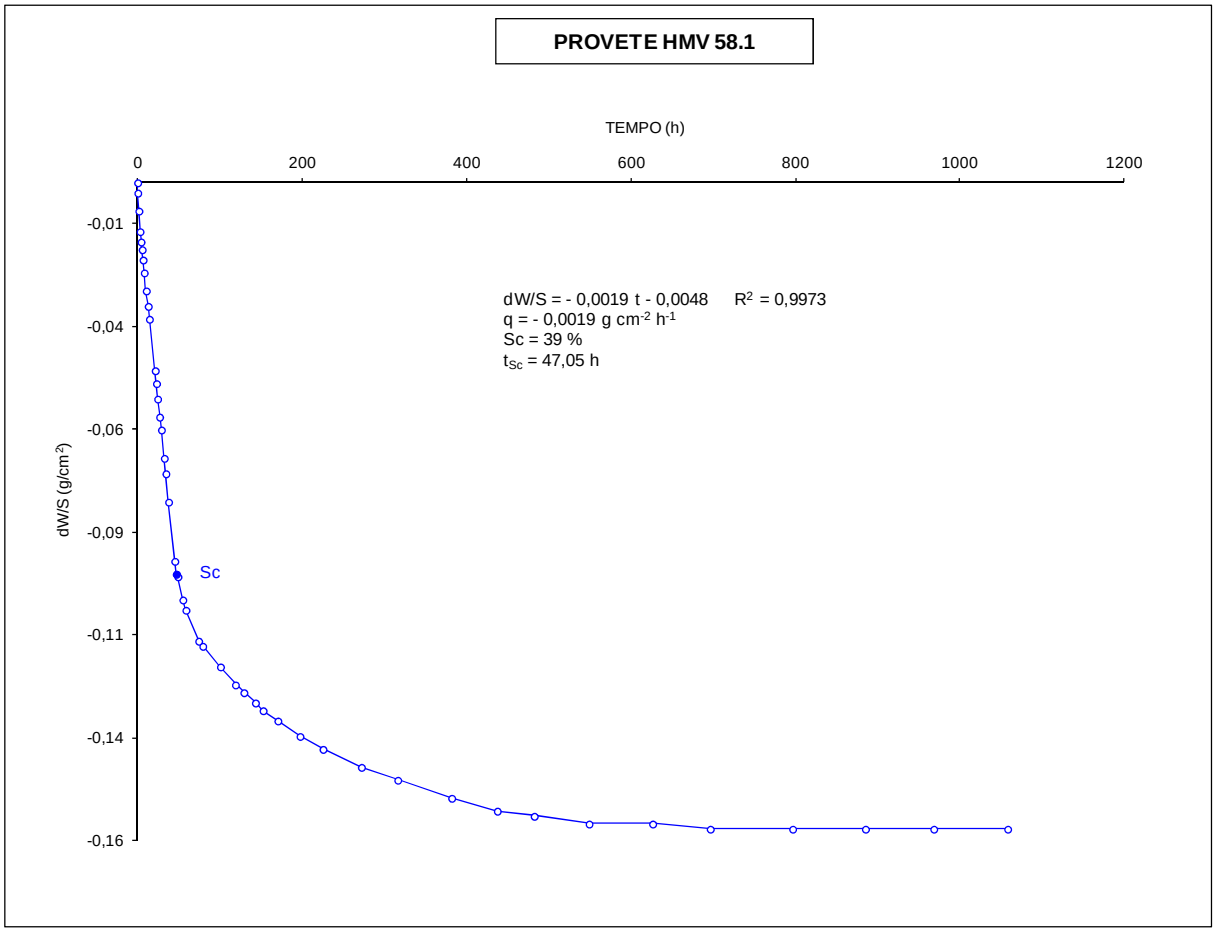


Figura A2.1 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 58.1.

Quadro A2.2 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 58.2

PROVETE 58.2								
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso**	**Minutos**	**Horas**	**dW/S**
11	32	7	3	2012	235,96	0	0,00	0,0000
11	40	7	3	2012	235,94	8	0,13	-0,0013
12	58	7	3	2012	235,89	86	1,43	-0,0044
14	24	7	3	2012	235,82	172	2,87	-0,0088
15	36	7	3	2012	235,78	244	4,07	-0,0113
16	59	7	3	2012	235,75	327	5,45	-0,0131
18	5	7	3	2012	235,72	393	6,55	-0,0150
19	29	7	3	2012	235,68	477	7,95	-0,0175
21	56	7	3	2012	235,61	624	10,40	-0,0219
0	22	8	3	2012	235,55	770	12,83	-0,0257
1	46	8	3	2012	235,52	854	14,23	-0,0275
8	54	8	3	2012	235,32	1282	21,37	-0,0401
10	22	8	3	2012	235,28	1370	22,83	-0,0426
11	49	8	3	2012	235,23	1457	24,28	-0,0457
14	10	8	3	2012	235,17	1598	26,63	-0,0495
16	23	8	3	2012	235,10	1731	28,85	-0,0538
19	52	8	3	2012	235,02	1940	32,33	-0,0588
21	52	8	3	2012	234,96	2060	34,33	-0,0626
1	6	9	3	2012	234,86	2254	37,57	-0,0689
8	41	9	3	2012	234,63	2709	45,15	-0,0833
10	35	9	3	2012	234,54	2823	47,05	-0,0889
12	26	9	3	2012	234,49	2934	48,90	-0,0920
14	34	9	3	2012	234,44	3062	51,03	-0,0951
16	27	9	3	2012	234,40	3175	52,92	-0,0977
18	27	9	3	2012	234,37	3295	54,92	-0,0995
22	11	9	3	2012	234,32	3519	58,65	-0,1027
13	41	10	3	2012	234,18	4449	74,15	-0,1114
18	41	10	3	2012	234,16	4749	79,15	-0,1127
16	12	11	3	2012	234,08	6040	100,67	-0,1177
10	23	12	3	2012	234,02	7131	118,85	-0,1214
20	41	12	3	2012	233,99	7749	129,15	-0,1233
10	44	13	3	2012	233,96	8592	143,20	-0,1252
20	0	13	3	2012	233,93	9148	152,47	-0,1271
14	1	14	3	2012	233,90	10229	170,48	-0,1290
16	55	15	3	2012	233,86	11843	197,38	-0,1315
20	55	16	3	2012	233,81	13523	225,38	-0,1346
19	38	18	3	2012	233,77	16326	272,10	-0,1371
15	49	20	3	2012	233,72	18977	316,28	-0,1402
9	24	23	3	2012	233,67	22912	381,87	-0,1433
16	51	25	3	2012	233,62	26239	437,32	-0,1465
13	42	27	3	2012	233,59	28930	482,17	-0,1484
8	29	30	3	2012	233,53	32937	548,95	-0,1521
13	48	2	4	2012	233,50	37576	626,27	-0,1540
11	50	5	4	2012	233,46	41778	696,30	-0,1565
16	2	9	4	2012	233,43	47790	796,50	-0,1584
8	34	13	4	2012	233,43	53102	885,03	-0,1584
19	38	16	4	2012	233,43	58086	968,10	-0,1584
13	34	20	4	2012	233,43	63482	1058,03	-0,1584

Dados do provete 58.2	
Peso (g)	235,96
Secção (cm^2)	15,98
Altura (cm)	5,65
Saturação crítica (%)	47

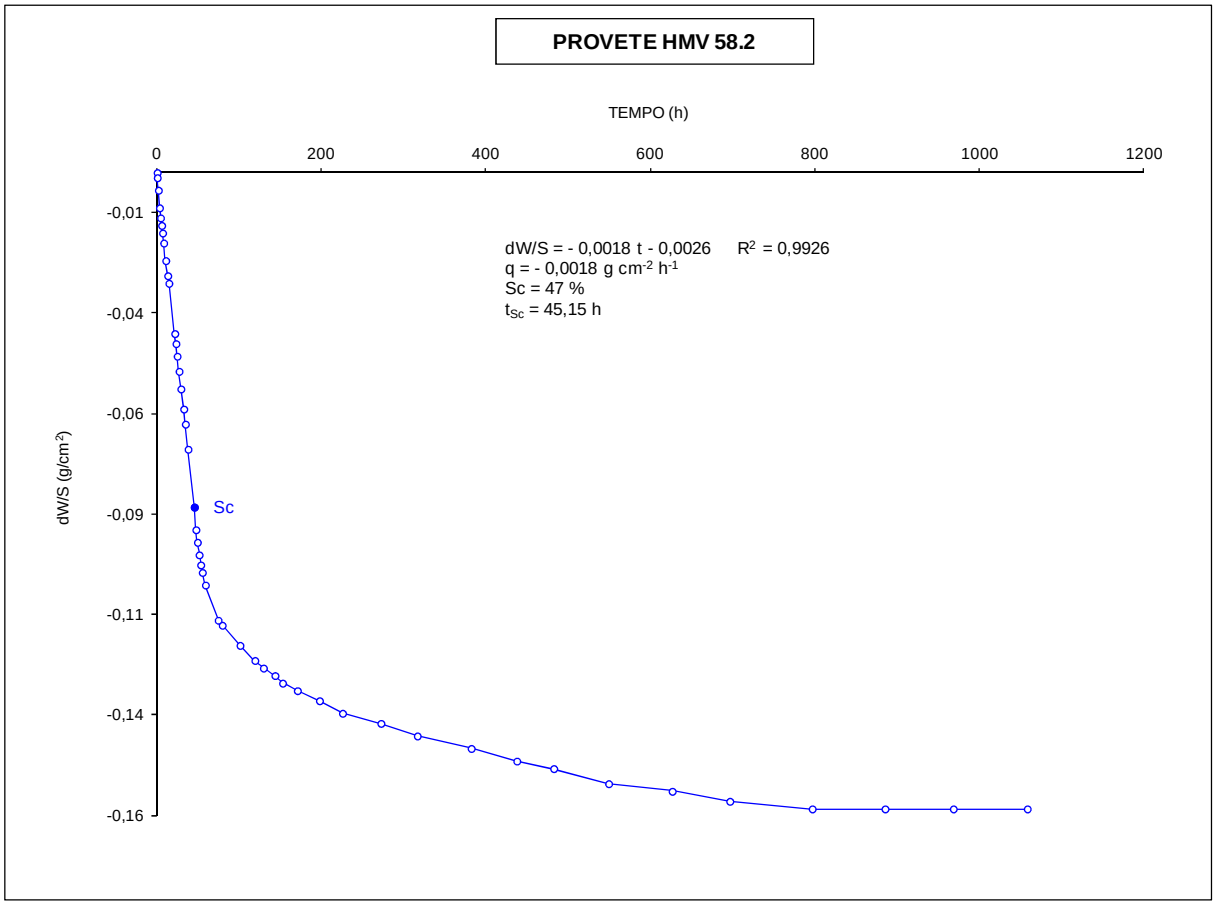


Figura A2.2 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 58.2.

Quadro A2.3 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 58.3

PROVETE 58.3								
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso**	**Minutos**	**Horas**	**dW/S**
11	34	7	3	2012	236,05	0	0,00	0,0000
11	46	7	3	2012	236,03	12	0,20	-0,0013
12	58	7	3	2012	235,98	84	1,40	-0,0044
14	25	7	3	2012	235,90	171	2,85	-0,0094
15	37	7	3	2012	235,86	243	4,05	-0,0119
17	0	7	3	2012	235,82	326	5,43	-0,0144
18	5	7	3	2012	235,76	391	6,52	-0,0182
19	30	7	3	2012	235,72	476	7,93	-0,0207
21	56	7	3	2012	235,64	622	10,37	-0,0257
0	22	8	3	2012	235,54	768	12,80	-0,0319
1	47	8	3	2012	235,50	853	14,22	-0,0344
8	55	8	3	2012	235,25	1281	21,35	-0,0501
10	23	8	3	2012	235,19	1369	22,82	-0,0538
11	49	8	3	2012	235,13	1455	24,25	-0,0576
14	11	8	3	2012	235,07	1597	26,62	-0,0613
16	23	8	3	2012	234,99	1729	28,82	-0,0664
19	53	8	3	2012	234,86	1939	32,32	-0,0745
21	53	8	3	2012	234,77	2059	34,32	-0,0801
1	7	9	3	2012	234,66	2253	37,55	-0,0870
8	41	9	3	2012	234,47	2707	45,12	-0,0989
10	36	9	3	2012	234,43	2822	47,03	-0,1014
12	27	9	3	2012	234,42	2933	48,88	-0,1020
18	28	9	3	2012	234,34	3294	54,90	-0,1070
22	11	9	3	2012	234,32	3517	58,62	-0,1083
13	42	10	3	2012	234,21	4448	74,13	-0,1152
18	41	10	3	2012	234,19	4747	79,12	-0,1164
16	12	11	3	2012	234,12	6038	100,63	-0,1208
10	23	12	3	2012	234,07	7129	118,82	-0,1239
20	41	12	3	2012	234,04	7747	129,12	-0,1258
10	45	13	3	2012	234,00	8591	143,18	-0,1283
20	0	13	3	2012	233,98	9146	152,43	-0,1296
14	2	14	3	2012	233,95	10228	170,47	-0,1315
16	56	15	3	2012	233,91	11842	197,37	-0,1340
20	55	16	3	2012	233,85	13521	225,35	-0,1377
19	39	18	3	2012	233,81	16325	272,08	-0,1402
15	49	20	3	2012	233,77	18975	316,25	-0,1427
9	24	23	3	2012	233,71	22910	381,83	-0,1465
16	51	25	3	2012	233,66	26237	437,28	-0,1496
13	43	27	3	2012	233,63	28929	482,15	-0,1515
8	29	30	3	2012	233,57	32935	548,92	-0,1552
13	49	2	4	2012	233,53	37575	626,25	-0,1577
11	51	5	4	2012	233,50	41777	696,28	-0,1596
16	2	9	4	2012	233,49	47788	796,47	-0,1602
8	34	13	4	2012	233,50	53100	885,00	-0,1596
19	39	16	4	2012	233,49	58085	968,08	-0,1602
13	34	20	4	2012	233,49	63480	1058,00	-0,1602

Dados do provete 58.3	
Peso (g)	236,05
Secção (cm^2)	15,98
Altura (cm)	5,67
Saturação crítica (%)	46

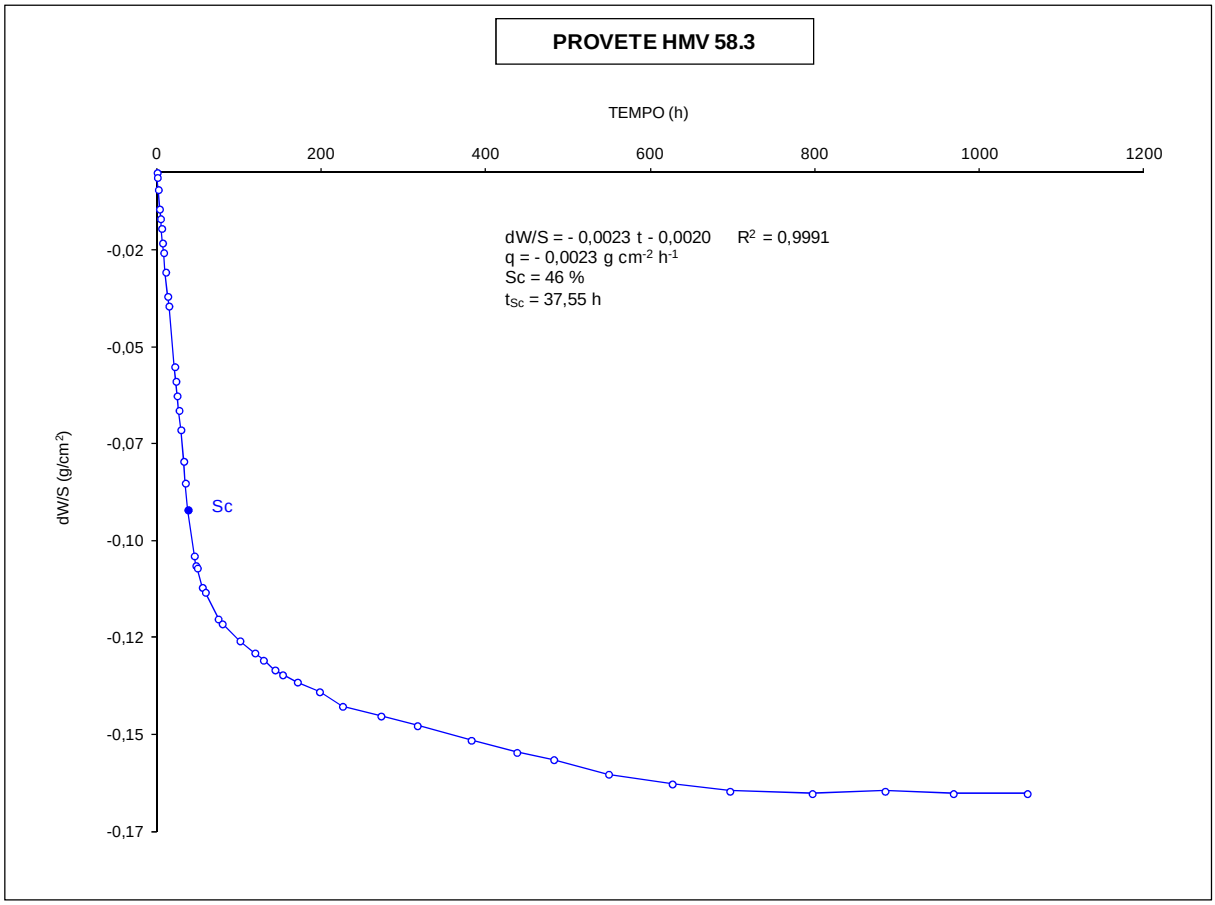


Figura A2.3 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 58.3.

Quadro A2.4 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 59.1

PROVETE 59.1								
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso**	**Minutos**	**Horas**	**dW/S**
11	36	7	3	2012	238,27	0	0,00	0,0000
12	15	7	3	2012	238,23	39	0,65	-0,0025
12	58	7	3	2012	238,20	82	1,37	-0,0044
14	25	7	3	2012	238,15	169	2,82	-0,0075
15	37	7	3	2012	238,10	241	4,02	-0,0106
17	0	7	3	2012	238,06	324	5,40	-0,0131
18	5	7	3	2012	238,03	389	6,48	-0,0150
19	30	7	3	2012	237,98	474	7,90	-0,0182
21	57	7	3	2012	237,92	621	10,35	-0,0219
0	23	8	3	2012	237,85	767	12,78	-0,0263
1	47	8	3	2012	237,82	851	14,18	-0,0282
8	55	8	3	2012	237,64	1279	21,32	-0,0394
10	24	8	3	2012	237,59	1368	22,80	-0,0426
11	50	8	3	2012	237,53	1454	24,23	-0,0463
14	11	8	3	2012	237,49	1595	26,58	-0,0488
16	24	8	3	2012	237,44	1728	28,80	-0,0520
19	53	8	3	2012	237,34	1937	32,28	-0,0582
21	53	8	3	2012	237,28	2057	34,28	-0,0620
1	7	9	3	2012	237,23	2251	37,52	-0,0651
8	42	9	3	2012	237,10	2706	45,10	-0,0732
10	36	9	3	2012	237,06	2820	47,00	-0,0757
12	28	9	3	2012	237,05	2932	48,87	-0,0764
18	28	9	3	2012	236,99	3292	54,87	-0,0801
22	12	9	3	2012	236,97	3516	58,60	-0,0814
13	42	10	3	2012	236,89	4446	74,10	-0,0864
18	42	10	3	2012	236,86	4746	79,10	-0,0883
16	13	11	3	2012	236,81	6037	100,62	-0,0914
10	24	12	3	2012	236,76	7128	118,80	-0,0945
20	42	12	3	2012	236,74	7746	129,10	-0,0958
10	45	13	3	2012	236,72	8589	143,15	-0,0970
20	0	13	3	2012	236,70	9144	152,40	-0,0983
14	2	14	3	2012	236,67	10226	170,43	-0,1002
16	56	15	3	2012	236,64	11840	197,33	-0,1020
20	55	16	3	2012	236,59	13519	225,32	-0,1052
19	39	18	3	2012	236,56	16323	272,05	-0,1070
15	50	20	3	2012	236,53	18974	316,23	-0,1089
9	25	23	3	2012	236,48	22909	381,82	-0,1120
16	52	25	3	2012	236,43	26236	437,27	-0,1152
13	44	27	3	2012	236,41	28928	482,13	-0,1164
8	30	30	3	2012	236,36	32934	548,90	-0,1196
13	49	2	4	2012	236,32	37573	626,22	-0,1221
11	51	5	4	2012	236,30	41775	696,25	-0,1233
16	3	9	4	2012	236,28	47787	796,45	-0,1246
8	35	13	4	2012	236,28	53099	884,98	-0,1246
19	39	16	4	2012	236,28	58083	968,05	-0,1246
13	35	20	4	2012	236,28	63479	1057,98	-0,1246

Dados do provete 59.1	
Peso (g)	238,27
Secção (cm^2)	15,98
Altura (cm)	5,61
Saturação crítica (%)	50

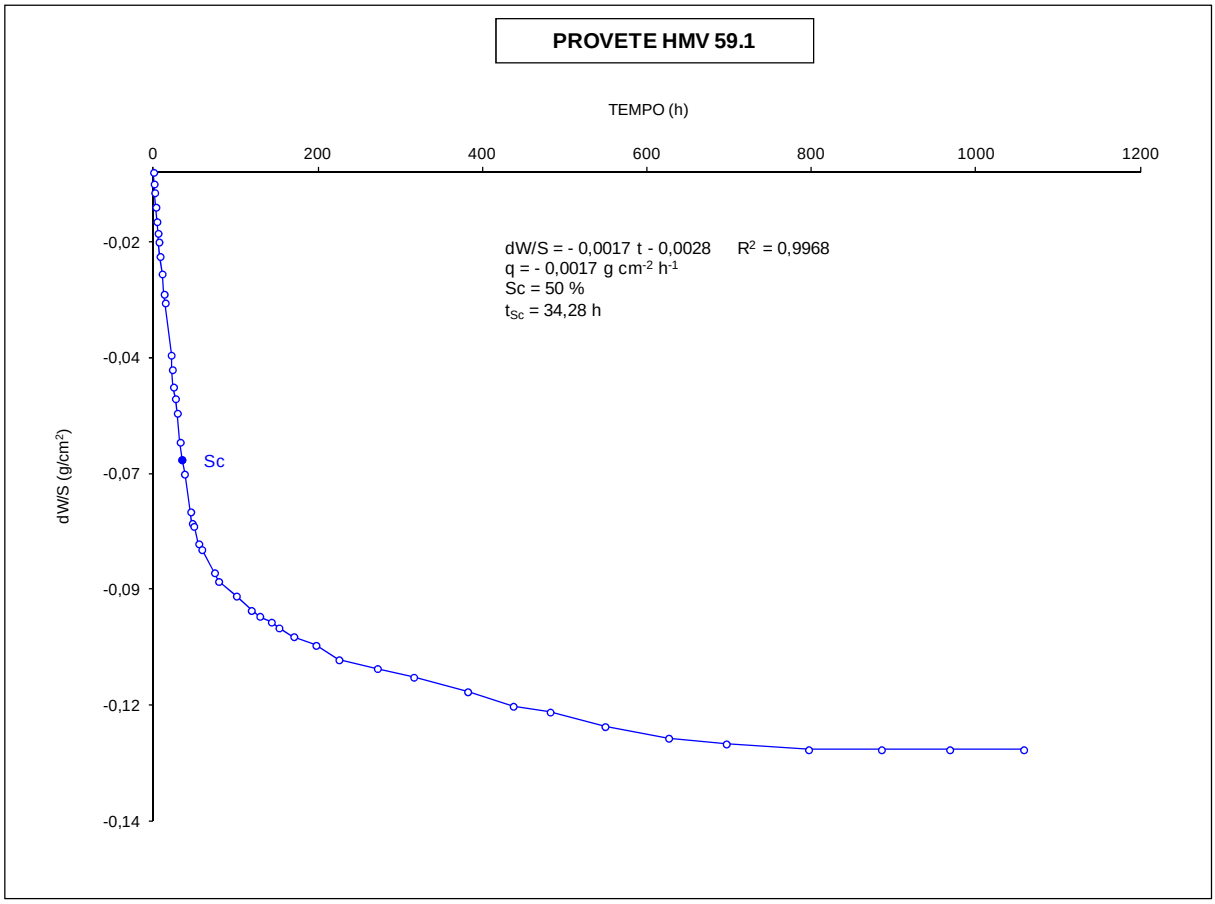


Figura A2.4 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 59.1.

Quadro A2.5 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 59.2.

PROVETE 59.2								
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso**	**Minutos**	**Horas**	**dW/S**
11	38	7	3	2012	242,10	0	0,00	0,0000
12	15	7	3	2012	242,07	37	0,62	-0,0019
12	59	7	3	2012	242,04	81	1,35	-0,0038
14	25	7	3	2012	241,99	167	2,78	-0,0069
15	37	7	3	2012	241,94	239	3,98	-0,0100
17	1	7	3	2012	241,90	323	5,38	-0,0125
18	6	7	3	2012	241,87	388	6,47	-0,0144
19	30	7	3	2012	241,82	472	7,87	-0,0175
21	57	7	3	2012	241,76	619	10,32	-0,0213
0	23	8	3	2012	241,69	765	12,75	-0,0257
1	48	8	3	2012	241,66	850	14,17	-0,0275
8	56	8	3	2012	241,47	1278	21,30	-0,0394
10	24	8	3	2012	241,41	1366	22,77	-0,0432
11	51	8	3	2012	241,36	1453	24,22	-0,0463
14	12	8	3	2012	241,31	1594	26,57	-0,0495
16	24	8	3	2012	241,24	1726	28,77	-0,0538
19	54	8	3	2012	241,15	1936	32,27	-0,0595
21	53	8	3	2012	241,09	2055	34,25	-0,0632
1	8	9	3	2012	241,03	2250	37,50	-0,0670
8	42	9	3	2012	240,91	2704	45,07	-0,0745
10	37	9	3	2012	240,88	2819	46,98	-0,0764
12	28	9	3	2012	240,87	2930	48,83	-0,0770
18	29	9	3	2012	240,81	3291	54,85	-0,0808
22	12	9	3	2012	240,78	3514	58,57	-0,0826
13	43	10	3	2012	240,70	4445	74,08	-0,0876
18	42	10	3	2012	240,68	4744	79,07	-0,0889
16	13	11	3	2012	240,63	6035	100,58	-0,0920
10	25	12	3	2012	240,58	7127	118,78	-0,0951
20	42	12	3	2012	240,54	7744	129,07	-0,0977
10	46	13	3	2012	240,53	8588	143,13	-0,0983
20	1	13	3	2012	240,51	9143	152,38	-0,0995
14	3	14	3	2012	240,49	10225	170,42	-0,1008
16	57	15	3	2012	240,45	11839	197,32	-0,1033
20	56	16	3	2012	240,40	13518	225,30	-0,1064
19	39	18	3	2012	240,37	16321	272,02	-0,1083
15	51	20	3	2012	240,33	18973	316,22	-0,1108
9	25	23	3	2012	240,28	22907	381,78	-0,1139
16	52	25	3	2012	240,24	26234	437,23	-0,1164
13	45	27	3	2012	240,22	28927	482,12	-0,1177
8	31	30	3	2012	240,16	32933	548,88	-0,1214
13	50	2	4	2012	240,14	37572	626,20	-0,1227
11	52	5	4	2012	240,11	41774	696,23	-0,1246
16	3	9	4	2012	240,09	47785	796,42	-0,1258
8	35	13	4	2012	240,09	53097	884,95	-0,1258
19	40	16	4	2012	240,09	58082	968,03	-0,1258
13	35	20	4	2012	240,09	63477	1057,95	-0,1258

Dados do provete 59.2	
Peso (g)	242,10
Secção (cm^2)	15,98
Altura (cm)	5,72
Saturação crítica (%)	50

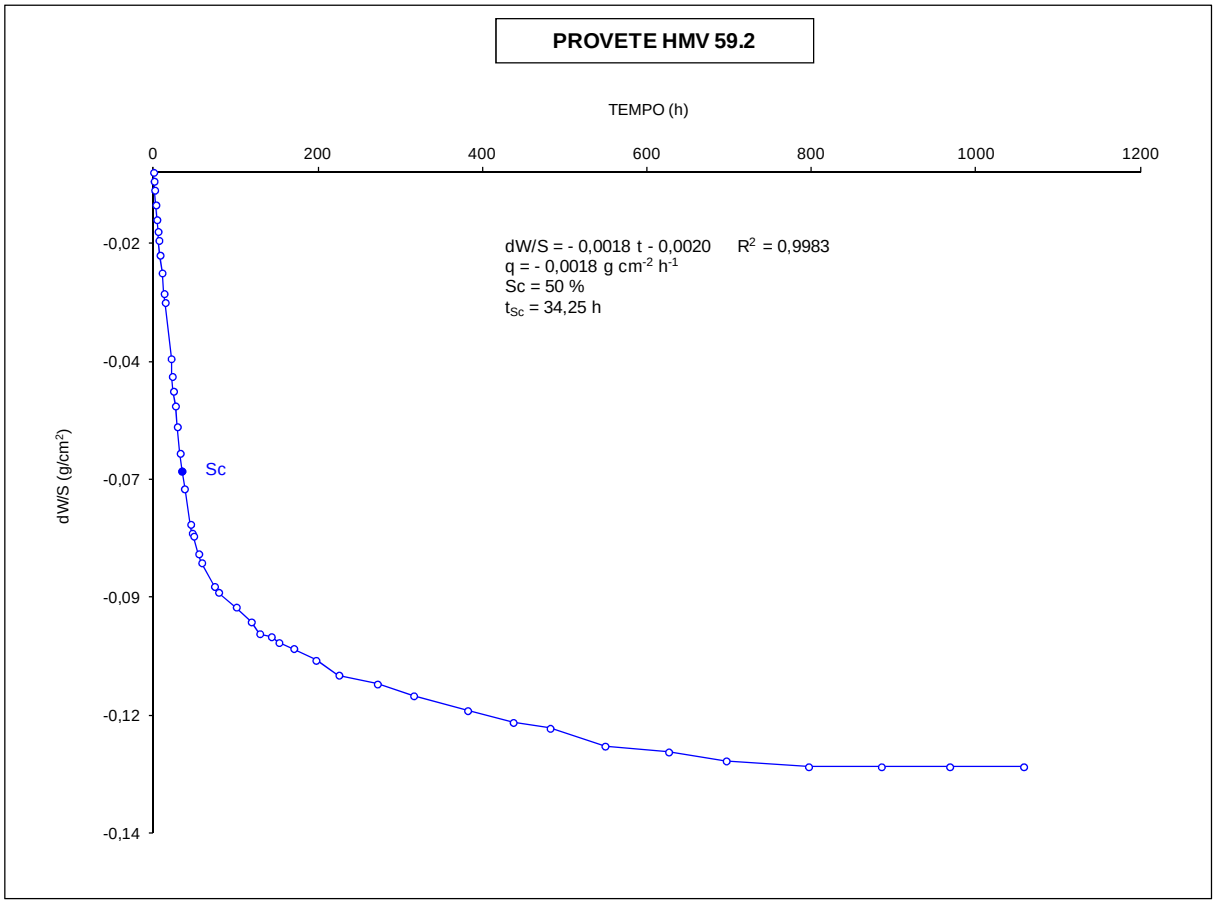


Figura A2.5 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 59.2.

Quadro A2.6 – Registos efectuados durante o ensaio de evaporação e resultados obtidos para o provete HMV 59.3.

PROVETE 59.3								
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**Peso**	**Minutos**	**Horas**	**dW/S**
11	39	7	3	2012	238,27	0	0,00	0,0000
12	16	7	3	2012	238,24	37	0,62	-0,0019
12	59	7	3	2012	238,21	80	1,33	-0,0038
14	26	7	3	2012	238,15	167	2,78	-0,0075
15	38	7	3	2012	238,10	239	3,98	-0,0106
17	1	7	3	2012	238,06	322	5,37	-0,0131
18	6	7	3	2012	238,02	387	6,45	-0,0156
19	31	7	3	2012	237,96	472	7,87	-0,0194
21	58	7	3	2012	237,87	619	10,32	-0,0250
0	24	8	3	2012	237,79	765	12,75	-0,0300
1	48	8	3	2012	237,75	849	14,15	-0,0326
8	57	8	3	2012	237,54	1278	21,30	-0,0457
10	25	8	3	2012	237,49	1366	22,77	-0,0488
11	52	8	3	2012	237,42	1453	24,22	-0,0532
14	12	8	3	2012	237,35	1593	26,55	-0,0576
16	24	8	3	2012	237,30	1725	28,75	-0,0607
19	54	8	3	2012	237,23	1935	32,25	-0,0651
21	54	8	3	2012	237,19	2055	34,25	-0,0676
1	8	9	3	2012	237,16	2249	37,48	-0,0695
8	43	9	3	2012	237,09	2704	45,07	-0,0739
10	38	9	3	2012	237,06	2819	46,98	-0,0757
12	29	9	3	2012	237,06	2930	48,83	-0,0757
18	30	9	3	2012	237,02	3291	54,85	-0,0782
22	13	9	3	2012	237,00	3514	58,57	-0,0795
13	43	10	3	2012	236,93	4444	74,07	-0,0839
18	43	10	3	2012	236,91	4744	79,07	-0,0851
16	13	11	3	2012	236,87	6034	100,57	-0,0876
10	26	12	3	2012	236,83	7127	118,78	-0,0901
20	43	12	3	2012	236,81	7744	129,07	-0,0914
10	47	13	3	2012	236,78	8588	143,13	-0,0933
20	1	13	3	2012	236,76	9142	152,37	-0,0945
14	3	14	3	2012	236,73	10224	170,40	-0,0964
16	57	15	3	2012	236,70	11838	197,30	-0,0983
20	56	16	3	2012	236,65	13517	225,28	-0,1014
19	40	18	3	2012	236,62	16321	272,02	-0,1033
15	51	20	3	2012	236,58	18972	316,20	-0,1058
9	26	23	3	2012	236,53	22907	381,78	-0,1089
16	53	25	3	2012	236,48	26234	437,23	-0,1120
13	45	27	3	2012	236,46	28926	482,10	-0,1133
8	31	30	3	2012	236,41	32932	548,87	-0,1164
13	51	2	4	2012	236,39	37572	626,20	-0,1177
11	52	5	4	2012	236,36	41773	696,22	-0,1196
16	4	9	4	2012	236,34	47785	796,42	-0,1208
8	35	13	4	2012	236,34	53096	884,93	-0,1208
19	40	16	4	2012	236,34	58081	968,02	-0,1208
13	36	20	4	2012	236,34	63477	1057,95	-0,1208

Dados do provete 59.3	
Peso (g)	238,27
Secção (cm^2)	15,98
Altura (cm)	5,65
Saturação crítica (%)	50

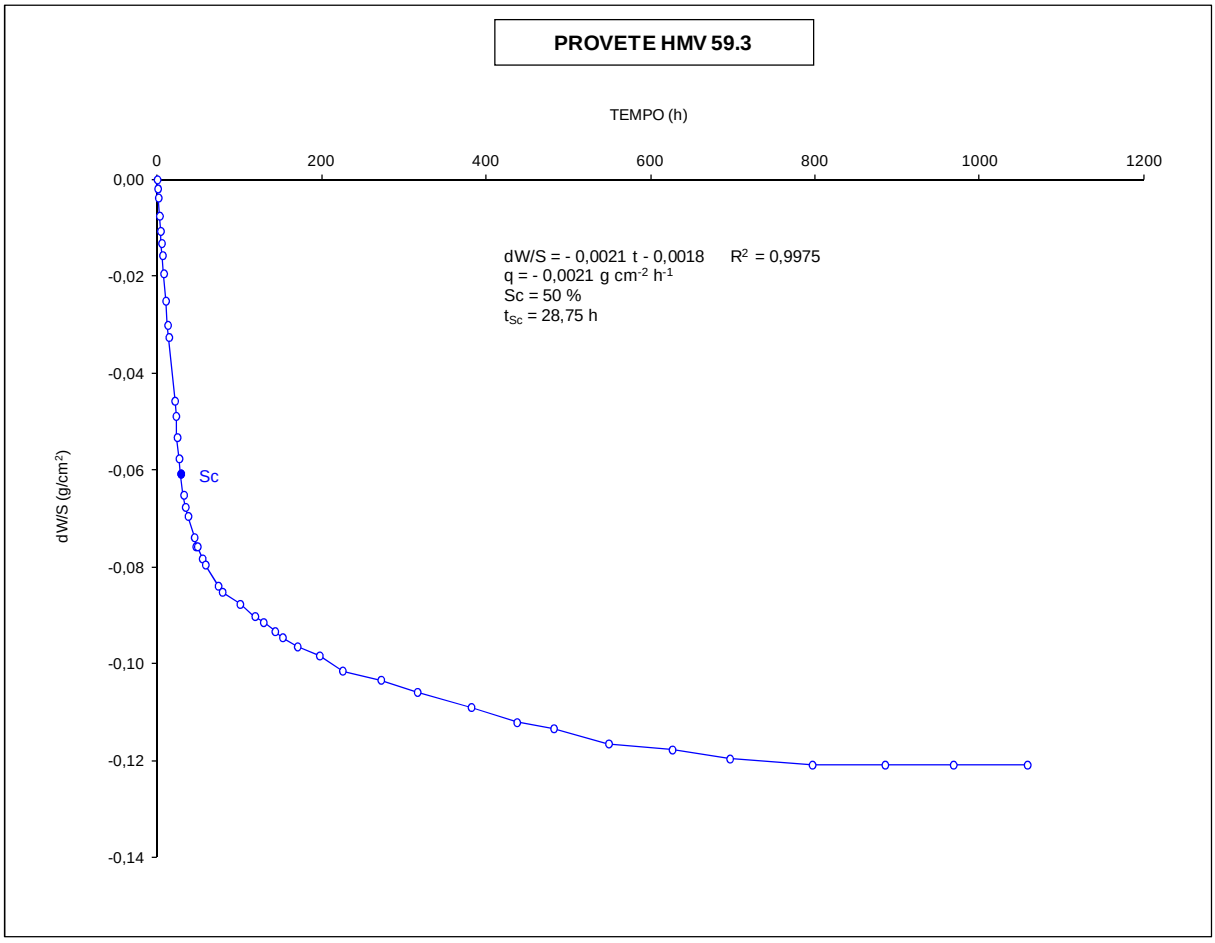


Figura A2.6 – Curva de perda de peso por unidade de superfície em função do tempo do provete HMV 59.3.