



Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Escola de Ciências e Tecnologia

**REABILITAÇÃO DE UMA CASA DO SÉCULO XIX, DE
FELGUEIRAS / CARACTERIZAÇÃO, DIAGNÓSTICO DAS
ANOMALIAS CONSTRUTIVAS E BASES PARA O PROJECTO DE
RESTAURO E REABILITAÇÃO**

Dinis Passos de Sousa

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil

Setembro de 2013



Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Escola de Ciências e Tecnologia

**REABILITAÇÃO DE UMA CASA DO SÉCULO XIX, DE
FELGUEIRAS CARACTERIZAÇÃO, DIAGNÓSTICO DAS ANOMALIAS
CONSTRUTIVAS E BASES PARA O PROJECTO DE RESTAURO E
REABILITAÇÃO**

Orientador: Professora Doutora Maria Eunice da Costa Salavessa

Co-Orientador: Mestre Eng. José A. F.de Oliveira Correia

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil

Setembro de 2013

Dissertação submetida à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob orientação científica da Professora Doutora Maria Eunice da Costa Salavessa, docente do Departamento de Engenharia Civil, e do Mestre Engenheiro José António Fonseca de Oliveira Correia, membro integrado da Unidade de Concepção e Validação Experimental do IDMEC/Pólo FEUP, LAETA.

“Pelo sonho é que vamos”

Sebastião da Gama

Aos meus Pais

AGRADECIMENTOS

Para esta dissertação contribuíram muito os conhecimentos básicos e específicos que, durante a Tese de “Mestrado em Engenharia Civil”, na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, que através da minha Orientadora, me foram transmitidos.

Pelos apoios que, na fase de desenvolvimento do tema da tese, me foram proporcionados, deixo expressos, individualmente, os meus sinceros agradecimentos:

- À Professora Doutora Arquitecta Maria Eunice da Costa Salavessa que com o seu apoio, motivação e exigência na orientação desta dissertação, me permitiu aprofundar significativamente o meu conhecimento, ultrapassar obstáculos e levar a bom porto este trabalho.
- Ao Mestre Engenheiro José Correia, pelas críticas, opiniões e conselhos partilhados, durante a realização dos ensaios mecânicos da madeira e na redacção do respectivo capítulo.
- Ao Professor Doutor Luís Manuel Oliveira Sousa, pelo profissionalismo, interesse e ajuda prestada na realização do meu trabalho, nomeadamente na análise de estuques.
- Ao proprietário do edifício objecto de estudo, o Sr. Antero de Sousa, pela disponibilidade permanente que sempre demonstrou.
- À minha família, em particular aos meus pais, Bernardino de Sousa e Maria Rosa Teixeira Passos, gostaria ainda de exprimir o mais profundo agradecimento, por todo o amor, motivação e apoio incondicional na minha

formação, em particular, ajuda prestada pelo meu Pai na execução dos ensaios realizados no edifício.

- À minha irmã, Engenheira Suzete de Sousa, pelo apoio prestado em todas as minhas dúvidas.

- À minha afilhada, Maria Leonor de Sousa Alves, pelos sorrisos nos momentos mais difíceis.

- À minha namorada, Patrícia de Oliveira, um agradecimento muito especial, pelo carinho, compreensão, paciência, apoio e, acima de tudo, pelos incentivos constantes e a palavra amiga nos momentos mais difíceis.

- À UTAD, pela disponibilização de meios e de infra-estruturas necessárias à realização deste trabalho.

- Ao Senhor José Gramaxo, pelo excelente trabalho de levantamento topográfico e geométrico do edifício que foi objecto deste estudo.

- Ao senhor Armindo, técnico do laboratório de Ciências Florestais da UTAD, pela ajuda prestada na elaboração dos provetes de madeira necessários à realização do programa experimental.

- Ao Senhor Agostinho de Oliveira, pela substituição da viga de madeira, necessária para os ensaios.

- Ao Tito João Ribeiro de Azevedo pela produção das lâminas das amostras de estuque, para posterior análise petrográfica.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para tornar esta dissertação uma realidade, o meu bem-haja...

REABILITAÇÃO DE UMA CASA DO SÉCULO XIX, DE FELGUEIRAS / CARACTERIZAÇÃO, DIAGNÓSTICO DAS ANOMALIAS CONSTRUTIVAS E BASES PARA O PROJECTO DE RESTAURO E REABILITAÇÃO

RESUMO

São inúmeros os edifícios anteriores ao séc. XIX no nosso país. Muitos são abandonados, deixando este património à mercê dos diversos agentes de deterioração. Deve ser rapidamente inculcido o sentido de manutenção e conservação dos edifícios antigos com valor patrimonial, correntes e monumentais, da paisagem rural e da salvaguarda do património rural edificado, através de políticas patrimoniais e de incentivos múltiplos.

Esta dissertação pretende fundamentalmente estudar as técnicas pouco intrusivas e não destrutivas de inspeção e exame do estado de conservação de edifícios antigos, com base nos princípios e critérios de conservação, reabilitação e restauro de edifícios históricos, nas principais cartas e convenções internacionais de salvaguarda do património cultural, não esquecendo as exigências actuais de conforto e habitabilidade. Com essa finalidade, foi seleccionado um edifício do séc. XIX situado em Felgueiras, para caso de estudo.

Em primeiro lugar foi feito um **Enquadramento Físico e Humano da zona onde se insere o edifício estudado**, sendo estudadas algumas características da região.

Após esse estudo, foi realizada a **Caracterização Arquitectónica**. Neste capítulo, para uma melhor percepção da organização espacial do edifício, fez-se o seu levantamento geométrico, tendo sido identificados os compartimentos do edifício, bem como a sua utilização.

Para a **Caracterização Construtiva**, foram caracterizadas de uma forma um pouco pormenorizada os elementos construtivos mais importantes, os materiais de que são constituídos e as técnicas de construção tradicionais aplicadas: fundações, pisos, alvenarias, cantarias, sobrados, tabiques, estrutura de madeira de cobertura, escadas, revestimentos, caixilharias, elementos em ferro e sistemas de instalação técnica.

Depois de caracterizados os elementos construtivos foi efectuado o **Diagnóstico das Anomalias Construtivas**, onde foram identificadas, em fichas normalizadas, as anomalias estruturais e não estruturais presentes em cada elemento construtivo. Esta etapa foi importante para elaborar um relatório-síntese do estado de conservação do edifício e propor sugestões de reparação.

Desenvolveu-se, ainda, a **Análise dos Estuques** do edifício, onde foram estudadas algumas características dos estuques antigos de Cal e de Gesso, passando-se depois para as análises petrográficas das amostras dos estuques oitocentistas, recolhidas no edifício. Este tipo de análises permite reconhecer as características texturais, dados mineralógicos, forma e dimensão dos grãos, fissuras e poros das argamassas endurecidas.

O edifício é composto com elementos estruturais de madeira, nos pavimentos, tectos e cobertura, assim houve a necessidade de efectuar uma **Avaliação das Propriedades da Madeira**, com o objectivo de se caracterizar as suas propriedades físicas e mecânicas.

Passou-se para a **Proposta de Restauro e Reabilitação**, em que foram analisadas as anomalias e se propôs uma forma eficiente e pouco intrusiva de restauro e reabilitação das mesmas.

Palavras-Chave: Inspeção “in situ”; Técnicas Laboratoriais; Estado de conservação de Estuques e Madeiras; Diagnóstico de Anomalias Construtivas.

REHABILITATION OF A HOUSE OF XIX CENTURY, OF FELGUEIRAS / CHARACTERIZATION, DIAGNOSIS OF FAULTS CONSTRUCTIVAS AND BASIS FOR PROJECT RESTORATION AND REHABILITATION

ABSTRACT

There are many buildings prior to the nineteenth century in our country. Many are abandoned, leaving this property at the mercy of the various agents of deterioration. It should be quickly instilled sense of maintenance and conservation of old buildings with heritage value, current and monumental, the countryside and the rural built heritage conservation through policies and incentives multiple sheets.

This thesis aims to study the techniques fundamentally little intrusive and non-destructive inspection and examination of the state of conservation of old buildings, based on the principles and criteria for conservation, rehabilitation and restoration of historic buildings in major international charters and conventions safeguard heritage cultural, not forgetting the current requirements of comfort and livability. For this purpose, was selected a nineteenth-century building Felgueiras, for case study.

He was made first framework Geographic, and studied some characteristics of the region, which includes the building studied. After this study, we performed the Architectural Characterization; chapter for a better understanding of the spatial organization of the building, it was his geometric survey were identified compartments of the building and its use.

For Constructive Characterization, were characterized in a way little detail the most important constructive elements: foundations, floors, walls, masonry, floors, partitions, wooden structure coverage, stairs, cladding, joinery, iron elements and systems installation technique.

Having characterized the constructive elements was made the Diagnosis of Anomalies Constructive, which has been identified in standard sheets, the structural and non-structural abnormalities present in each construction element. This step was important to prepare a synthesis report of the condition of the build inland propose suggestions for repair.

It developed also the Analysis of Stucco Building, where they were studied some characteristics of ancient plasters Lime and Gypsum, moving then to the petrographic analysis of samples from the nineteenth century stucco, collected in the building. This type of analysis allows recognizing the features textural, mineralogical data, shape and size of grains, cracks and pores of the hardened mortars.

The building consists of structural elements of wood (floors, ceilings and roof). Thus it was necessary to carry out an evaluation of Wood Properties, in order to characterize the physical and mechanical properties.

Therefore Proposed Restoration and Rehabilitation, where the anomalies were analyzed and proposed an efficient and somewhat intrusive restoration and rehabilitation of them.

Keywords: Inspection "*in situ*"; Laboratory Techniques; Conservation Status of Stucco and Wood; Diagnostic of Constructive Anomalies.

SIMBOLOGIA

Simbologia	Grandeza
kN	<i>Kilo Newton</i>
kPa	<i>Kilo Pascal</i>
MPa	<i>Mega Pascal</i>
GPa	<i>Giga Pascal</i>
G	<i>Massa volúmica</i>
V_H	<i>Volume</i>
E	<i>Módulo de elasticidade</i>
I	<i>Momento de Inércia</i>
m_H	<i>Massa</i>
u_{ins}	<i>Deformação instantânea</i>
u_{fin}	<i>Deformação final</i>
ρ	<i>Massa volúmica</i>
σ	<i>Tensão normal</i>
ν	<i>Coefficiente de Poison</i>
\bar{X}	<i>Média</i>
σ	<i>Desvio Padrão</i>

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	xii
REABILITAÇÃO DE UMA CASA DO SÉCULO XIX, DE FELGUEIRAS / CARACTERIZAÇÃO, DIAGNÓSTICO DAS ANOMALIAS COSNTRUTIVAS E BASES PARA O PROJECTO DE RESTAURO E REABILITAÇÃO	xv
RESUMO	xv
REHABILITATION OF A HOUSE OF XIX CENTURY, OF FELGUEIRAS / CHARACTERIZATION, DIAGNOSIS OF FAULTS COSNTRUTIVAS AND BASIS FOR PROJECT RESTORATION AND REHABILITATION	xviii
ABSTRACT	xviii
SIMBOLOGIA	xx
ÍNDICE GERAL	xxi
ÍNDICE DE FIGURAS	xxix
ÍNDICE DE QUADROS	xxxvii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xxxix
CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objectivos.....	1
1.2. Situação do Estudo do Tema.....	2
1.2.1. Cartas e Convenções Internacionais e Nacionais de intervenção sobre o património cultural	4

1.2.1.1. Carta de Veneza sobre a conservação e o restauro de monumentos e sítios - ICOMOS	4
1.2.1.2. Carta europeia do património arquitectónico - conselho da europa	4
1.2.1.3. Documento de nara sobre a autenticidade do património cultural – UNESCO, ICCROM e ICOMOS	5
1.2.1.4. Carta de Cracóvia 2000 sobre os princípios para a conservação e o restauro do património construído	6
1.3. Metodologia Utilizada.....	6
CAPITULO 2	9
ENQUADRAMENTO FÍSICO E HUMANO DO EDIFÍCIO-OBJECTO DE ESTUDO	9
2.1. Situação geográfica	9
2.1.1. Concelho de Felgueiras.....	9
2.1.2. Freguesia de Caramos	13
2.2. Evolução Histórica	13
2.2.1. Concelho de Felgueiras.....	13
2.2.2. Freguesia de Caramos	14
2.3. Geologia	14
2.4. Relevo.....	17
2.4.1. Altitude	17
2.4.2. Declive	17
2.5. Clima	19
2.5.1. Temperatura	20
2.5.2. Humidade do Ar	22
2.5.3. Precipitação	23
2.5.4. Nebulosidade	25
2.5.5. Regime de Ventos.....	26
2.5.6. Geada	27

2.5.7. Insolação	28
2.5.7. Evapotranspiração	29
2.6. Cobertura Vegetal.....	30
2.7. Análise demográfica	31
2.8. Análise económica e social da freguesia de Caramos	32
2.9. Vias de Acesso	33
CAPÍTULO 3	35
CARACTERIZAÇÃO ARQUITETÓNICA E CONSTRUTIVA DO EDIFÍCIO.....	35
3.1. CARACTERIZAÇÃO ARQUITECTONICA	35
3.1.1 ARQUITECTURA DO SÉCULO XIX EM PORTUGAL	35
3.2.1.2. Levantamento topográfico.....	39
3.2.1.3. Alçados	40
3.2.1.4. Caracterização dos Pisos	41
3.2.1.5. Caracterização da cobertura	44
3.2. CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA	44
3.2.1. Fundações	44
3.2.2. Pisos.....	45
3.2.3. Alvenarias.....	47
3.2.4. Cantarias	50
3.2.5. Sobrados e dispositivos de ligação às alvenarias de pedra e aos frontais.....	51
3.2.6. Tabiques	52
3.2.7. Tectos	53
3.2.8. Estrutura de madeira das coberturas.....	55
3.2.9. Escadas	56
3.2.10. Revestimentos e acabamentos	59
3.2.11. Caixilharias.....	59
3.2.12. Elementos de ferro.....	60

3.2.13. Sistemas e instalações.....	61
3.2.13.1. Instalação de água.....	61
3.2.13.2. Instalação Eléctrica.....	61
CAPÍTULO 4	63
DIAGNÓSTICO DAS ANOMALIAS CONSTRUTIVAS / TÉCNICAS DE INSPECÇÃO NÃO-DESTRUTIVAS DE ESTRUTURAS TRADICIONAIS DE ALVENARIA E MADEIRA.....	63
4.1. Técnicas de Inspeção não Destrutivas de Estruturas Tradicionais de Alvenaria e Madeira	63
4.1.1. Monitorização da abertura de fissuras e fendas com o Fissurómetro.....	63
4.1.2. Avaliação da porosidade por meio do ensaio do tubo de Karsten.....	67
4.1.3. Medição expedita da humidade superficial em paredes	68
4.2. Diagnóstico das Anomalias Construtivas	70
4.2.1. Anomalias construtivas em fundações	70
4.2.2. Anomalias em pisos.....	72
4.2.3. Anomalias em alvenarias.....	73
4.2.4. Anomalias em cantarias.....	94
4.2.5. Anomalias em sobrados.....	96
4.2.6. Anomalias em tabiques e tectos de fasquio estucado	97
4.2.7. Anomalias em tectos.....	98
4.2.8. Anomalias em estrutura de madeira das coberturas	101
4.2.9. Anomalias em escadas.....	102
4.2.10. Anomalias em revestimentos e acabamentos	103
4.2.11. Anomalias em caixilharias.....	106
4.2.12. Anomalias em elementos de ferro	107
4.2.13. Anomalias em sistemas e instalações	108
4.2.13.1. Anomalias na rede de abastecimento de água	108
4.2.13.2. Anomalias na instalação eléctrica.....	109

CAPÍTULO 5	113
ANÁLISE DOS ESTUQUES.....	113
5.1. CARBONATAÇÃO DA CAL	113
5.2. EXTINÇÃO DA CAL	117
5.2.1. Cal Aérea	117
5.2.2. Cal Hidráulica.....	118
5.3. HISTORIA E CARACTERISTICAS DOS ESTUQUES DO SÉC. XIX.....	120
5.3.1. Estuque de cal	120
5.3.2. Estuque de gesso.....	122
5.4. ANALISES LABORATORIAIS.....	124
5.4.1. Capilaridade.....	124
5.4.2. Resistência à Compressão e à Flexão	129
5.4.2.1. Cal.....	129
5.4.2.2. Gesso	130
5.4.3. Módulo de Elasticidade Dinâmica.....	131
5.4.4. Análise Petrográfica	131
5.5. RESULTADOS EXPERIMENTAIS	138
5.5.1. Estuque de Tabique (Parede).....	139
6.5.1.1. Primeira Camada (Camada de base).....	139
5.5.1.2. Segunda Camada	141
5.5.1.3. Terceira Camada (Acabamento).....	142
5.5.1.3.1. Primeiro Acabamento	142
5.5.1.3.2. Segundo Acabamento	142
5.5.1.3.3. Terceiro Acabamento.....	143
5.5.2. Estuque Decorativo (Tecto).....	143
5.5.2.1. Primeira Camada	144
5.5.2.2. Segunda Camada	145
5.5.2.2.1. Primeira subcamada.....	145

5.5.2.2.2. Segunda subcamada.....	146
5.5.3. Estuque Liso (Tecto)	147
5.5.3.1. Primeira Camada	148
5.5.3.1.1. Primeira subcamada.....	148
5.5.3.1.2. Segunda subcamada.....	148
5.5.3.2. Segunda Camada	149
5.5.3.3. Terceira Camada.....	150
5.5.4. Conclusão sobre os resultados experimentais em estuques.....	151
CAPITULO 6	155
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA	155
6.1. Introdução.....	155
6.2. Patologias na Estrutura de Madeira.....	156
6.2.1. Introdução.....	156
6.2.2. Degradação da Madeira.....	156
6.2.2.1. Degradação por agentes atmosféricos	156
6.2.2.2. Biodegradação	157
6.2.2.2.1. Térmitas Subterrâneas	157
6.2.2.2.2. Carunchos.....	157
6.2.2.2.3. Fungos	158
6.2.2.3. Degradação pelo fogo.....	159
6.3. Ensaios “ <i>In Situ</i> ” e Laboratoriais.....	159
6.3.1. Ensaios Não Destrutivos.....	159
6.3.1.1. Pilodyn.....	160
6.3.1.2. Sylvatest	160
6.3.1.3. Resistograph	161
6.3.1.4. Higrómetro	161
6.3.1.5. Ensaios de Carga	162
6.3.2. Ensaios Destrutivos	162

6.3.2.1. Propriedades Físicas	163
6.3.2.1.1. Massa Volúmica e Densidade Volúmica.....	163
6.3.2.1.2. Teor de Água	164
6.3.2.2. Propriedades Mecânicas	164
6.3.2.2.1. Compressão paralela às fibras	164
6.3.2.2.2. Tracção paralela às fibras.....	165
6.3.2.2.3. Compressão perpendicular às fibras.....	165
6.3.2.2.4. Tracção perpendicular às fibras	166
6.3.2.2.5. Corte.....	166
6.3.2.2.6. Flexão	167
6.3.2.2.7. Módulo de elasticidade e distorção.....	168
6.4. Verificação da segurança estrutural.....	168
6.5. Ensaaios experimentais da madeira do edifício em estudo	170
6.5.1. Ensaaios Mecânicos	171
6.5.1.1. Tracção Paralela às Fibras	172
6.5.1.2. Flexão Estática.....	174
6.5.1.3. Compressão Paralela as Fibras	177
6.5.2. Determinação da Massa Volúmica e do Teor de Humidade	179
6.5.3. Valores característicos das propriedades mecânicas	183
6.6. Discussão de resultados	189
CAPÍTULO 7	191
PROPOSTA DE RESTAURO E REABILITAÇÃO	191
7.1. Sugestão de reparação nas fundações.....	191
7.2. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO NO PISO	191
7.3. Sugestão de reparação nas alvenarias.....	194
7.4. Sugestão de reparação nas cantarias.....	194
7.5. Sugestão de reparação nos sobrados.....	195
7.5.1. Instalação de dispositivos de melhoria da ligação entre pisos e paredes antigas de alvenaria	195

7.5.2. Substituição de troços de elementos estruturais de madeira por próteses com elementos de ligação.....	196
7.5.3. Melhoria das características acústicas	198
7.6. Sugestão de reparação em tabiques	199
7.6.1. Dispositivos de amortecimento sísmico	199
7.6.2. Melhoria das características acústicas	200
7.7. Sugestão de reparação em tectos	201
7.8. Sugestão de reparação na estrutura de madeira da cobertura.....	202
7.9. Sugestão de reparação nas escadas.....	202
7.10. Sugestão de reparação em revestimentos e acabamentos.....	203
7.11. Sugestão de reparação nas caixilharias.....	204
7.12. Sugestão de reparação nos elementos em ferro	205
8.12.1. Tinta.....	205
7.13. Sugestão de reparação em sistemas e instalações.....	206
7.13.1. Sugestão de reparação na rede de abastecimento de água.....	206
7.13.1. Sugestão de reparação na instalação eléctrica	206
CAPÍTULO 8	207
CONCLUSÃO FINAL E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	207
Referencias Bibliográficas.....	211

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Braço da Cidade de Felgueiras.....	10
Figura 2: Enquadramento do Município a Nível Nacional Escala 1:5000000.....	10
Figura 3: Enquadramento do Concelho de Felgueiras.....	11
Figura 4: Freguesias do concelho.	12
Figura 5: Braço da Freguesia de Caramos.	13
Figura 6: Hipsometria [FONTE: INMG].....	17
Figura 7: Declive do terreno [FONTE: INMG].	19
Figura 8: Temperatura Média Anual [Fonte: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)].....	20
Figura 9: Humidade Média Anual[FONTE: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)]	23
Figura 10: Precipitação média anual[Fonte: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)]	24
Figura 11: Número anual de dias de precipitação [FONTE: Atlas do Ambiente]	25
Figura 12: Número Médio Anual de dias de geada [FONTE: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)]	28
Figura 13: Número Médio Anual de horas de insolação [FONTE: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)]	29
Figura 14: Evapotranspiração potencial anual [FONTE: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)].....	30
Figura 15: Andares Ecológicos [FONTE: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)]	31
Figura 16: Densidade Populacional [FONTE: INE].....	32
Figura 17: Vias de acesso do Concelho de Felgueiras [FONTE: cm-Felgueiras].....	34

Figura 18: Rua de São Martinho [FONTE: Google maps].....	34
Figura 19: Levantamento Topográfico	39
Figura 20: Alçados do Edifício.....	40
Figura 21: Planta do Piso Térreo	41
Figura 22: Planta do primeiro piso	42
Figura 23: Planta do segundo piso.....	43
Figura 24: Caracterização da cobertura	44
Figura 25: Piso Térreo	46
Figura 26: Primeiro Piso.....	46
Figura 27: Segundo Piso.....	47
Figura 28: Fotografia das fachadas (Alçados).....	48
Figura 29: Paredes Estruturais e Paredes Divisórias Piso Térreo.....	49
Figura 30: Paredes Estruturais e Paredes Divisórias Primeiro Piso	49
Figura 31: Paredes Estruturais e Paredes Divisórias Segundo Piso	50
Figura 32: Contorno de janela	51
Figura 33: Soco.....	51
Figura 34: Cunhais	51
Figura 35: Sobrado	52
Figura 36: Exemplo de uma parede de tabique	52
Figura 37: Parede de Tabique do Edifício	52
Figura 38: Correspondência da linha media com o intervalo [FONTE:LEITÃO, Luiz Augusto]	53
Figura 39: Tecto do Piso Térreo	53
Figura 40: Tecto do Primeiro Piso.....	54
Figura 41: Tecto do Segundo Piso.....	54
Figura 42: Estrutura de madeira das coberturas	55
Figura 43: Pormenor das escadas do primeiro para o segundo piso.....	56
Figura 44: Escada do primeiro para o segundo piso.....	56
Figura 45: Pormenor do focinho dos degraus[FONTE:LEITÃO, Luiz Augusto].....	57
Figura 46: Bomba ou Lanternim [FONTE:LEITÃO, Luiz Augusto]	57
Figura 47: Patamar de volta [FONTE:LEITÃO, Luiz Augusto].....	58
Figura 48: Escada do piso térreo para o primeiro piso	58
Figura 49: Escada Exterior	58
Figura 50: Janela com duas folhas de abrir, com bandeira.....	59

Figura 51: Exemplos de Elementos em Ferro	60
Figura 52: Sistemas de Canalização	61
Figura 53: Instalações Eléctricas	62
Figura 54: Fissurómetro	64
Figura 55: Folha de registo individual.....	66
Figura 56: Tubo de Karsten para Paredes.....	67
Figura 57: Aparelho portátil de medição de humidade	69
Figura 58: Localização da fissura 1	70
Figura 59: Localização da fissura 2.....	71
Figura 60: Localização da fissura 3.....	72
Figura 61: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições Alçado WNW	75
Figura 62: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições Alçado ESE .	78
Figura 63: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições Alçado SSW	81
Figura 64: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições Alçado Nordeste.....	84
Figura 65: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições compartimento C2.8	87
Figura 66- Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições compartimento C2.2	89
Figura 67: Pontos onde foram efectuados os ensaios	92
Figura 68: Colonização biológica no Soco.....	95
Figura 69: Colonização biológica nos cunhais	95
Figura 70: Anomalias nos elementos de tabique e tecto de fasquio estucado (C2.5).....	98
Figura 71: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições tecto piso térreo (C1.4).....	99
Figura 72: Abertura de juntas e infiltração através das telhas.....	102
Figura 73: Escadas.....	103
Figura 74: Destacamento do reboco da fachada Nascente (ESE)	103
Figura 75: Destacamento do reboco e revestimento exterior das paredes nascente e poente	105
Figura 76: Caixilharias com anomalias	107
Figura 77: Elementos em ferro com anomalias	108
Figura 78: Anomalias no abastecimento de água	109

Figura 79: Instalação Eléctrica	110
Figura 80: Forno de campanha para cal (A Cal na Construção)	114
Figura 81: Forno intermitente (A Cal na Construção).....	114
Figura 82: Forno contínuo vertical a carvão (A Cal na Construção).....	115
Figura 83: Forno contínuo horizontal a carvão (A Cal na Construção)	116
Figura 84: Influência da temperatura de calcinação (A Cal na Construção).....	116
Figura 85: Ensaio de absorção de água [FONTE: Estudo do desempenho de estuques]	124
Figura 86: Estufa ventilada e balança [FONTE: Estudo do desempenho de estuques]	126
Figura 87: Ensaio de absorção de água por capilaridade [FONTE: Estudo do desempenho de estuques].	127
Figura 88: Comportamento mecânico de argamassas com vários tipos de ligantes [FONTE: A cal na Construção]	129
Figura 89: Resistências médias em provetes secos e saturados de gesso, conservados durante 28 dias em ambiente secam [FONTE:A Cal na Construção]	130
Figura 90: Equipamento para medição do Módulo de Elasticidade Dinâmica	131
Figura 92: Microscópio de Análise Petrográfica[Fonte:Mineralogia Óptica].....	133
Figura 93: Representação esquemática dos sistemas ópticos possíveis em um microscópio petrográfico [Fonte:Mineralogia Óptica].....	133
Figura 94: Esquema das indicações anotadas no corpo metálico de uma objectiva [Fonte:Mineralogia Óptica]	134
Figura 95: Tipos de oculares, positivas e negativas, empregadas em mineralogia óptica [Fonte:Mineralogia Óptica]	135
Figura 96: Principais tipos de retículos empregados em oculares param estudos petrográficos [Fonte:Mineralogia Óptica].....	135
Figura 97: Representação do paralelismo entre os retículos da ocular as direcções de vibração do polarizador (P-P) e analisador (A-A) [Fonte:Mineralogia Óptica].....	136
Figura 98: Esquema da associação entre a platina graduada e os retículos da ocular utilizadas como linhas de referência na medida de ângulos entre unidades lineares [Fonte:Mineralogia Óptica]	137
Figura 99: Estuque de Tabique (Parede)	139
Figura 100: Aspectos petrográficos da Camada 1 do Estuque de Tabique (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; Q - quartzo; M - micas).139	

Figura 101: Fotos petrográfica, utilizando luz natural e polarizada. Transição da primeira camada para a segunda camada (Estuque de Tabique).....	140
Figura 102: Aspectos petrográficos da Camada 2 do Estuque de Tabique (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; Q - quartzo; F - Fissuras).	141
Figura 103: Aspectos petrográficos da Camada 3 do Estuque de Tabique (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; 1 – Primeiro Acabamento, 2 – Segundo Acabamento, 3 – Terceiro Acabamento).....	142
Figura 104: Estuque Decorativo (Tecto)	143
Figura 105: Aspectos petrográficos da Camada 1 do Estuque Decorativo (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; Q – Quartzo, M – Micas, V – Vazios, F – Feldspatos, L – Ligantes).	144
Figura 106: Fotos petrográficas, utilizando luz natural e polarizada. Transição da Primeira Camada para a Segunda Camada (Estuque Decorativo)	145
Figura 107: Aspectos petrográficos da Camada 2, Subcamada 1 do Estuque Decorativo (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; C – Calcite, G - Gesso, V – Vazios).	145
Figura 108: Aspectos petrográficos da Camada 2, Subcamada 2 do Estuque Decorativo (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; V – Vazios, Ox - Oxidação).	146
Figura 109: Estuque Liso (Tecto).....	147
Figura 110: Aspectos petrográficos da Camada 1, Subcamada 1 do Estuque Liso (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; V – Vazios, Ox – Oxidação, G - Gesso).....	148
Figura 111: Aspectos petrográficos da Camada 1, Subcamada 2 do Estuque Liso (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; V – Vazios, C - Calcite, F - Fissura).	148
Figura 112: Aspectos petrográficos da Camada 2, do Estuque Liso (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; V – Vazios, C - Calcite, F - Fissura).	149
Figura 113: Aspectos petrográficos da Camada 3, do Estuque Liso (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; C – Calcite, F – Fissura, C2 – Segunda Camada, C3 – Terceira Camada).....	150
Figura 114: Equipamento do Pilodyn, [FONTE: (FEIO, A; LOURENÇO, P)]......	160

Figura 115: Equipamento Sylvatest, [FONTE: (LLADRÓ, et <i>alli</i>).]	160
Figura 116: Equipamento do Resistograph, [FONTE: (LLADRÓ, et <i>alli</i> ; 2006)].	161
Figura 117: Ensaio de Carga, [FONTE: (ILHARCO, T;2006)].	162
Figura 118: Processo de remoção da viga utilizada no estudo: a) escoramento da envolvente, antes da remoção; b) escoramento da envolvente, sem a viga, esta já removida (vista A); c) escoramento da envolvente, sem a viga, esta já removida (vista B); d) Imagem da viga removida.	170
Figura 119:Equipamentos usados nos ensaios: a) máquina INSTRON 1125; b) controlo da máquina de ensaios; c) aquisição de dados de cada ensaio	171
Figura 120:Dimensão dos prismas rectangulares para o ensaio de tracção paralela às fibras.	172
Figura 121: “Bolachas” de madeira de Cambala	172
Figura 122: Provetes de Tracção Paralela às Fibras: a) antes do ensaio; b) depois do ensaio.	173
Figura 123: Provete do ensaio de tracção instalado na máquina INSTRON 1125.	173
Figura 124: Dimensão dos provetes para os ensaios da flexão estática.	175
Figura 125: Decorrer de um ensaio de flexão estática.	175
Figura 126: Dimensão dos provetes para ensaio de compressão paralela às fibras.	177
Figura 127: Provetes a serem usados nos ensaios compressão paralela às fibras: antes do ensaio.	177
Figura 128: Ensaio de compressão paralela às fibras.	178
Figura 129: Dimensões dos provetes para determinação do teor de humidade.	180
Figura 130: Provetes usados na determinação da Massa Volúmica e do Teor de Humidade.	180
Figura 131: Balança Digital.	180
Figura 132: Estufa.	180
Figura 133: a) Vigas de madeira existentes; b) Vigas de madeira de esforço.	192
Figura 134: Reforço das vigas de madeira com chapas.	193
Figura 135: Ligação madeira/alvenaria [FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]	195
Figura 136: Ancoragens de manga injectada [FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]	196
Figura 137: Pratos de distribuição na face exterior da parede [FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]	196

Figura 138: Reconstituição da secção sem elementos de ligação [FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]	197
Figura 139: Reconstituição da secção com elementos de ligação [FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]	197
Figura 140: Reforço do isolamento acústico de pavimentos [FONTE: Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção].....	198
Figura 141: Painéis de dissipação de energia [FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos].....	199
Figura 142: Quadro de dissipação de energia [FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos].....	199
Figura 143: Construção de Tabique com isolamento [FONTE: A construção Vernácula do Alvão]	200
Figura 144: Execução de Linhadas [FONTE: Plastering Plain & Decorative]	202

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Estações meteorológicas consultadas.....	19
Quadro 2: Temperatura do Ar (°C) – Estação Paços de Ferreira (1955 – 1980).....	21
Quadro 3: Pontos de Medição	76
Quadro 4: Pontos de Medição Alçado Nascente	78
Quadro 5: Pontos de Medição Alçado Sul	81
Quadro 6: Pontos de Medição Alçado Norte.....	84
Quadro 7: Pontos de Medição Compartimento C2.8.....	87
Quadro 8: Pontos de Medição Compartimento C2.2.....	90
Quadro 9: Pontos de Medição	100
Quadro 10: Resistência à compressão da cal Hidraulica e da cal Hidraulica natural (NP EN 459-1:2002) [FONTE: A cal na Construção].....	130
Quadro 11: Estuque de Tabique / 1º Camada, dimensão dos fragmentos minerais.	140
Quadro 12: Estuque de Tabique / 2ª Camada, dimensão dos fragmentos minerais	141
Quadro 13: Estuque Decorativo (tecto) / Dimensão das Camadas.....	143
Quadro 14: Estuque Decorativo / 2ª Camada / 1ª Subcamada / Dimensão dos fragmentos minerais	146
Quadro 15: Estuque Liso (tecto) / Dimensão das Camadas	147
Quadro 16: Caracterização de Estuque de Tabique (parede)	151
Quadro 17: Caracterização de Estuque Decorativo (tecto)	152
Quadro 18: Caracterização de Estuque Liso (tecto)	153
Quadro 19: Resultados da Tensão de Ruptura (Mpa) obtidos no ensaio de tracção paralela às fibras.....	174
Quadro 20: Tensão de Ruptura obtida através do ensaio de flexão estática (MPa).	176

Quadro 21: Tensão de Ruptura obtida através do ensaio de compressão às fibras paralelas.....	179
Quadro 22: Resultados da massa volúmica	181
Quadro 23: Teor de Humidade	181
Quadro 24: Valores característicos das propriedades da madeira (MPa).....	188
Quadro 25: Resumo dos valores característicos das propriedades mecânicas da madeira.	188

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Temperatura média mensal (°C) versus Precipitação total mensal [Fonte: INMG].	22
Gráfico 4: Precipitação Mensal (Período 1981 – 2001) [FONTE: SNIRH, Estação Meteorológica de Arada – Felgueiras]	25
Gráfico 5: Classes de Nebulosidade [FONTE: INMG]	26
Gráfico 6: Ventos (Valores Médios Anuais) [FONTE: INMG]	26
Gráfico 7: Humidade Relativa: ALÇADO POENTE	76
Gráfico 8: Temperatura °C: ALÇADO POENTE	77
Gráfico 9: Temperatura °C (50cm): ALÇADO POENTE	77
Gráfico 10: Humidade Relativa: ALÇADO NASCENTE	79
Gráfico 11: Temperatura °C: ALÇADO NASCENTE	79
Gráfico 12: Temperatura °C (50cm): ALÇADO NASCENTE	80
Gráfico 13: Humidade Relativa: ALÇADO SUL	82
Gráfico 14: Temperatura °C: ALÇADO SUL	82
Gráfico 15: Temperatura °C (50cm): ALÇADO SUL	83
Gráfico 16: Humidade Relativa: ALÇADO NORTE	85
Gráfico 17: Temperatura °C: ALÇADO NORTE	85
Gráfico 18: Temperatura °C (50cm): ALÇADO NORTE	86
Gráfico 19: Humidade Relativa: COMPARTIMENTO C2.8	88
Gráfico 20: Temperatura °C: COMPARTIMENTO C2.8	88
Gráfico 21: Temperatura °C (50cm): COMPARTIMENTO C2.8	89
Gráfico 22: Humidade Relativa: COMPARTIMENTO C2.2	90
Gráfico 23: Temperatura °C: COMPARTIMENTO C2.2	91

Gráfico 24: Temperatura °C (50cm): COMPARTIMENTO C2.2.....	91
Gráfico 25: Medição Ponto 1	92
Gráfico 26: Medição Ponto 3	93
Gráfico 27: Comparação entre pontos os dois pontos	93
Gráfico 28: Humidade Relativa, VIGAS DO TECTO DO ANDAR TÉRREO	100
Gráfico 29: Curvas tensão versus extensões resultantes do ensaio de tracção paralela às fibras.	174
Gráfico 30: Curvas tensão versus deslocamento resultantes do ensaio de flexão estática.	176
Gráfico 31: Curvas tensão versus deslocamento resultantes do ensaio de compressão paralela às fibras.	178
Gráfico 32: Evolução da massa humidade em função do tempo.....	182
Gráfico 33: Tracção paralela às fibras: a) densidade probabilística; b) Probabilidade Acumulada.....	184
Gráfico 34: Flexão estática: a) densidade probabilística; b) Probabilidade Acumulada.	185
Gráfico 35: Compressão paralela às fibras: a) densidade probabilística; b) Probabilidade Acumulada.....	186
Gráfico 36: Massa volúmica: a) densidade probabilística; b) Probabilidade Acumulada.	187

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. OBJECTIVOS

As acções de manutenção e as intervenções de restauro e reabilitação de um edifício histórico, pressupõem a realização de um diagnóstico rigoroso, baseado em estudos e análises, que permitem definir a importância da função e do valor histórico do edifício, o seu estado de conservação, e o impacto das patologias identificadas nas suas condições de segurança. Pretende-se que este trabalho de investigação, sobre uma casa do século XIX em alvenarias de xisto, cantarias de granito, ripados de madeira estucados, estruturas de madeira do sobrado e da cobertura, e que envolve análises histórica, arquitectónica, material, da tecnologia construtiva e do comportamento estrutural, conduza a uma adequada utilização de técnicas de conservação e restauro, repondo o edifício nas suas condições originais, de acordo com os princípios de Cartas e Convenções Internacionais e Nacionais da Salvaguarda do Património Arquitectónico. Estabelecem-se como metas: a definição, dimensionamento e avaliação de soluções pouco intrusivas e reversíveis de restauro de estuques decorativos, reforço estrutural e melhoria do comportamento global de uma construção histórica.

1.2. SITUAÇÃO DO ESTUDO DO TEMA

A crescente preocupação da sociedade com a preservação de valores ambientais e culturais ganhou, recentemente, relevância a nível internacional.

Perante um cenário de desaparecimento e degradação eminente do património cultural, a humanidade tem vindo progressivamente a tomar consciência da singularidade e da importância dos valores históricos, naturais e culturais, reconhecendo a responsabilidade comum pela sua salvaguarda tendo em conta a autenticidade na fase de intervenção.

O património cultural é um testemunho da identidade das diferentes comunidades humanas, que assume um valor incalculável servindo de memória e referência cultural e identitária aos vindouros.

A temática da conservação do património tem sido uma das prioridades comunitárias de todos os países europeus, por razões de ordem social, económica, histórica, cultural, ambiental e de sustentabilidade.

O reconhecimento da importância do património histórico, arquitectónico, urbanístico, arqueológico, natural e cultural, fez com que ao longo dos anos surgissem vários tratados a nível internacional, com o objectivo de estabelecer directrizes e de legislar as intervenções, cabendo a cada estado a responsabilidade do seu cumprimento tendo em conta a cultura e o contexto em que se insere.

Nesse sentido e no âmbito deste trabalho, foram estudadas diferentes doutrinas, cartas, recomendações e convenções para a protecção e preservação do património cultural construído.

Tendo em conta o conteúdo desses documentos consultados tornou-se indispensável a definição dos conceitos de “*conservação*”, “*reabilitação*”, “*restauro*” “*manutenção*”, “*autenticidade*”, “*compatibilidade*” e “*reversibilidade*”.

Por “*conservação*”, entende-se o conjunto de intervenções realizadas num edifício, no sentido de aumentar a sua longevidade, através de medidas de preservação e prevenção da degradação, englobando a execução das operações de manutenção essenciais ao correcto funcionamento de todas as partes e elementos construtivos [1].

Entende-se por **“reabilitação”** todo o processo que visa adaptar uma construção a um uso eficiente e compatível, recorrendo a reparação, alterações e acrescentos sem alterar as partes da construção que são significativas para o seu valor histórico, cultural e arquitectónico [2].

Entende-se por **“restauro”** o conjunto de acções especializadas de recuperação dos materiais e da forma original de uma construção de acordo com a imagem que tinha num determinado período [2]. Estas acções aplicam-se essencialmente a monumentos ou partes arqueológicas de um determinado edifício.

Entende-se por **“manutenção”**, o conjunto de actividades preventivas e correctivas, desenvolvidas periodicamente de forma a minimizar a deterioração das diversas partes do edifício para que possa desempenhar a funcionalidade para a qual está destinado [1].

O conceito de **“autenticidade”**, está intimamente relacionado com operações de restauro ou reabilitação impondo regras com as quais nunca pode ser posta em causa o carácter genuíno e verdadeiro do edifício ou monumento original [2].

O conceito de **“compatibilidade”**, está subentendido em todas as intervenções nos edifícios antigos, de modo a que haja uma concordância entre a estrutura existente e a intervenção que se pretende fazer, quer nas características físicas, químicas e mecânicas dos materiais utilizados, quer do ponto de vista arquitectónico e tecnológico [3].

O conceito de **“reversibilidade”**, é uma garantia que deve ser dada a todas as intervenções em edifícios antigos, no sentido de possibilitar o recuo, no caso de haver uma decisão diferente sobre a traça original do edifício, sem provocar danos aos materiais originais [3].

1.2.1. Cartas e Convenções Internacionais e Nacionais de intervenção sobre o património cultural

1.2.1.1. Carta de Veneza sobre a conservação e o restauro de monumentos e sítios - ICOMOS

A Carta de Veneza surge em 1964 melhorando a especificidade da carta de Atenas. Representa desse modo, um documento muito importante que impõe regras claras na conservação, manutenção, reabilitação e restauro do património arquitectónico e cultural, tendo como base um conjunto de critérios inerentes à conservação histórico-artística:

- Promoção de acções regulares de conservação dos monumentos;
- Reversibilidade das intervenções;
- Distinção e legibilidade críticas dos diversos elementos, estilos, fases construtivas relevantes, e materiais adicionados nas intervenções, mas evitando dissonâncias estéticas;

1.2.1.2. Carta europeia do património arquitectónico - conselho da europa

Em Estrasburgo no ano de 1975 depois da iniciativa do Conselho da Europa ter nomeado esse ano como o Ano Europeu do Património Arquitectónico, surge a Carta europeia do património arquitectónico, que destaca a importância não só de preservação dos «*monumentos mais importantes mas também do conjunto de construções mais modestas*».

1.2.1.3. Documento de Nara sobre a autenticidade do património cultural – UNESCO, ICCROM e ICOMOS

Em 1994 foi elaborado o documento de Nara no espírito da Carta de Veneza, no sentido de desenvolver e ampliar esse documento em resposta ao alargamento dos conceitos referentes ao significado de Património Cultural e seus interesses no nosso estudo contemporâneo.

A *autenticidade* apresenta-se como o principal factor de atribuição de valores. A autenticidade de uma obra é estudada tendo em conta não só as características originais como também a evolução histórica.

A ideia de autenticidade, segundo a Carta de Veneza, tem um papel essencial nos estudos científicos sobre património cultural, nos planos de conservação e restauro, e ainda nos procedimentos de inscrição utilizados pela Convenção do Património Mundial e outros inventários do património cultural.

A valorização um edifício ou monumento tendo em conta a autenticidade depende da natureza do património cultural, do seu contexto cultural, do meio envolvente, da sua evolução histórica tendo em conta uma multiplicidade de pesquisas e fontes de informação.

No documento Nara, destacam-se alguns aspectos importantes tais como:

- Evitar impor fórmulas globais ou procedimentos uniformizados;
- Encorajar as diferentes culturas a desenvolverem metodologias de análise;
- Documentar a natureza da autenticidade dos monumentos e sítios, de modo a constituir um guia prático para futuros tratamentos;
- Cooperar internacionalmente entre todos os interessados pela conservação do património cultural;

- Promover o diálogo entre as várias regiões e culturas do mundo.

1.2.1.4. Carta de Cracóvia 2000 sobre os princípios para a conservação e o restauro do património construído

Em 2000 surge a Carta de Cracóvia para a Conservação e o Restauro do Património Construído, destaca fundamentalmente a necessidade de ampliação da pluralidade de valores fundamentais no sentido de evitar conflitos de interesse.

A finalidade desta carta é a «*conservação do património arquitectónico*», «*urbano e paisagístico*», sem esquecer o «*meio ambiental*», efectuando para isso intervenções de manutenção, restauro, renovação, reparação e reabilitação, não esquecendo que cada comunidade é responsável pela «*salvaguarda dos bens culturais*», e pela «*identificação e gestão do seu património*».

1.3. METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada no estudo obedeceu ao seguinte desenvolvimento:

- Estabelecimento de uma hipótese de trabalho (índice provisório);
- Recolha de informação acerca do objecto de estudo, de forma a conhecer o seu enquadramento físico, humano, histórico, arquitectónico e paisagístico, bem como bibliografia relacionada com as técnicas tradicionais de construção, com o restauro, com a reabilitação e com as técnicas e materiais utilizados na intervenção em edifícios antigos;
- Abordagem dos princípios e critérios de conservação, reabilitação e restauro de edifícios históricos e também cartas e convenções internacionais de salvaguarda do património cultural;

- Visitas ao edifício, tendo em vista o levantamento arquitectónico e construtivo. Esta etapa do estudo permitiu recolher informação sobre os materiais de construção e as técnicas construtivas utilizadas;
- Análise arquitectónica e construtiva;
- Inspeção visual exaustiva e levantamento fotográfico, para se perceber e identificar as anomalias;
- Pesquisa de bibliografia e de exemplos de estudos baseados em experiências na área de inspeção e diagnóstico de patologias;
- Avaliação do estado de conservação dos edifícios através do apuramento e da interpretação das causas que estão na origem das patologias e do seu inter-relacionamento;
- Análises petrográficas de amostras de estuques oitocentistas do edifício em estudo, para aprofundamento do conhecimento das suas características, necessário para uma decisão quanto às características das argamassas de renovação a formular e à técnica de restauro dos referidos estuques.

CAPITULO 2

ENQUADRAMENTO FÍSICO E HUMANO DO EDIFÍCIO- OBJECTO DE ESTUDO

2.1. SITUAÇÃO GEOGRÁFICA

2.1.1. Concelho de Felgueiras

O Município de Felgueiras localiza-se na região Norte de Portugal, na parte superior do Vale do Sousa, na zona Nordeste do distrito do Porto. Esta localização remete para uma coroa de transição entre o Litoral e o Interior, no limite dos distritos do Porto e Braga. É, no entanto, a cidade e área metropolitana do Porto, da qual dista cerca de 50 km, que exerce maior polarização, mormente em termos de demanda de serviços. Para lá da Área Metropolitana do Porto, Felgueiras mantém fortes laços de interdependência com os Concelhos de Lousada, Guimarães e Amarante.

O Município de Felgueiras, abrange cerca de 116 Km², repartidos por 32 freguesias. É constituído por quatro centros urbanos: a Cidade de Felgueiras, a Cidade da Lixa, a Vila de Barrosas e a Vila da Longra. Para além destes, existe um número considerável de outros núcleos urbanos de menor importância, mercê do modelo de povoamento fragmentado. Na figura 1 é apresentado o brasão da cidade de felgueiras.



Figura 1: Brazão da Cidade de Felgueiras.

Felgueiras, com 59 000 habitantes é um dos concelhos com a população mais jovem do País e da Europa. Uma terra de excepção que aposta na valorização dos seus recursos humanos, na consolidação do campus politécnico, no desenvolvimento económico (pleno emprego e centro de negócios) e na consolidação das suas infra-estruturas. Marcada pela invulgar capacidade empreendedora do seu povo é responsável por 50% da exportação nacional de calçado, por 1/3 do melhor Vinho Verde da Região e por um valioso património cultural. Felgueiras é um dos municípios com maior desenvolvimento do Norte do País.



Figura 2: Enquadramento do Município a Nível Nacional Escala 1:5000000.

importância se tem afirmado, e (espera-se) que venham a constituir alavancas de desenvolvimento local em matérias sectoriais transversais aos seis Municípios [4].



Figura 4: Freguesias do concelho.

O património monumental do concelho é rico e diverso, sendo de realçar no presente e entre outros, o que se integra na Rota do Românico do Vale do Sousa: Mosteiro de Pombeiro, Igreja de Airões, Igreja de Sousa, Igreja de Unhão e a Igreja de S. Mamede em Vila Verde. O Mosteiro de Pombeiro ou Mosteiro de Santa Maria de Pombeiro, é anterior à fundação da Nacionalidade e a expressão máxima das origens remotas e da riqueza cultural das terras felgueirenses; foi declarado Monumento Nacional pelo Dec. 16-06-1910, DG 136 de 23 de Junho de 1910.

Os bordados são uma das mais ricas tradições do concelho, que emprega cerca de 2/3 das bordadeiras nacionais. O filé ou ponto de nó, o ponto de cruz, o bordado a cheio, o richelieu e o crivo são exemplos genuínos do produto artesanal de verdadeiras mãos de fada. Os sabores autênticos da gastronomia, a frescura e intensidade dos aromas dos vinhos e o ambiente de grande animação proporcionam momentos inesquecíveis. Dando corpo a essa riqueza, foi já constituída a “Confraria do Vinho de Felgueiras”, destinada a divulgar e defender o vinho e a gastronomia felgueirenses.

2.1.2. Freguesia de Caramos



Figura 5: Braço da Freguesia de Caramos.

Caramos é uma freguesia portuguesa do concelho de Felgueiras, com 3,54 km² de área e 1 854 habitantes (2011). Densidade: 523,7 hab/km².

2.2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA

2.2.1. Concelho de Felgueiras

Situado em pleno coração do Vale do Sousa, no distrito do Porto, o concelho de Felgueiras constitui um território de enorme beleza natural e paisagística, "onde o Sousa tem nascente, onde se ergue sorridente o belo Monte das Pombas..." de uma grande riqueza histórica, cultural e patrimonial, na qual sobressai o Mosteiro de Pombeiro, contemporâneo da fundação da nacionalidade.

O documento mais antigo que refere a terra de Felgueiras, o testamento da condessa galega Mumadona Dias, fundadora da cidade de Guimarães, data de 959: "*in felgaria rubeans villa de mauri*". Igualmente é citada no Inventário dos bens, igrejas e herdades do mosteiro de N.^a S.^a da Oliveira de Guimarães: "Et in sause ad radice montis sancto felice de felgeiras rubeas villa". Felgueiras deriva do termo felgaria, que significa terreno coberto de fetos que, quando secos, são avermelhados (rubeans). Havendo quem

afirme que o determinativo Rubeans se deve a que o local foi calcinado pelo fogo. Este município integra a Rota do Românico do Vale do Sousa. Embora se desconheça o paradeiro, há historiadores que afirmam que Felgueiras recebeu um foral velho do conde D. Henrique confirmado por D. Afonso Henriques. Contudo, somente o foral novo, concedido por D. Manuel I a 15 de Outubro de 1514, chegou até nós, existindo um exemplar no Arquivo Histórico Municipal. As Inquirições de 1220 englobavam na terra de Felgueiras 20 freguesias, para além dos mosteiros de Caramos e de Pombeiro e as igrejas de S. Tomé de Friande e de S. André de Airães. Em 1855, ao ser transformada em comarca, Felgueiras ganhou mais doze freguesias. Por decisão da Assembleia da República, a 13 de Julho de 1990, Felgueiras foi elevada à categoria de cidade e Barrosas à categoria de vila. Tal como Felgueiras, a anterior vila da Lixa recebeu distinção semelhante, passando a cidade no dia 21 de Junho de 1995, enquanto a Longra viu reconhecida a sua pretensão de elevação a vila a 1 de Julho de 2003.

2.2.2. Freguesia de Caramos

Segundo Frei Nicolau de Santa Maria, Caramos foi sede de um vetusto mosteiro da regra dos Cruzios, fundado em 1090 por D. Gonçalo Mendes, vindo a ser sagrado em 1141 pelo arcebispo de Braga, D. João Peculiar, e, em 1247, privilegiado com a mercê de Couto, concedida por D. Afonso III. A Freguesia de Caramos tem origem nesta histórica comunidade religiosa que herdou parte do património do cenóbio de Airães.

2.3. GEOLOGIA

Baseado na Carta Geológica do Município, é possível agrupar as formações geológicas da seguinte forma:

- Depósitos Modernos, que correspondem aos Aluviões actuais. Não têm uma expressão muito relevante, sendo observáveis nos vales de alguns cursos de água, cujos fundos e margens são cobertos por uma película argilo-arenosa mais ou menos espessa. Encontram-se formações deste tipo ao longo dos vales do Rio Sousa, da Ribeira de Borba, e dos Rios Vizela, Ferro e Bugio. Este tipo de terrenos é muito aproveitado para a agricultura;
- Formações do Paleozóico, que correspondem aos Xistos e Grauvaques (Silúrico) os quais ocupam uma extensa faixa que ocupa as zonas Norte e Leste do Município. Estas formações apresentam-se muito dobradas e o seu conjunto é cortado por falhas. Nas zonas de contacto com o granito, surgem orlas de metamorfismo bem desenvolvidas, constituindo cornenanas;
- Rochas Eruptivas, constituídas essencialmente por formações graníticas (estas ocupam cerca de 70% do território). Estas formações apresentam-se sob diversas formas, sendo particularmente abundantes os granitos porfiroídes de grão grosseiro (formação de granodiorito de Felgueiras), que ocupam grande parte da área Poente do Município. Esta unidade é retalhada por importantes falhas;
- Rochas Filonianas, ocorrendo no Município numerosos filões de natureza diversa. Neste particular, merece especial destaque a massa aplítica de Revinhade.

Do ponto de vista geomorfológico, o território apresenta as seguintes unidades fundamentais:

- A plataforma de Felgueiras, zona aplanada que se situa na zona central. Esta zona apresenta cotas vizinhas dos 300 metros, mostrando-se ordinariamente coberta por um manto aluvial proveniente da

metereorização dos granitos porfiroídes aqui presentes em grande quantidade;

- Os relevos periféricos, que limitam o Município a Oeste e Sudoeste e ao longo de quase todo o plano Este, com maior evidência no sector Nordeste. Trata-se da zona sujeita à mais intensa acção erosiva, originando por vezes relevos do tipo residual de que são testemunho alguns dos pequenos picos aqui presentes;
- A bacia Jugueiros – Pombeiro – Sendim e a bacia do Rio Vizela, limitando o Município a Norte e Noroeste;
- A baixa do Rio Sousa e seus afluentes, sulcando a zona central da plataforma de Felgueiras.

Sobre as duas últimas unidades haverá a referir que as linhas de água se instalaram a partir da era Cenozóica e aparecem orientadas segundo as direcções tectónicas dominantes (NW-SE).

Durante o Quaternário dá-se o abaixamento do nível de base durante o qual se acentua o escavamento dos vales dos actuais cursos de água, desenvolvendo depressões. Estas apresentam normalmente um fundo preenchido por depósitos sedimentares compostos por materiais recentes, resultantes tanto da alteração das rochas, como de materiais transportados pelos cursos de água (aluviões). Os depósitos aluvionares são, portanto, resultantes de processos recentes, sendo por isso áreas de relativa estabilidade geomorfológica. É uma constante a sua ocupação para actividades agrícolas. [4]

2.4. RELEVO

2.4.1. Altitude

A altitude tem uma grande influência na humidade atmosférica, na temperatura do ar, no vento, na precipitação e vegetação.

É também possível destringir a configuração natural do território, sendo nítido o vasto e suave anfiteatro por onde deslizam as nascentes do Rio Sousa. Esta é a paisagem matriz do Município – constituindo o espaço onde a população preferencialmente se estabeleceu – coincidindo com a zona de cotas mais baixas, apesar destas serem também dominantes nas imediações dos afluentes do Ave (rios Vizela, Ferro e Bugio).

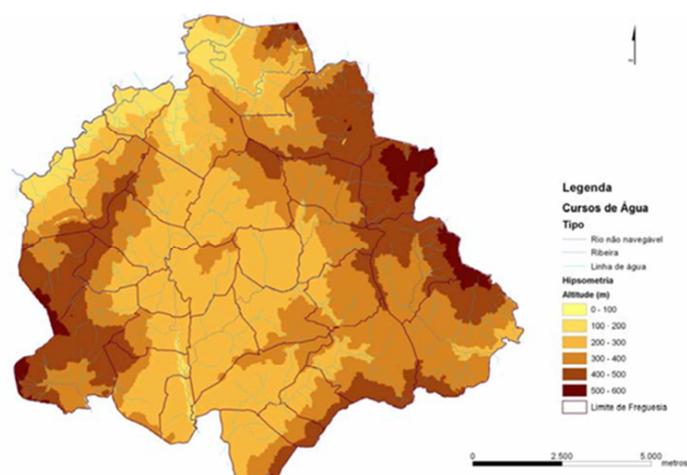


Figura 6: Hipsometria [FONTE: INMG].

2.4.2. Declive

Através da Carta de Declives, o território foi dividido em 4 classes fundamentais a saber:

- Até 8%, por ser este um dos critérios de classificação dos solos agrícolas para os solos de classe A, e por ser o limite médio para o traçado de estradas, caminhos de peões e movimentos de terra moderados;
- De 8% a 16%, por coincidir com um dos critérios de classificação dos solos agrícolas para os solos de classe B, e por ser o limite máximo aceitável para o traçado de infra-estruturas urbanísticas gerais em boas condições económicas;
- De 16% a 30%, por ser o limite máximo para a exploração economicamente viável do terreno em socalcos, agrícolas e florestais, sem riscos muito graves de erosão;
- De 16% a 30%, por ser o limite máximo para a exploração economicamente viável do terreno em socalcos, agrícolas e florestais, sem riscos muito graves de erosão.

É notório que o declive aumenta do centro do Concelho para a sua periferia, correspondendo, grosso modo, à distribuição hipsométrica. No entanto, isto nem sempre corresponde à realidade, sendo exemplar o caso da zona marginal do Rio Vizela onde, apesar das cotas baixas, o terreno apresenta um declive acentuado [4].

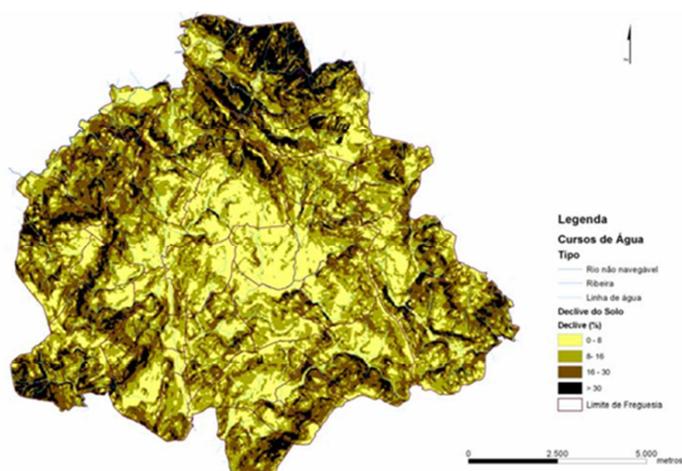


Figura 7: Declive do terreno [FONTE: INMG].

2.5. CLIMA

É importante, neste estudo, a caracterização climática do local onde se insere o edifício objecto de estudo da presente tese, devido à sua acção na deterioração dos materiais de construção de que é constituído. A caracterização climática do concelho foi baseada nos dados disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica – INMG. Recorreu-se: à estação meteorológica de Paços de Ferreira a qual, pela proximidade se afigura como a mais indicada; às normais climatológicas do Porto; ao Sistema Nacional de informação dos Recursos Hídricos – SNIRH; à informação retirada na estação udométrica de Arada (Pombeiro de Ribavizela) no que se refere à precipitação; ao Atlas do Ambiente do Instituto do Ambiente.

Quadro 1: Estações meteorológicas consultadas.

Estação	Latitude (N)	Longitude W)	Altitude (m)	Período de observação
Paços de Ferreira (a)	41 ° 16 ′	8° 23′	320	1955 - 1980
S.Pilar (546) (b)	41 ° 08 ′	8° 36′	93	1961 - 1990
Felgueiras (Arada) ©	41 ° 38 ′	8° 22′	200	1976- 2001

Legenda:(a) normais climatológicas do Porto; (b) Sistema Nacional de informação dos Recursos Hídricos – SNIRH); (c) informação retirada na estação udométrica de Arada (Pombeiro de Ribavizela) no que se refere à precipitação.

Será necessário ressaltar que a escala a que o Atlas do Ambiente é produzido não permite leituras tão aprofundadas quanto o que seria desejável, dado que a grande variedade fisiográfica da região do Entre Douro e Minho propicia a formação de microclimas. Por outro lado, o período a que o Atlas se reporta (1931-1960), poderá ter, transposto para a actualidade, necessidade de alguns reajustamentos, dada a aceleração de mudanças climáticas, que, notoriamente, se têm observado nos anos mais recentes. Também os dados referentes a Paços de Ferreira têm como referência o período 1955-1980, enfermando então do mesmo problema. Ainda assim, o inventário de dados e os cartogramas permitem uma leitura sintética dos mais importantes factores que determinam o clima no território municipal. [4]

2.5.1. Temperatura

A temperatura do ar é um elemento meteorológico de grande importância.

Os valores de temperatura média anual situam-se entre os 10 °C e 12,5 °C, como se observa no mapa seguinte.

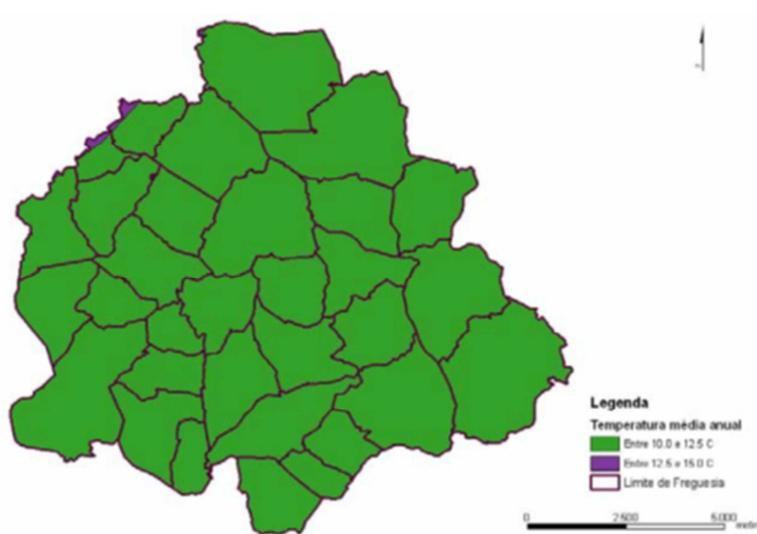


Figura 8: Temperatura Média Anual [Fonte: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)].

Reconhece-se que os valores médios mensais de temperatura para a região variam com regularidade ao longo do período em análise com o valor máximo em Agosto (26,1 °C) e mínimo em Dezembro (2,7 °C) – Quadro 2.

Quadro 2: Temperatura do Ar (°C) – Estação Paços de Ferreira (1955 – 1980).

Variáveis	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Máxima(°C)	11.9	12.8	14.7	17	19.8	23.3	25.9	26.1	24.2	20.3	14.9	12.1	16.6
Mínima(°C)	2.8	3.4	4.8	6.0	8.7	11.4	12.7	12.0	11.2	8.5	4.6	2.7	7.4
Média(°C)	7.4	8.1	9.7	11.5	14.2	17.4	19.3	19.1	17.7	14.4	9.8	7.4	13.0

Segundo as Normais Climatológicas do Porto a da temperatura máxima mensal atinge valores médios na ordem dos 25 °C nos meses de Julho e Agosto, sendo a temperatura máxima absoluta de 40 °C nos meses de Junho, Julho e Agosto, significando que estes são os meses mais quentes do ano e portanto mais críticos em termos de risco de incêndio.

Verificando-se uma média da temperatura mínima na ordem de grandeza dos 5 °C nos meses de Janeiro e Dezembro e valores de aproximadamente 15 °C nos meses de Verão.

No gráfico indicado abaixo, é evidente que os meses de Julho e Agosto se destacam dos restantes pelos elevados valores de temperatura registada. Observa-se uma relação inversamente proporcional entre o parâmetro de temperatura média mensal (°C) e a precipitação total mensal (mm), ou seja a temperatura aumenta nos meses de Verão enquanto a precipitação diminui.

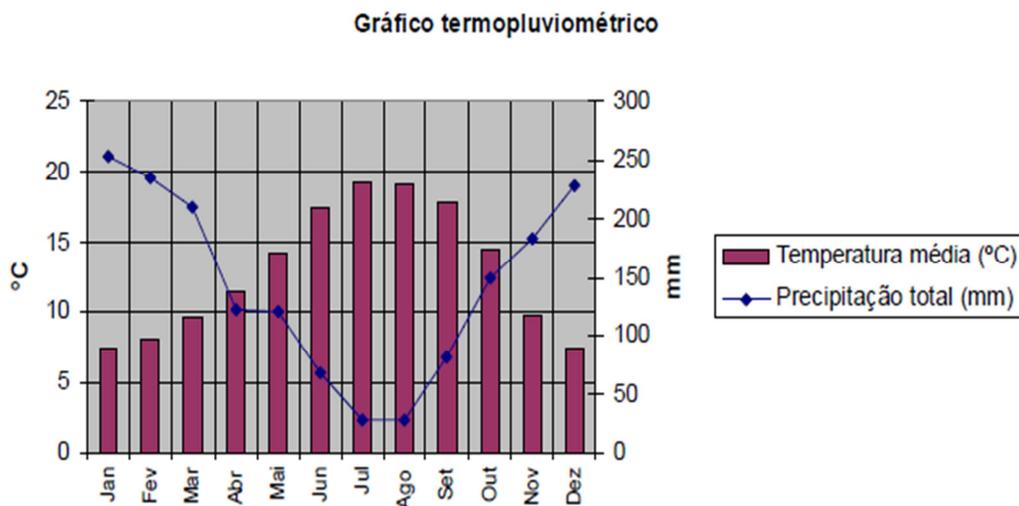


Gráfico 1: Temperatura média mensal (°C) versus Precipitação total mensal [Fonte: INMG].

2.5.2. Humidade do Ar

O estado higrométrico do ar exprime-se por meio de várias grandezas físicas entre as quais a humidade relativa do ar, que é a relação entre as massas de vapor de água que existe num volume qualquer de ar húmido e a massa necessária para saturar esse ar à mesma temperatura, geralmente expressa em percentagem.

As variações da humidade relativa do ar são principalmente condicionadas pelas variações da temperatura. Geralmente, quando a temperatura aumenta, a humidade relativa baixa, consta-se que por cerca de 10 °C de aumento de temperatura, a humidade relativa se reduz a metade.

Assiste-se no território de Felgueiras a valores médios anuais de humidade situados entre a classe dos 80 % a 85 %, estando este parâmetro climático distribuído uniformemente na área do concelho – Figura9.

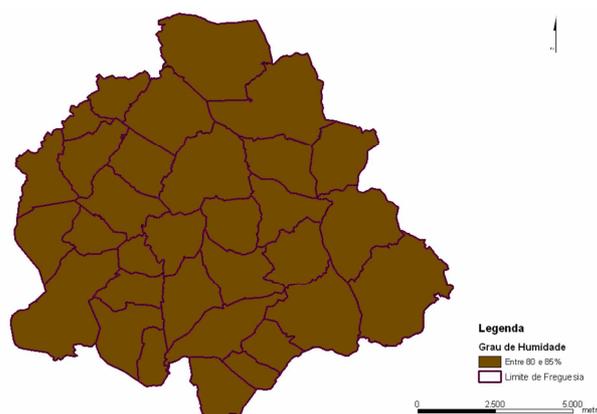


Figura 9: Humidade Média Anual [FONTE: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)]

O gráfico seguinte indica que os meses com humidade relativa do ar mais baixa são os meses de Verão (Junho, Julho e Agosto) atingindo valores de cerca de 70 % às 9 horas. O mês de Janeiro caracteriza-se por apresentar o maior valor de humidade relativa, ou seja 90 %.

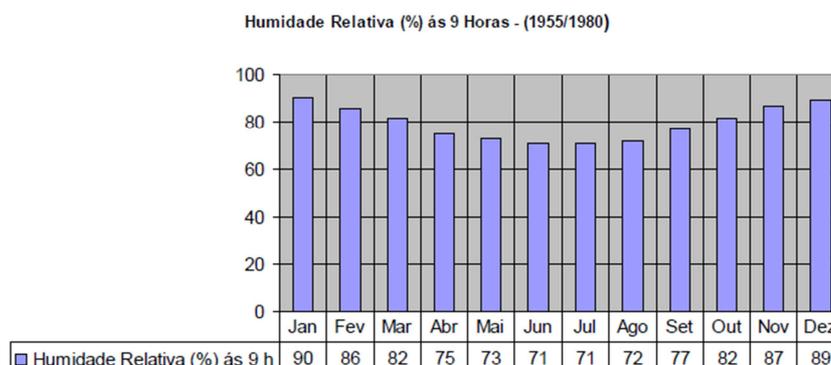


Gráfico 2: Humidade Relativa do Ar (%) [FONTE: INMG]

2.5.3. Precipitação

Define-se precipitação como a quantidade de água transferida no estado líquido ou sólido da atmosfera para o globo sob a forma de chuva, chuveiro, neve, granizo ou saraiva, por unidade de área de uma superfície horizontal no local, durante o intervalo de tempo que se considera. Os seus valores exprimem-se em milímetros: 1 mm de

precipitação significa 1 litro de água no estado líquido que é recebido da atmosfera por metro quadrado de superfície horizontal do globo.

O valor da precipitação média anual (gráfico 3) no concelho é de 1590 mm, sendo evidente que o ano de 1976 e 2000 atingiram valores da ordem dos 2800 mm. Este valor médio anual revela que a região está sob a influência dum clima do tipo chuvoso (1000 mm $P > 2000$ mm).

Segundo o mapa da Figura 12 é notória a existência da razão de proporcionalidade directa entre a precipitação e a altitude, verificando-se que é nas zonas de maior altitude, nomeadamente na Sr.^a da Aparecida freguesia de Pinheiro e na zona de Barrosas, com altitudes na ordem dos 500 metros onde se verificam valores mais elevados de precipitação anual de 2000 – 2500 mm.[4]

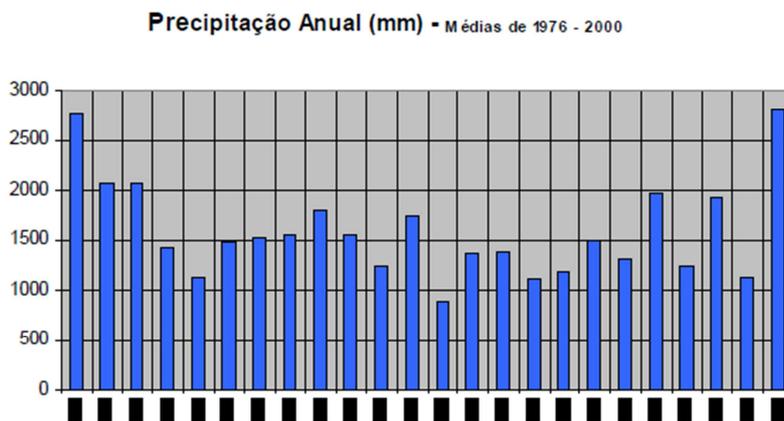


Gráfico 3: Precipitação Anual (Período 1976 – 2000) [FONTE: DGRF]

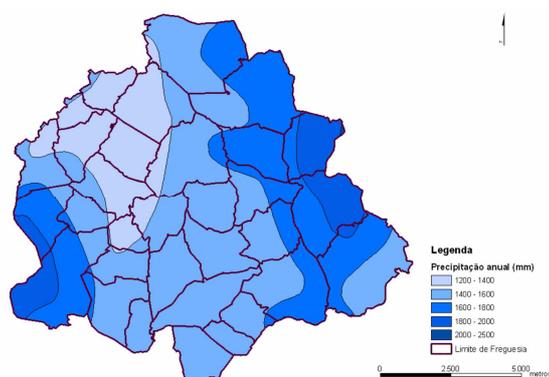


Figura 10: Precipitação média anual [Fonte: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)]

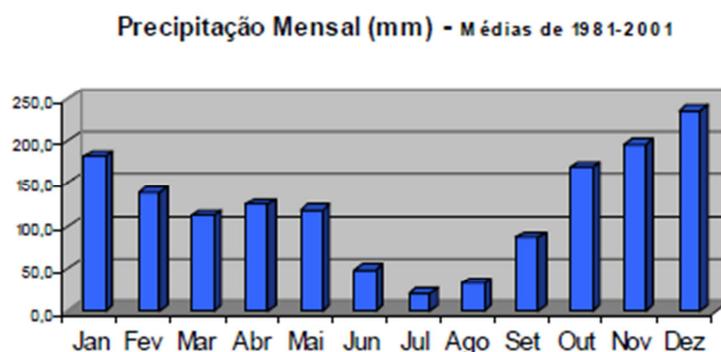


Gráfico 4: Precipitação Mensal (Período 1981 – 2001) [FONTE: SNIRH, Estação Meteorológica de Arada – Felgueiras]

A precipitação mensal medida para o período de 1981 – 2001 tem um valor médio de 122 mm, verificando-se um longo período húmido entre Outubro e Maio ($P > 100$ mm) e curto período seco nos meses de Verão ($P < 100$ mm) – gráfico 4.

A precipitação máxima anual diária ronda os 75,9 mm (média dos valores de 1976 - 2001).

A precipitação diária introduzida em média atinge valores de 3,8 mm (médias do período de 1989 – 1998) e naturalmente que as chuvas mais intensas, ocorrem com maior frequência nos dias de Inverno, portanto entre Dezembro e Março [4].

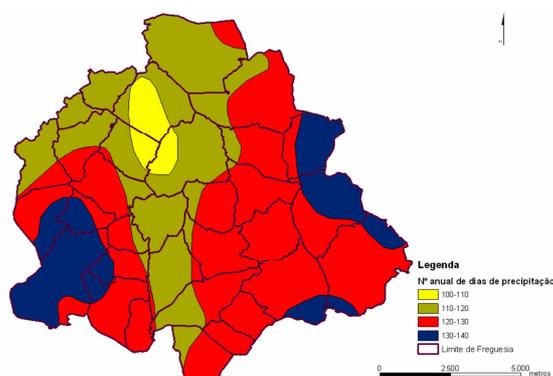


Figura 11: Número anual de dias de precipitação [FONTE: Atlas do Ambiente]

2.5.4. Nebulosidade

Define-se nebulosidade como a quantidade de nuvens no céu, vistas do local, à hora que se considera, podendo expressar-se os seus valores em décimos de céu com

nuvens: zero (0) representam céu limpo sem nuvens e dez céus encoberto sem qualquer porção azul visível.

O gráfico 5 evidencia este parâmetro climático verificando-se que existe uma maior frequência de dias com céu nublado e céu muito nublado (nos meses mais frios) e uma frequência inferior de dias de céu limpo (nos meses mais quentes) [4].

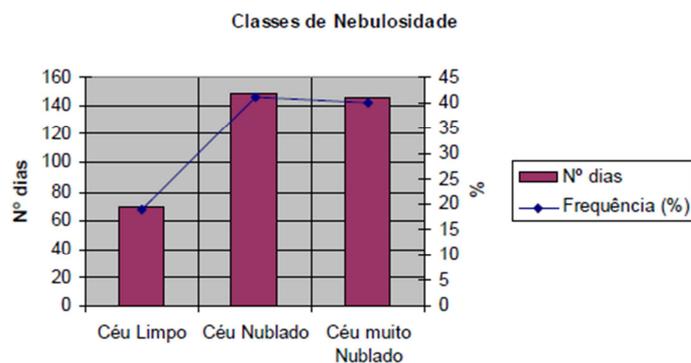


Gráfico 5: Classes de Nebulosidade [FONTE: INMG]

2.5.5. Regime de Ventos

Os parâmetros utilizados para descrever o vento num local são o rumo, indicado pelo ponto da rosa-dos-ventos donde ele sopra, e a velocidade, expressa por exemplo, em Km/h. Quando a velocidade do vento é igual ou superior a 1 Km/h, sem rumo determinável, diz-se que há calma.

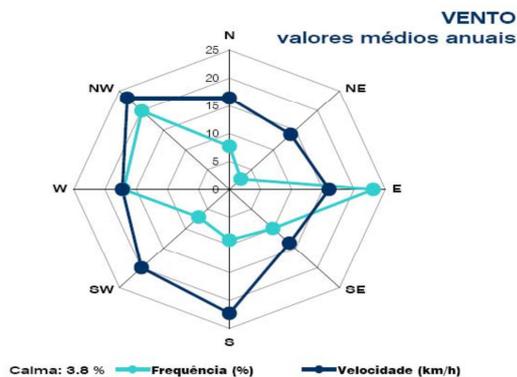


Gráfico 6: Ventos (Valores Médios Anuais) [FONTE: INMG]

A velocidade média dos ventos em todos os quadrantes pode considerar-se fraca, embora seja no quadrante NW e quadrante S que se atingiu as maiores velocidades, com valores da ordem 25 Km/h. Os ventos mais frequentes sopram de E (25 %) e NW (20%) e em contrapartida os menos frequentes de NE.

Os especialistas na matéria dizem que os ventos mais catastróficos são os do quadrante Leste dado serem bastante quentes e secos. De referir que o quadrante Leste, embora com grande percentagem de frequência de ventos, estes não são considerados fortes, pois atingem velocidades na ordem dos 15 Km / h.[4]

2.5.6. Geadas

O interesse em englobar a geada na caracterização climática do território é pela influência que este parâmetro tem sobre as culturas, dado que a sua ocorrência pode originar grandes prejuízos e perdas, especialmente em determinadas fases do desenvolvimento vegetativo.

Através da interpretação do mapa da Figura 12, pode-se afirmar que existem 4 zonas diferentes no que respeita ao número médio de dias de geada ao longo do ano.

Nas zonas localizadas mais a Oeste do concelho o número médio de dias de geada atinge valores que variam entre os 20 e 40 dias, enquanto nas zonas situadas a Este do território de Felgueiras o valor médio anual de dias de geada é superior (40 – 60 dias). [4]

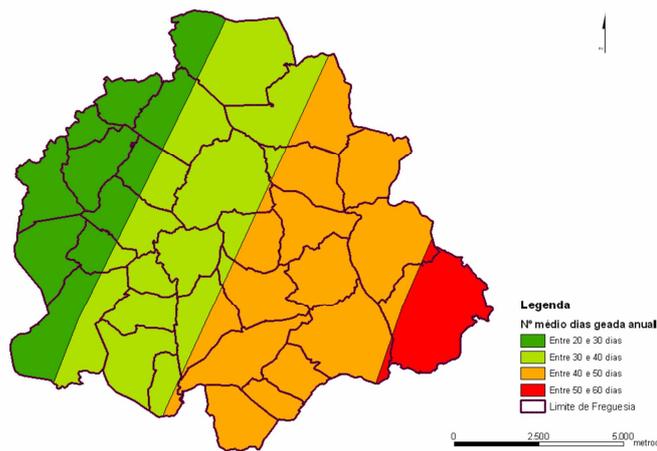


Figura 12: Número Médio Anual de dias de geada [FONTE: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)]

2.5.7. Insolação

Chama-se insolação ao tempo de sol descoberto, num determinado local e durante o intervalo de tempo considerado, e o seu valor expressa-se em horas.

A insolação atinge um valor médio anual situado entre 2300 e 2400 horas praticamente em todo o território de Felgueiras, distinguindo-se duas zonas com valores de insolação superiores nomeadamente uma área considerável na freguesia de Idães e Unhão, localizadas a sudoeste e na de Borba de Godim situada opostamente a estas (sudeste) – mapa da Figura 13. Os valores máximos de insolação são registados nos meses de Julho (aproximadamente 300 horas) e os mínimos nos meses de Inverno, especificamente em Janeiro e Dezembro com valores de insolação da ordem das 125 horas (médias retiradas das Normais Climatológicas do Porto) [4].

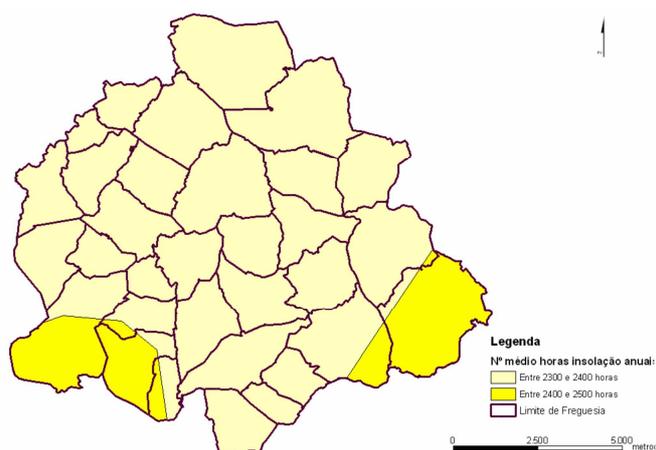


Figura 13: Número Médio Anual de horas de insolação [FONTE: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)]

2.5.7. Evapotranspiração

A noção de evapotranspiração potencial foi introduzida por Thornthwaite em 1948 e corresponde à perda máxima de água, para a atmosfera, que um solo completamente abastecido de água e com uma cobertura vegetal completa sofre quer por transpiração das plantas quer por evaporação directa do solo. O seu valor é normalmente dado em milímetros, isto é, litros por metro quadrado no intervalo de tempo considerado.

Através do mapa da Figura 14 observa-se que os valores de evapotranspiração potencial anual rondam os 700 – 800 mm, sendo um pouco mais baixos na parte do concelho situada a sudeste [4].

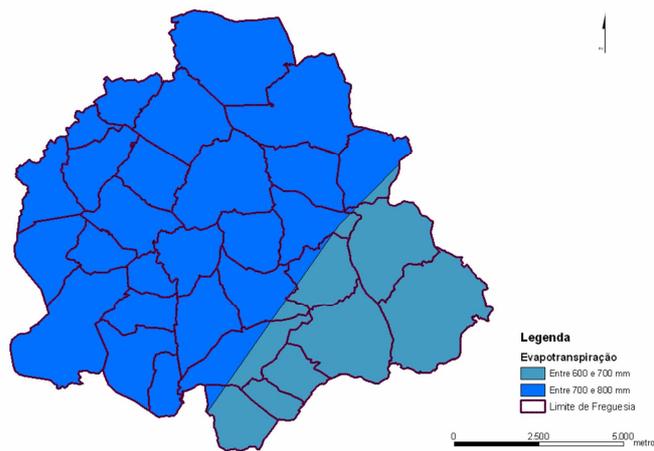


Figura 14: Evapotranspiração potencial anual [FONTE: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)]

2.6. COBERTURA VEGETAL

Consultando a carta ecológica, é possível verificar que o território de Felgueiras está inserido em dois andares ecológicos, Basal (<400m) e Submontano (400 – 700m).

Em termos de silva climática, o catálogo de espécies autóctones que potencialmente encontra-se presente no território vai sendo modificado conforme o andar ecológico em que aquele se enquadra. Assim, as espécies mais comuns que se encontram no andar basal serão o Castanheiro (*Castanea sativa*), o Pinheiro Bravo (*Pinus pinaster alantica*), o Pinheiro Manso (*Pinus pinea*), o Carvalho Roble (*Quercus robur*) e o Sobreiro (*Quercus suber*); no andar submontano, para além destas espécies, poder-se-ão encontrar comumente o Videiro (*Betula celtiberica*), o Carvalho negral (*Quercus pyrenaica*) e o Teixo (*Taxus bacca*).

Será importante referir que esta distribuição é em abstracto, isto é, significa que as características edafo-climáticas beneficiam as espécies referidas, não significando isto que no concreto do território de Felgueiras todas possam ser encontradas ou que não se encontrem outras que têm sido introduzidas ao longo dos tempos (caso do Eucalipto, por exemplo) [4].

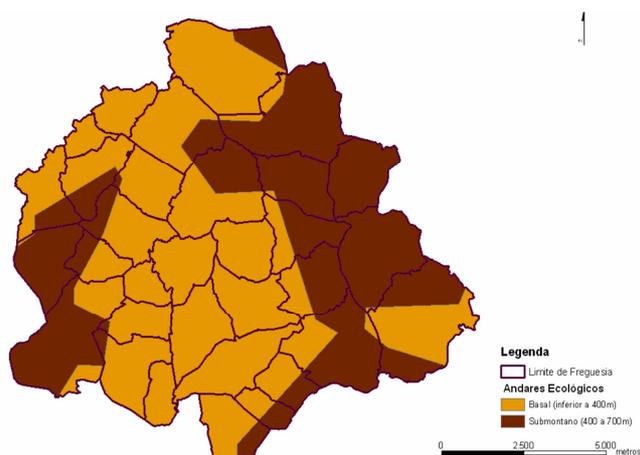


Figura 15: Andares Ecológicos [FONTE: Atlas do Ambiente (Instituto do Ambiente)]

2.7. ANÁLISE DEMOGRÁFICA

A densidade média populacional é elevada, rondando os 5 hab/ha (500 hab/km²). De referir que a distribuição da população sofre oscilações, ao longo do território. As freguesias de Margaride, Vila Cova da Lixa, Airães, Torrados, Lagares, Idães, Borba de Godim, Pombeiro e Macieira da Lixa, são aquelas que por ordem decrescente apresentam uma maior concentração, e as de Lordelo, Vizela S^o Jorge, Vila Fria, Vila Verde, Revinhade, Unhão, Santão, Sernande, Aião e Pinheiro são, por ordem crescente, as com menor concentração. Contudo nenhuma freguesia tem densidade inferior a 2 hab/ha. A tendência nos últimos 30 anos demonstra, um crescimento constante a nível concelhio, de referir o crescimento registado entre 1991 e 2001 no valor de 17,2%, um dos maiores crescimentos da Região Norte e do País.

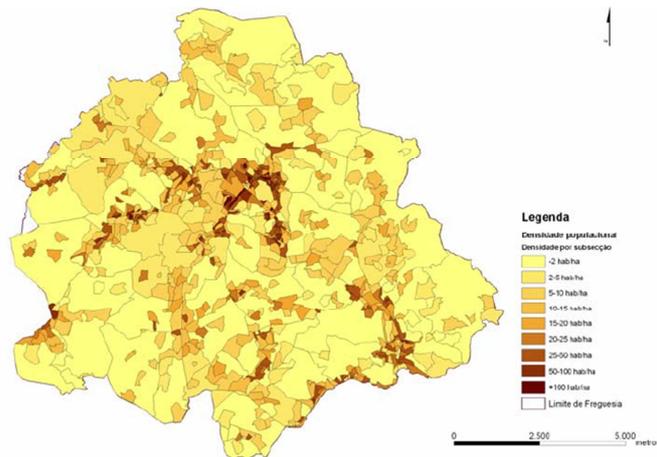


Figura 16: Densidade Populacional [FONTE: INE]

Em termos etários a população jovem (até aos 19 anos), continua a representar quase 1/3 do total da população, e a população em idade normalmente afecta ao mercado de trabalho (20-64 anos) representa um peso de 60%. O índice de envelhecimento é na ordem dos 56,8%. Como acontece no resto do País e na Europa, também em Felgueiras, o grupo etário dos 0-14 anos tem perdido representatividade de forma substancial, devido à quebra da natalidade, bem como o grupo etário dos 15-24 anos, embora de forma menos acentuada. O grupo etário que assume maior expressão é o dos 25-64 anos.

No que diz respeito ao analfabetismo tem havido uma quebra ao longo do tempo, sendo notório que esta taxa é mais preocupante em algumas freguesias de carácter mais rural e mais baixa na freguesia sede do concelho [4].

2.8. ANÁLISE ECONÓMICA E SOCIAL DA FREGUESIA DE CARAMOS

No concelho de Felgueiras as freguesias de perfil mais rural, apresentam bolsas de pobreza o que provoca uma escassez de recursos básicos, proveniente da baixa produtividade agrícola e pela precariedade de relacionamento com o mundo industrial, agravada pela dependência face às prestações da segurança social por parte de uma

população pouco escolarizada e qualificada. Fenómenos ligados ao alcoolismo, determinadas situações de abuso de menores, a importância do trabalho informal nomeadamente para as mulheres (agricultura, lides da casa e trabalho industrial à peça), problemas de interioridade e impossibilidade de deslocação, são factores que favorecem esta ruralidade. É de referir também os fenómenos de pobreza envergonhada.

Nas freguesias mais urbanas, a pobreza reveste-se de formas mais visíveis e extremas de exclusão. A pobreza urbana afecta diversos grupos sociais, tendo como problemas associados os baixos rendimentos, baixas qualificações, precariedade de emprego, situações de doenças ou de problemas sociais (toxicodependência, alcoolismo e deficiência) [5].

2.9. VIAS DE ACESSO

As vias de comunicação são de extrema importância para a mobilidade e circulação de pessoas e bens, pelo facto de permitirem uma maior acessibilidade entre regiões e contribuírem para o seu desenvolvimento económico.

A nível rodoviário, como podemos constatar pela Figura 17, o Concelho de Felgueiras é atravessado pela Estrada Nacional 101 (EN 101), que por sua vez vai ter ligação à Estrada Nacional 15 (EN15), complementadas por uma Rede de Estradas Municipais. O Concelho é ainda servido pela auto-estrada A11, que estabelece ligação ao Porto pelas auto-estradas A42 e A4, tendo também ligação para Guimarães e Braga através da A7. Por último, importa mencionar, que o aeroporto mais perto de Felgueiras é o de Francisco Sá Carneiro, na Maia, que fica a cerca de 55 km da cidade [6].

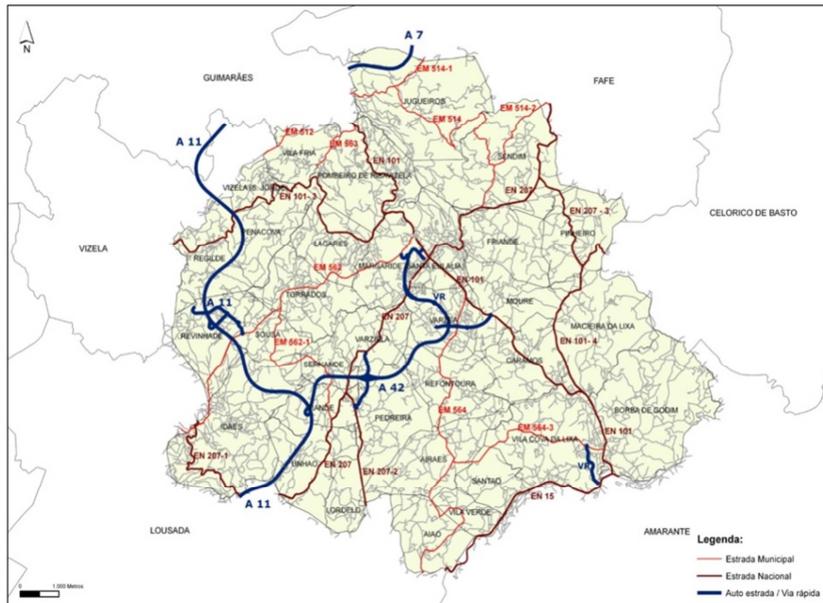


Figura 17: Vias de acesso do Concelho de Felgueiras [FONTE: cm-Felgueiras]



Figura 18: Rua de São Martinho [FONTE: Google maps]

O edifício em estudo localiza-se na Rua de São Martinho (N101), tendo muito fácil acesso por estar a cerca de 5km da A42, localiza-se a 3km da cidade da Lixa e a 4km da cidade de Felgueiras.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO ARQUITETÓNICA E CONTRUTIVA DO EDIFÍCIO

Este capítulo é constituído por dois subcapítulos que incidem respectivamente sobre a caracterização arquitectónica e os elementos construtivos do edifício

3.1. CARACTERIZAÇÃO ARQUITECTONICA

3.1.1 ARQUITECTURA DO SÉCULO XIX EM PORTUGAL

A casa popular urbana do começo do século XIX, apresentava o palheiro, a capoeira, o curral e o entulho no pátio interior do bloco. Tinha o andar térreo reservado ao comércio, tal como a chamada “sobre-loja”, que é um piso intermédio entre o andar térreo e o 1º andar. O “andar nobre” da casa senhorial continuava a existir, embora formalmente, pois as janelas do 1º andar eram as únicas a serem equipadas com varandas de ferro forjado. As águas furtadas, cobertas com um novo tipo de cobertura, ajudou na definição de uma hierarquia social destes novos edifícios, adequados à nova classe média urbana que começava a aparecer.

O modelo que atingiu o seu auge nessa altura persistiu durante um século, mas foi gradualmente simplificando e alterando. Tornou-se a casa popular do começo do

século XIX e influenciou a alteração e reconstrução das casas antigas, que inevitavelmente receberam uma janela com uma varanda em ferro forjado. Este tipo de casa serviu como base das primeiras inovações do carácter Romântico/Revivalista, na forma de platibandas cerâmicas, paredes forradas com azulejos e janelas com um lintel ogival.

Com o aparecimento das exigências de higiene e saúde pública, surgem as leves estruturas metálicas utilizadas como suporte das instalações sanitárias rudimentares, assim como uma banheira num cubículo de madeira nas traseiras da casa. A cozinha manteve-se nas traseiras da casa e a estrutura metálica foi aumentando de modo a fechar o espaço junto à cozinha. Água canalizada e tubagem de esgotos começaram a vulgarizar-se nesta época.

A evolução tecnológica sofreu um impulso no final do século XIX recorrendo a uma série de novos materiais como o ferro, o aço, o betão reforçado, o vidro industrial, assim como novos sistemas técnicos como o elevador movido a energia eléctrica, o que permitiu introduzir alterações rápidas e radicais nos processos construtivos. Esta evolução conduziu a uma maior diversificação das tipologias arquitectónicas, como por exemplo, os edifícios das cidades das classes operárias, os edifícios da burguesia e os palácios com jardins, e à definição de edifícios industriais e sofisticação da residência aburguesada, com mais pisos, uma maior complexidade funcional e mais quartos. Inseriu-se uma distinção vertical das funções – águas-furtadas e pisos superiores para as classes mais pobres, os pisos inferiores para os mais privilegiados e o andar térreo para o porteiro – assim como a distinção horizontal – uma área para os criados, incluindo a varanda envidraçada, cozinha e casas de banho nas traseiras da casa, uma área “privada” de corredores (que foi uma outra inovação que ajudou na especialização das funções de cada divisão assim como eliminou os quartos que abriam uns sobre os outros) e quartos, mais uma área social de salões em frente da casa onde as visitas eram recebidas.

Desde essa altura até aos anos 40 do século XX, podem ser consideradas duas fases esquemáticas da evolução técnico-espacial da casa urbana:

- A fase da estrutura de madeira (1880-1930) com o desenvolvimento gradual das dimensões dos edifícios e da altura dos tectos até cerca de 3,40m, inovação tecnológica na forma de ferro, vidro e elevadores, uma abundância de decoração e debilidade estrutural devida ao uso de pedra de fraca qualidade e estrutura parcial de madeira;

- A fase dos edifícios erigidos numa mistura de pedra e betão armado (1930-1940), ainda usando uma estrutura interna de madeira e de metal para fechar a varanda das traseiras, que era comum no tempo do chamado primeiro “modernismo”. Havia uma redução no tamanho das casas, uma simplificação e modernização da construção e dos acabamentos, como coberturas em terraço, e pisos de ladrilho cerâmico e estruturas de betão armado, embora apenas na área reservada à criadagem; o tecto alto foi reduzido para 2,80m e a decoração era geométrica em cimento e stucco.

3.2.1. – PROJECTO ARQUITETÓNICO DO EDIFÍCIO

3.2.1.1. Introdução

A casa, objecto de estudo desta tese, deve datar de cerca de 1930, devido às suas características, de acordo com o que foi exposto em 3.1, quer do ponto de vista estrutural, quer do ponto de vista decorativo. Obedece, em traços gerais, a um desenho da nova arquitectura do ferro num formato do “chalet” tardo-romântico”, embora de natureza popular, sem os pormenores mais sofisticados das casas urbanas dessa época.

A casa, ocupa o local mais elevado do terreno, demarcando-se na envolvente. Esta selecção cuidadosa do local é também reforçada pela plantação de árvores de carácter exótico e de grande porte, como as palmeiras e os castanheiros, que a distingue entre todas as construções do território. Desta forma posiciona o seu dono relativamente à comunidade e à paisagem que o rodeia. No terreiro da entrada existe uma escadaria de dois lanços simétricos circulares, a lembrar as escadarias de palácios renascentistas e barrocos, dando uma certa imponência ao edifício implantado a uma cota mais elevada, podendo, assim, o seu dono, dominar visualmente toda a propriedade. O terreiro em frente da fachada principal e da fachada oriental, apresenta um belo jardim com castanheiros, palmeiras e árvores de fruto, para além duma horta, confinantes com a estrada meridional e um caminho a leste que acede ao interior do terreno e que inflecte junto ao lado Nordeste do patamar mais elevado, nas traseiras do edifício, onde se encontram os tanques de água, construídos em cantaria de granito e um edifício de arrecadação de produtos agrícolas. Neste patamar nas traseiras da casa, circundado por

caleiras de granito por onde correm as águas do terreno, fica uma horta, um pátio com o palheiro, a capoeira, e o entulho e, ainda, o acesso à cozinha.

O edifício, de fachadas de silhares de granito argamassados e de paramentos rebocados com um pigmento de cor almagre, apresenta uma configuração em dois andares, mais um andar de águas furtadas. O soco, os cunhais e o contorno dos vãos, estão protegidos com cantaria de granito. O andar térreo divide-se em duas zonas, por uma parede resistente; uma voltada a sudoeste, destinada aos arrumos, de vãos de acesso voltados para a fachada principal; e uma outra voltada a Nordeste, semi-enterrada, destinada ao lagar e adegas. O 1º andar, constituía o “andar nobre”, com a zona social para recepção de visitas, a zona de refeições e o quarto dos senhores, voltadas para a fachada principal e os quartos dos filhos, instalação sanitária e cozinha, na parte posterior da casa. Com excepção da cozinha que constitui um corpo saliente no sentido nordeste e é constituído por paredes resistentes, todos os compartimentos deste andar tem divisórias em tabique de fasquio estucado, pisos assoalhados e tectos de fasquio estucados, planos e decorativos. O andar das águas furtadas, era constituído pelos quartos da criadagem, divididos por tabiques de fasquio estucado, piso assoalhado e tecto de esteira. Este último andar das águas-furtadas, organiza-se em dois corpos de igual cota que se cruzam, cobertos por telhado de duas águas. Uma caixa de escada encostada à parede resistente posterior, fazia a conexão vertical dos três andares. Apresenta os degraus e guarda-corpos em madeira, com balaustrada de prumos decorativos e os paramentos da caixa de escada são revestidos com estuques decorativos e “fingidos”, a imitar o mármore.

A fachada principal, simétrica, apresenta um frontal triangular central, ao nível das águas-furtadas cobertas por telhado de duas águas, com uma janela de sacada central a acentuar o eixo de simetria. Outrora, as arestas inclinadas do frontão triangular eram guarnecidas por friso de ferro forjado com recorte decorativo que, actualmente, foi removido e se encontra derrubado, no pátio confinante. Sob a referida janela de sacada, encontra-se uma varanda do 1º andar, com armações de ferro forjado, de alpendre com platibanda constituída por friso ornamentado em ferro forjado, e laje de betão armado revestido com mosaico hidráulico decorativo, apoiada em colunas de ferro do andar térreo. Uma escada, de 2m de largo, de lanço recto, com degraus de cantaria de granito, corrimão e balaustrada em ferro forjado, idênticos aos da varanda, liga o terreiro exterior confinante à varanda, estando alinhada com uma janela de sacada central,

flanqueada por uma porta e uma janela de sacada de cada lado, no 1º andar. No andar térreo, repete-se o mesmo modelo de vãos, aprumados com os do andar superior. Nesta fachada principal, todos os vãos estão guarnecidos com molduras de cantaria de granito com recorte decorativo, assim como o soco. Nas fachadas laterais, a simetria impõe-se, tanto na disposição dos vãos, como dos dois alçados. O corpo da cozinha destaca-se da fachada posterior, formando um “L” sobre o pátio das traseiras, de um só piso acima do terreno, mais elevado nesta zona das traseiras da casa, encontrando-se o andar térreo da adega, enterrado.

3.2.1.2. Levantamento topográfico

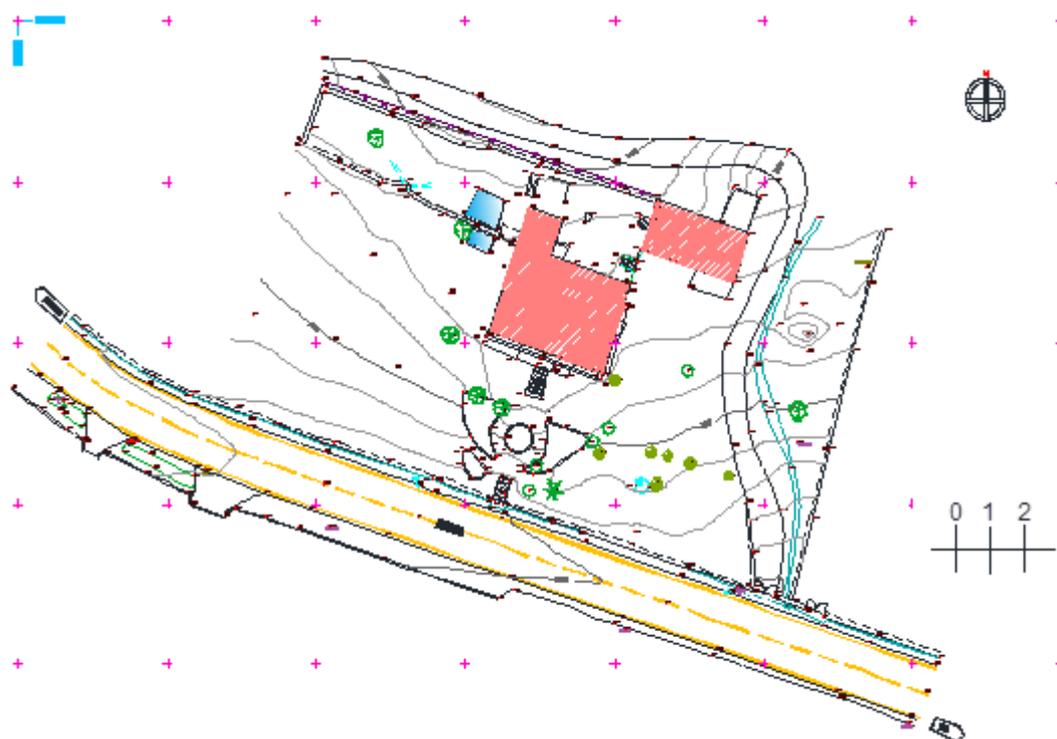


Figura 19: Levantamento Topográfico

Na figura 19, é apresentado o levantamento topográfico; consiste na representação, planimétrica ou altimétrica, em carta ou planta dos pontos notáveis assim com dos acidentes geográficos e outros pormenores de relevo de uma porção de terreno [7]. Está igualmente representada a implantação do edifício.

3.2.1.3. Alçados

Na figura 20, são apresentados os alçados do edifício, o Alçado Sul é o alçado principal do edifício onde se encontra a entrada principal do edifício que fica no primeiro piso. O Alçado Norte é o alçado da parte de trás do edifício que tem o acesso para a cozinha. O Alçado Nascente fica virado para a Cidade da Lixa enquanto o Alçado Poente fica virado para a Cidade de Felgueiras.

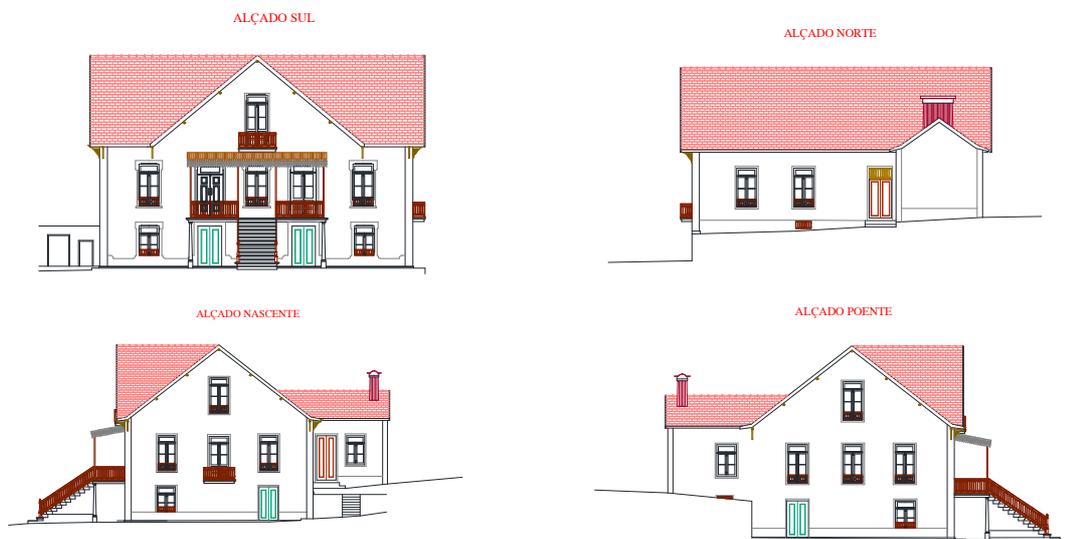


Figura 20: Alçados do Edifício

3.2.1.4. Caracterização dos Pisos

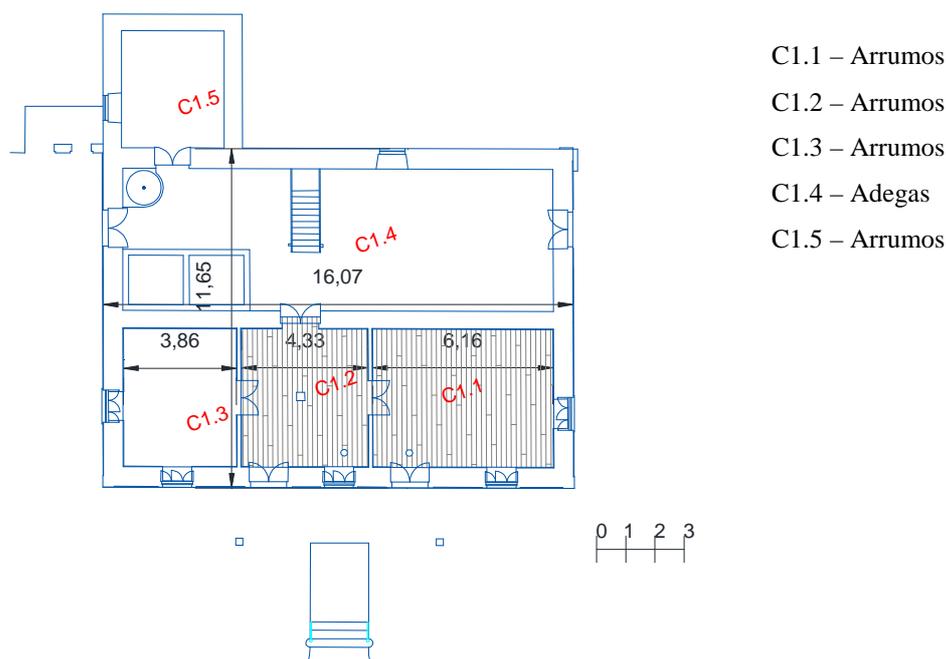


Figura 21: Planta do Piso Térreo

O piso térreo é constituído por cinco compartimentos, C1.1, C1.2, C1.3, C1.4, C1.5, que têm, como principal utilização, os arrumos. O compartimento C1.1, com uma porta e uma janela no alçado sul e uma janela para o alçado nascente destina-se a arrumos. O compartimento C1.2, com uma janela e uma porta, ambos no alçado sul, destina-se a arrumos, o mesmo se aplica ao compartimento C1.3, mas por sua vez com uma janela para o alçado sul e outra no alçado poente. O compartimento C1.4, destina-se a adegas, nele se encontra um lagar e algumas pipas, tem uma porta para o lado nascente e outra para o lado poente tendo também uma pequena janela para o lado norte. O compartimento C.5, um compartimento de pequenas dimensões, seria um compartimento para armazenamento de vinho, tendo apenas uma pequena janela para o lado poente. No compartimento C1.4 existe uma escada de ligação do piso térreo com o primeiro piso.

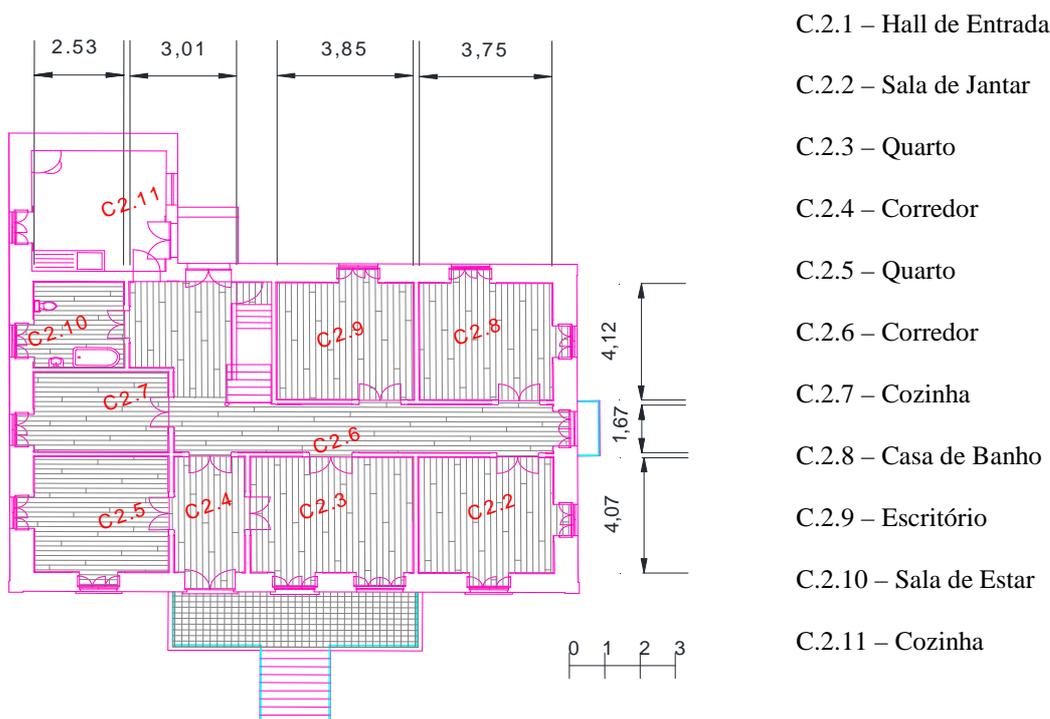


Figura 22: Planta do primeiro piso

O primeiro piso é um piso mais funcional, nele existem dez compartimentos. Sendo por este piso o acesso principal do edifício. O compartimento C2.1, é um hall de entrada (a principal entrada do edifício), a partir do qual pode aceder-se às duas salas e também ao corredor para acesso ao resto dos compartimentos; o compartimento C2.2, sala de jantar, tem duas janelas altaneiras para o lado sul, principal fachada do edifício e tem também uma porta de acesso ao corredor; a outra sala, a sala de estar é o compartimento C2.10, que tem duas janelas, uma para o lado poente e outra para o lado sul. Os compartimentos C2.3 e C2.5, são dois quartos, ambos com portas de acesso para o corredor, uma janela altaneira para o lado nascente, e uma janela para o lado sul e para o lado norte, respectivamente. O C2.6 é também um quarto com porta de acesso para o corredor e uma janela para o lado norte. A cozinha é o compartimento C2.7, no qual se encontra um forno a lenha e uma janela para o lado poente, uma porta para o corredor e uma outra porta de acesso ao exterior (lado norte). O compartimento C2.8 é uma casa de banho, com uma janela para o lado poente e uma porta de acesso para o corredor. Por fim, o compartimento C2.9, é um escritório, com janela para o lado poente e porta para o corredor.

De destacar, que neste piso, o pé direito é bastante alto e todas as divisões têm fácil acesso através do corredor.

O compartimento designado por C2.4 na figura 22, é o corredor de acesso a todos os compartimentos, corredor, este que faz quase toda a largura do piso, dividindo este em duas alas.

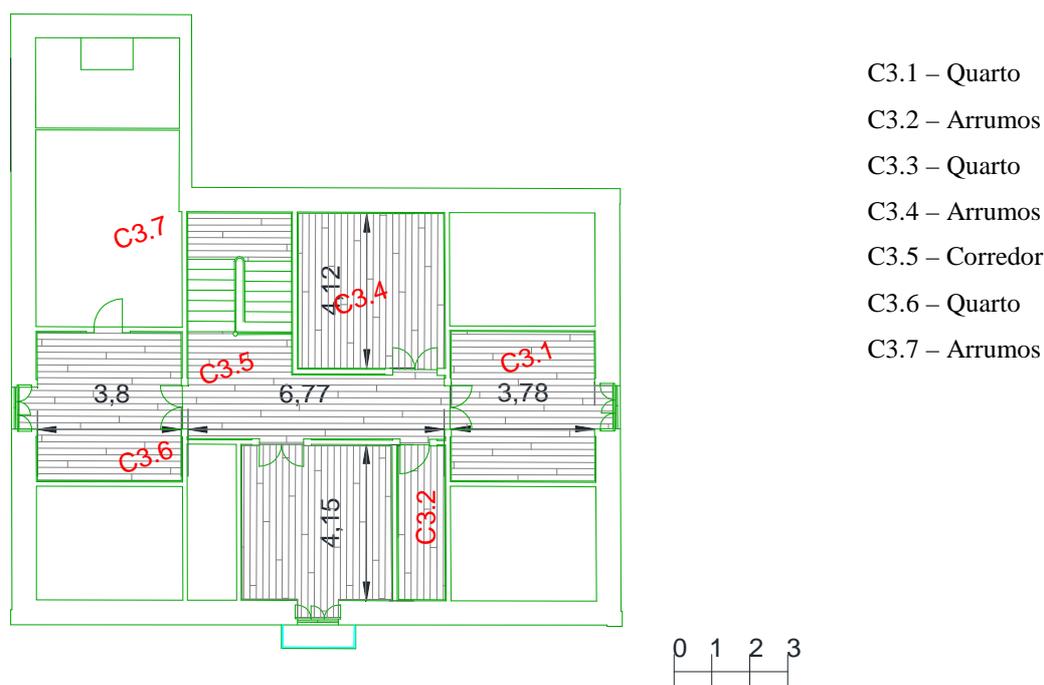


Figura 23: Planta do segundo piso

O segundo piso é um piso mais íntimo, reservado ao repouso, tem sete compartimentos, três quartos, três divisões de arrumos e um corredor. Os quartos são os compartimentos C3.1, C3.3 e C3.6, em que C3.3 será o quarto principal, pois tem uma janela altaneira, do lado sul com uma pequena varanda de sacada, os quartos C3.1 e C3.6 tem janelas viradas para nascente e poente, respectivamente, tendo também os três quartos portas de acesso ao corredor. Os quartos de arrumos C3.2, C3.4 e C3.7 não tem qualquer tipo de janela, têm apenas portas de acesso ao corredor no caso de C3.2 e C3.4 e no caso de C3.7 a porta de acesso é para o quarto do lado poente (C3.6). O compartimento C3.5, é o corredor de acesso às divisões e às escadas que fazem a ligação entre o primeiro e o segundo piso.

3.2.1.5. Caracterização da cobertura

Na figura 24 é apresentada a caracterização da cobertura, na qual se pode verificar que o telhado é constituído por 9 águas.

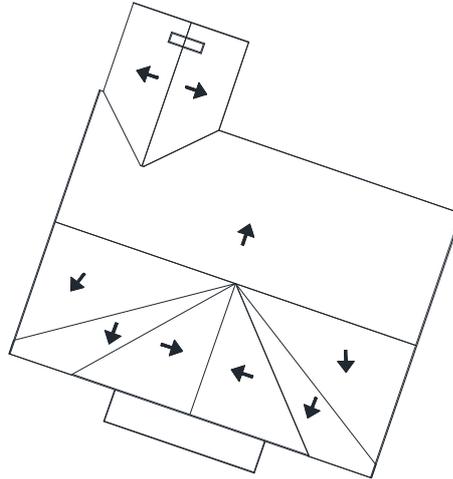


Figura 24: Caracterização da cobertura

3.2. CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA

3.2.1. FUNDAÇÕES

Designa-se por fundação o conjunto de obras que é necessário realizar para se assegurar um apoio sólido e estável às paredes de uma edificação.

A duração dos edifícios depende, em grande parte, da boa execução das fundações e da escolha de um sistema de construção apropriado.

Tipicamente, os materiais de construção mais utilizados em fundações, a nível nacional, são a alvenaria argamassada, em edifícios mais antigos, e o betão armado em fundações contemporâneas. Pode afirmar-se que, até ao século XVIII, o

betão/argamassa (produzido então pela mistura de argila, areia, cascalho e água) tem uma utilização quase exclusivamente limitada a fundações e ao interior de paredes de alvenaria.

A transição da alvenaria para o betão armado teve essencialmente lugar durante a primeira metade do século XX, graças à então nova dinâmica que surge com a criação da fábrica de cimento Tejo em Alhandra, em 1894, fruto da produção e estudo das propriedades do cimento, que culminou com a aprovação da patente do cimento Portland.

No que respeita à profundidade da fundação utilizada, pode fazer-se a separação, tanto no caso de soluções em alvenaria, como em betão armado, em fundações superficiais e fundações profundas. Pois se, por um lado, ocorre muitas vezes o mero prolongamento das paredes resistentes em alvenaria até ao terreno ou soluções de sapatas em betão armado, por outro têm-se fundações por estacas cravadas/moldadas de betão ou o recurso a estacas de madeira, que permitem a mobilização de terrenos mais competentes ou o tratamento por adensamento do terreno de fundação.

Os problemas relacionados com o desempenho das fundações das edificações reflectem-se, geralmente, na restante estrutura. A existência de fissuras nas paredes, geralmente associadas à ocorrência de assentamentos diferenciais numa construção ou a uma rotação do elemento de fundação, pode indiciar anomalias de fundação e comprometer a boa funcionalidade da estrutura [8].

3.2.2. PISOS

Nos edifícios em que o pavimento é em madeira, o soalho, solho ou sobrado compõe-se de tabuas de casquinha ou pinho. Essa madeira deverá estar bem seca, limpa, bem desempenada e plana, não só na face superior como também na inferior, para que seja perfeita a sua ligação com o vigamento [9].

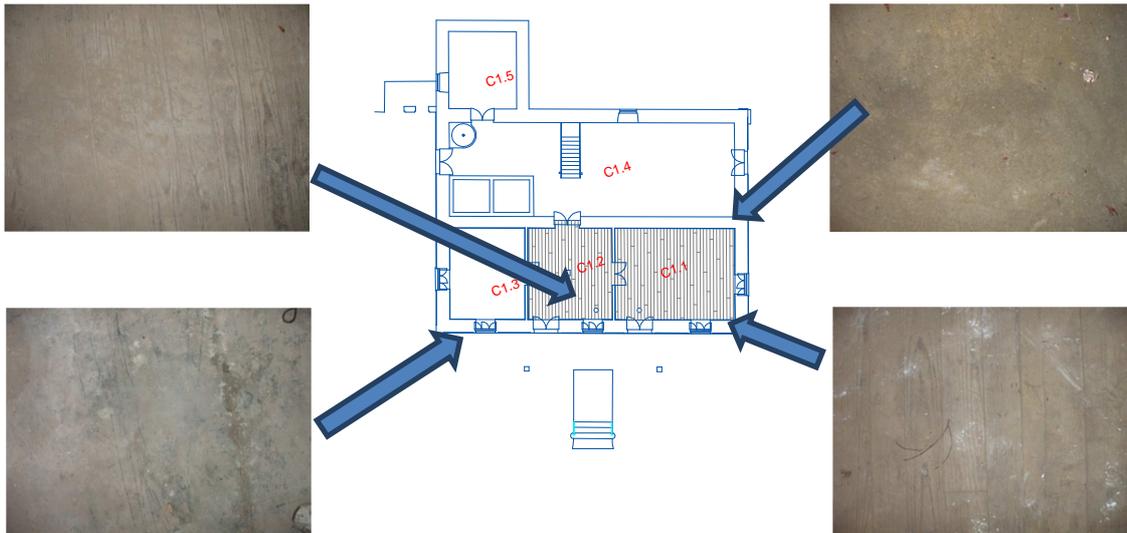


Figura 25: Piso Térreo

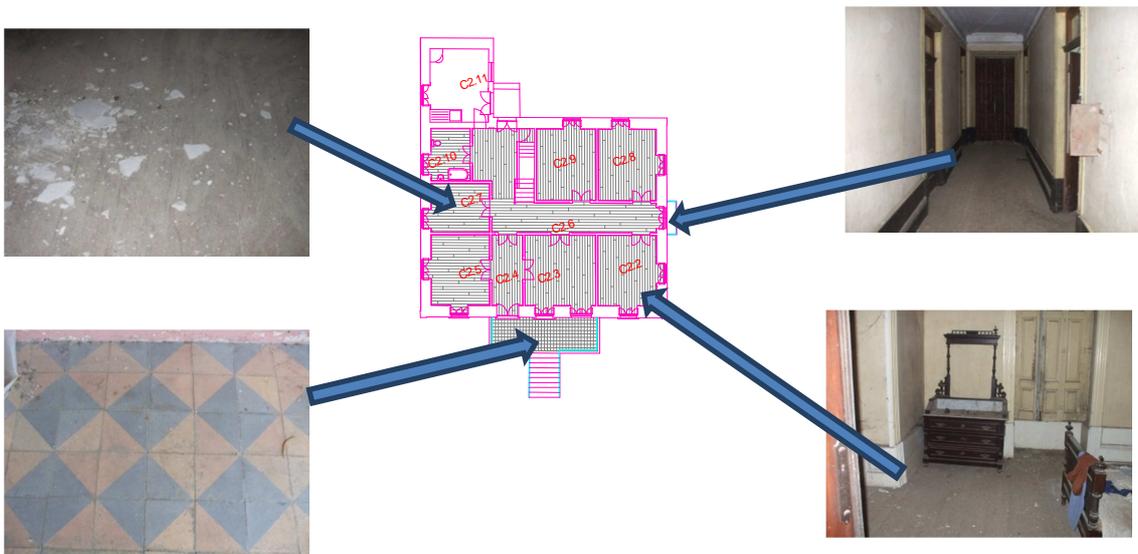


Figura 26: Primeiro Piso

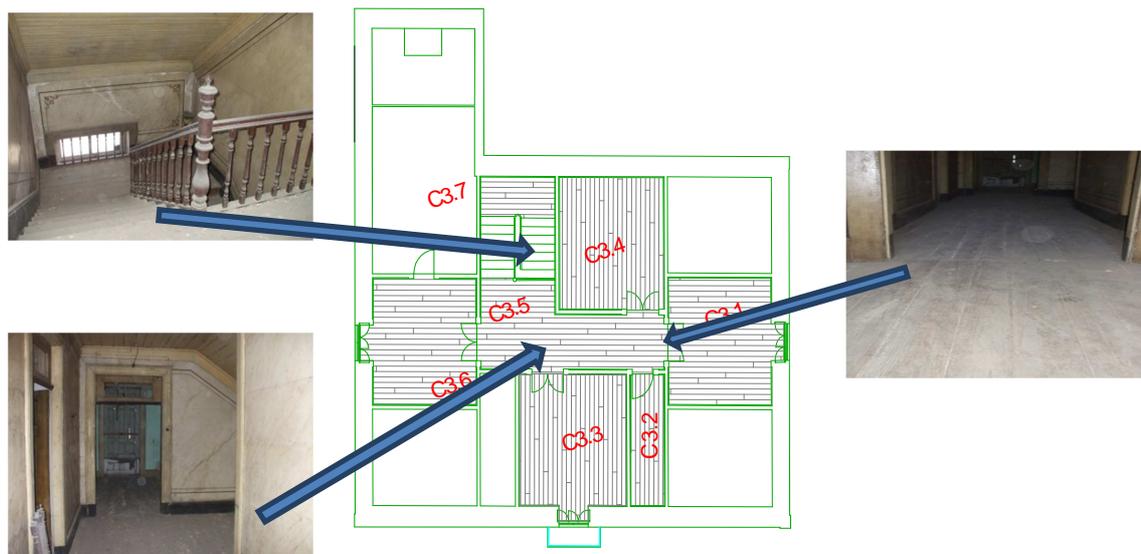


Figura 27: Segundo Piso

3.2.3. ALVENARIAS

As paredes que constituem a casa podem ser distinguidas em dois tipos, as paredes exteriores e as paredes interiores.

Esta construção caracteriza-se por ser executada com recurso a paredes exteriores resistentes de alvenaria de granito, tanto no piso térreo como no piso superior. As espessuras variam entre os 60 e os 70 cm.

As paredes exteriores e as paredes interiores do piso térreo são paredes resistentes.

No primeiro e segundo piso todas as paredes divisórias são de madeira (tabiques), têm 12cm de espessura [10].



Alçado SSW (Sul)



Alçado WNW (Poente)



Alçado NNE (Norte)



Alçado ESE (Nascente)

Figura 28: Fotografia das fachadas (Alçados)

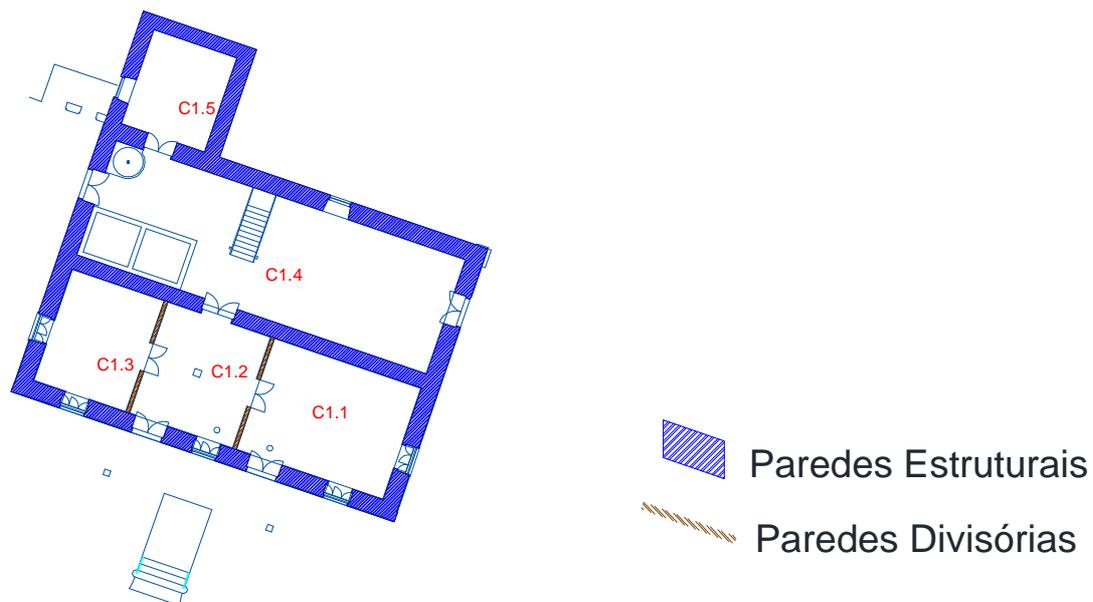


Figura 29: Paredes Estruturais e Paredes Divisórias Piso Térreo

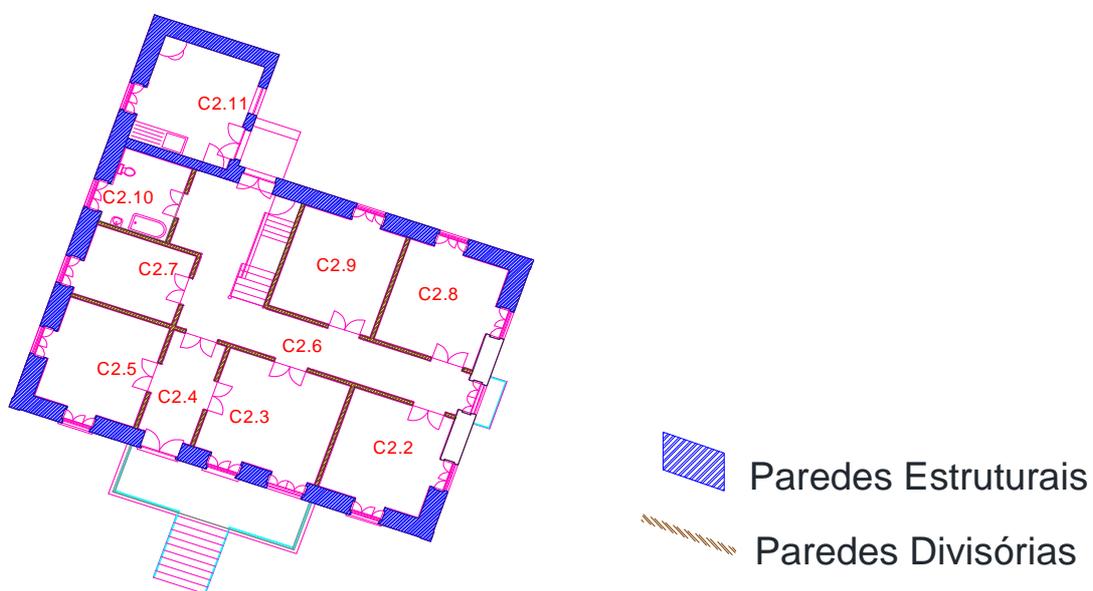


Figura 30: Paredes Estruturais e Paredes Divisórias Primeiro Piso

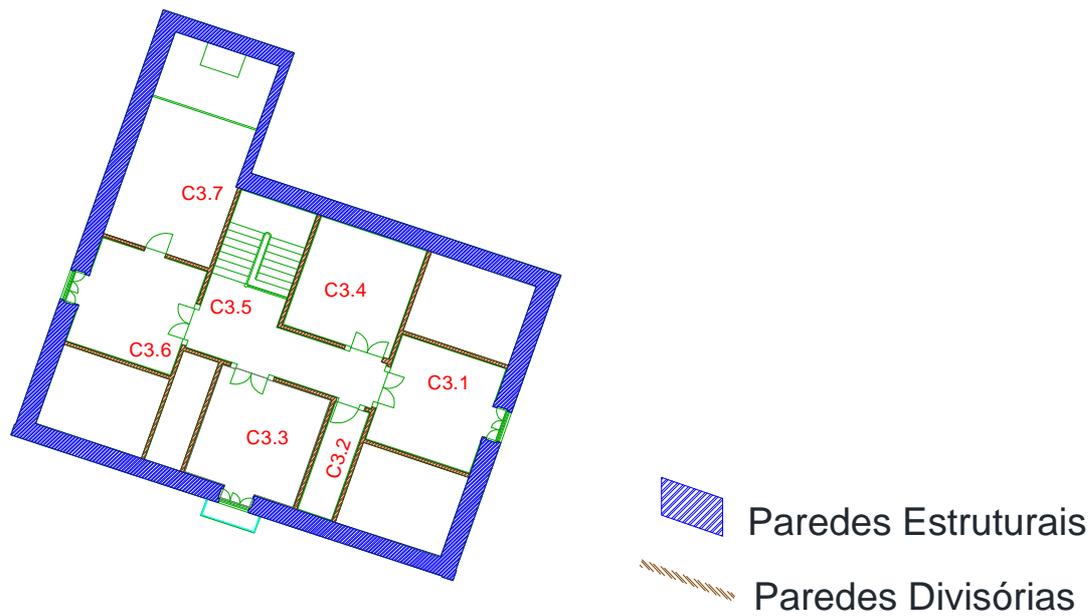


Figura 31: Paredes Estruturais e Paredes Divisórias Segundo Piso

3.2.4. CANTARIAS

A cantaria foi muito vulgarizada na construção antiga, estando-lhe associada duas ideias fundamentais:

- A cantaria desempenha uma função estrutural de grande relevo localizando-se por isso a pedra aparelhada nas zonas mais importantes do edifício, pilastras, contorno de abertura de portas e janelas, cornijas, socos, cunhais, entre outros.
- A cantaria tem uma função decorativa de igual importância, marcando a qualidade do edifício. De certa forma pode dizer-se que a imagem exterior mais impressiva de um edifício, o seu valor, lhe é conferida antes de mais, pela qualidade e pela quantidade de cantaria utilizada. [11]



Figura 32: Contorno de janela



Figura 33: Soco



Figura 34: Cunhais

3.2.5. SOBRADOS E DISPOSITIVOS DE LIGAÇÃO ÀS ALVENARIAS DE PEDRA E AOS FRONTAIS

Os sobrados são madeiramentos que constituem os pavimentos dos diversos andares de uma casa, devendo considerar-se em separado: o vigamento, o solho e o tecto. O primeiro forma a ossatura do sobrado, o segundo o seu forro superior e o terceiro, o seu forro inferior.

O vigamento consiste numa série de vigas ou barrotes dispostos paralelamente e com pequeno intervalo entre si e assentando pelos extremos nos frechaes encastrados nas alvenarias ou ficando com as pontas embebidas nas paredes.

O solho é pregado sobre o vigamento e consiste numa série de tábuas justapostas sendo as juntas de diversa natureza.

O tecto é formado por uma série de régua ou fasquias, distanciados cerca de 0.01m e pregadas normalmente ao vigamento, se o tecto for de madeira são as taboas que o constituem pregadas pela parte inferior do vigamento [12].



Figura 35: Sobrado

3.2.6. TABIQUES

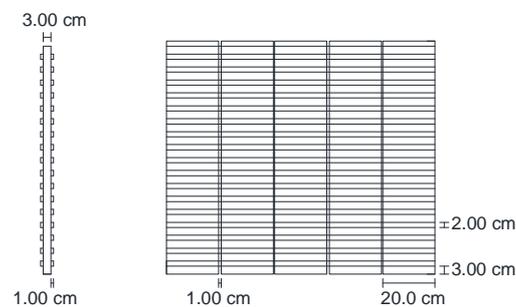


Figura 36: Exemplo de uma parede de tabique

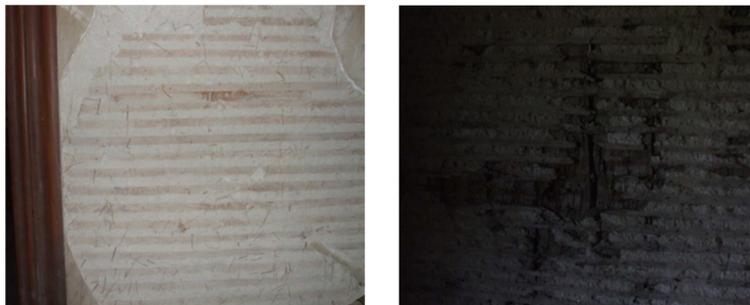


Figura 37: Parede de Tabique do Edifício

No enchimento dos tabiques, a argamassa é menos calenta do que nos tectos, e em vez de ser estendida com o esparavel é chapada com força à colher, introduzindo-se deste modo entre as fasquias e cobrindo-as. O enchimento constitui uma espécie de emboço que se regulariza toscamente com a colher [13].

3.2.7. TECTOS

Os tectos de madeira são construídos com tabuas de forro, só planos na face visível. Começa-se por pregar estas tabuas nas vigas do sobrado do andar superior e de modo a deixarem entre si um curto intervalo, cobre-se depois este com uma tabua de bordos geralmente moldurados, faz-se corresponder a linha media desta com o intervalo como se pode ver na figura 38 [14].

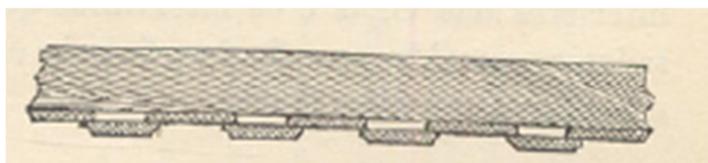


Figura 38: Correspondência da linha media com o intervalo
[FONTE:LEITÃO, Luiz Augusto]

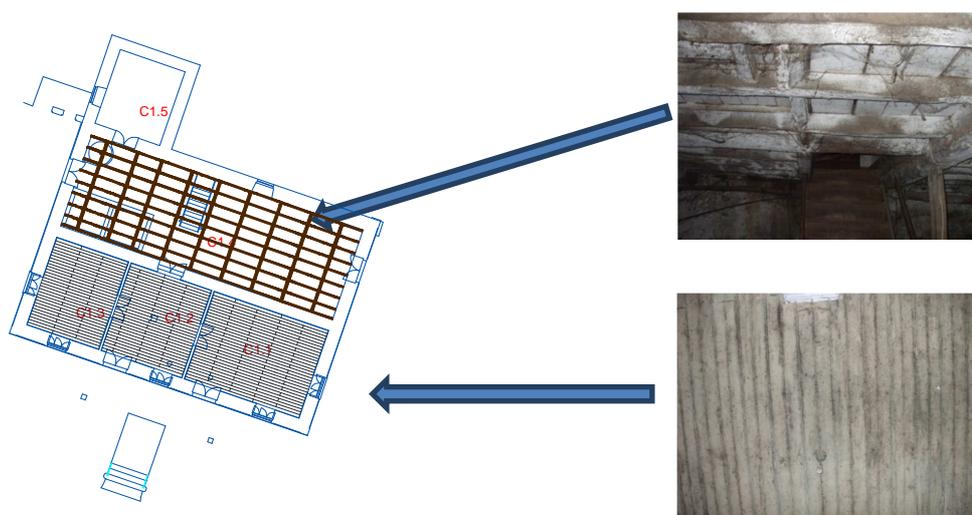


Figura 39: Tecto do Piso Térreo

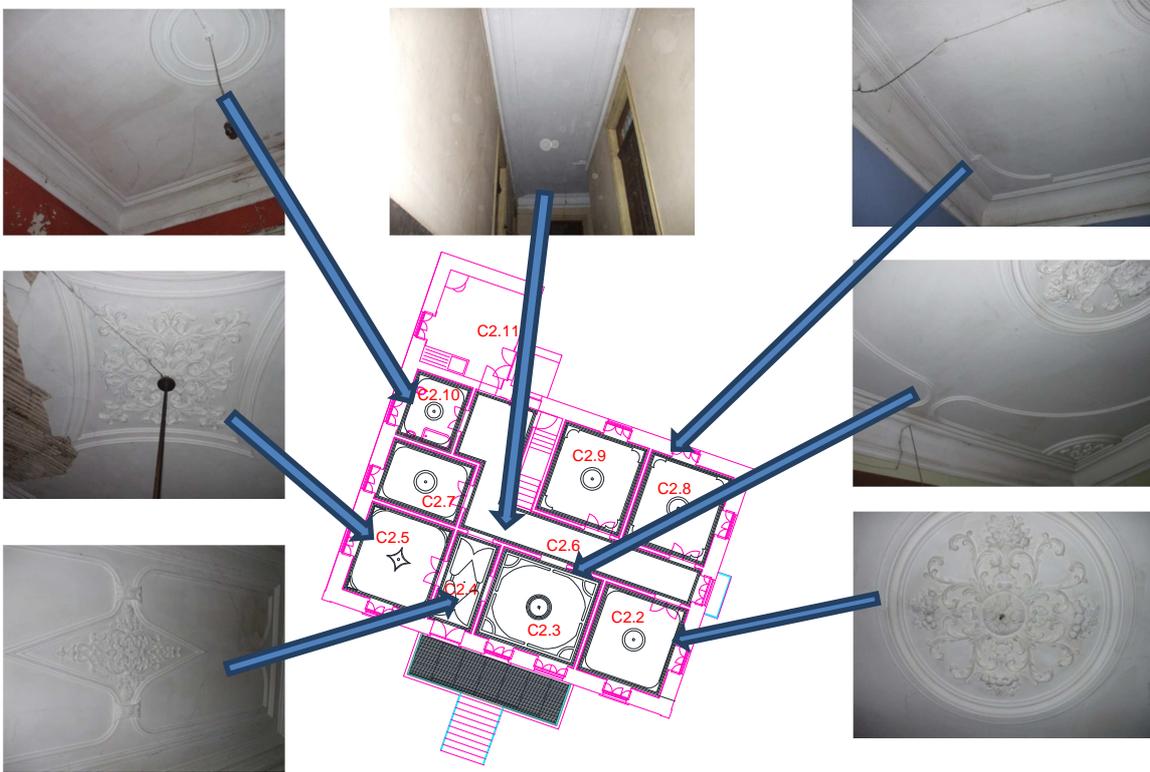


Figura 40: Tecto do Primeiro Piso

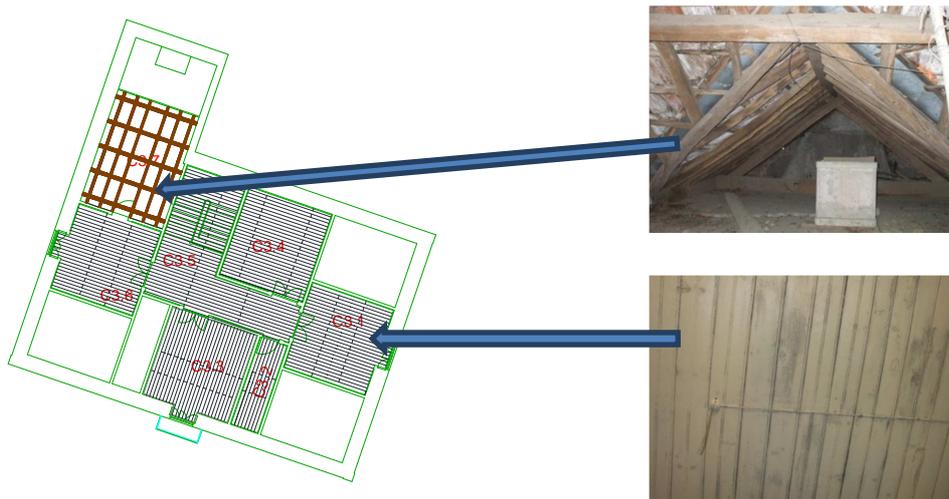


Figura 41: Tecto do Segundo Piso

3.2.8. ESTRUTURA DE MADEIRA DAS COBERTURAS

A cobertura dos edifícios, vulgarmente chamada telhado, abriga-os superiormente da acção destrutiva das intempéries. Essa cobertura, que pode ser de telha, de zinco, de ardósia, etc., é assente sobre peças de madeira que no seu conjunto constituem a armação ou o madeiramento do telhado. Nos grandes vãos e quando faltam apoios intermédios, é frequente recorrer-se às armações de ferro.

Os telhados podem ser de uma, duas ou mais águas, ou seja, podem ter uma, duas ou mais superfícies de escoamento das águas pluviais que sobre eles caem. [15]



Figura 42: Estrutura de madeira das coberturas

3.2.9. ESCADAS

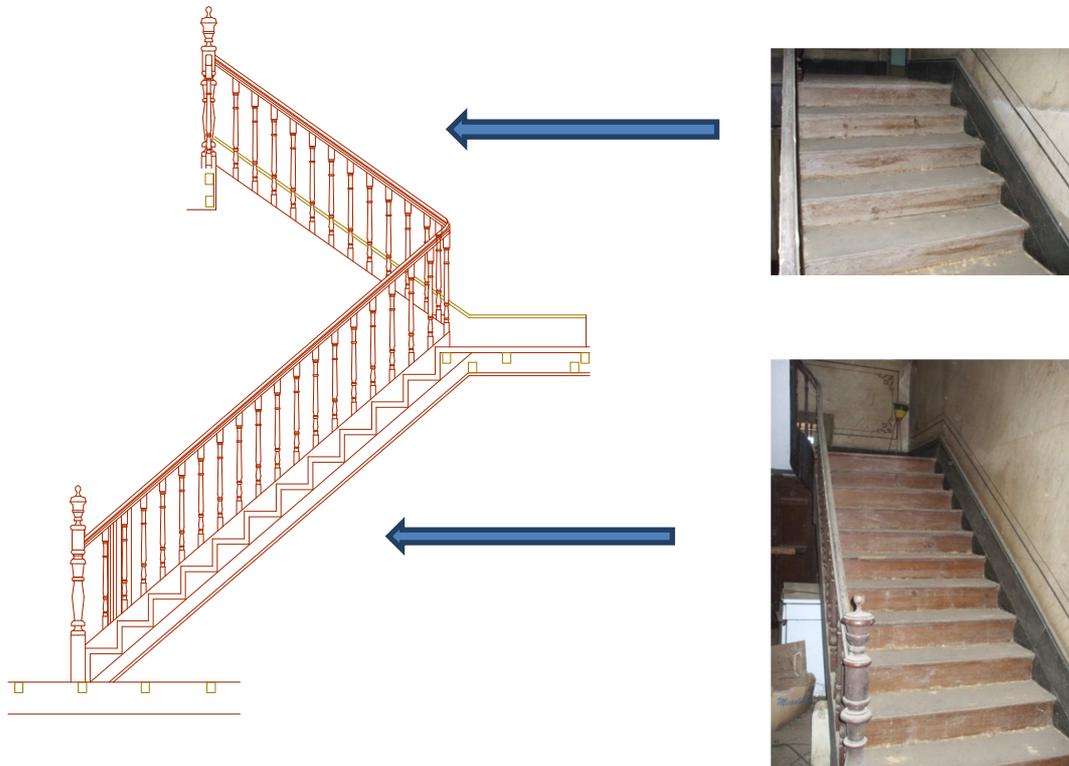


Figura 43: Pormenor das escadas do primeiro para o segundo piso



Figura 44: Escada do primeiro para o segundo piso

As escadas servem para fazer a ligação de uns andares para os outros, podem ser de alvenaria, de madeira ou de ferro. As escadas são interiores ou exteriores, no primeiro caso o vão de que são constituídas tem o nome de caixa. Compõe-se sempre de degraus e patamares que separam os diversos lanços e servem de descanso a quem os sobe. Lanço, é uma serie de degraus consecutivos. Em cada degrau distingue-se a face horizontal, denominada piso, e a face vertical que é o espelho, o piso tem o nome de cobertor ou tampo nas escadas de madeira. A saliência, neste caso de estudo, boleada, do piso sobre o espelho, chama-se focinho.

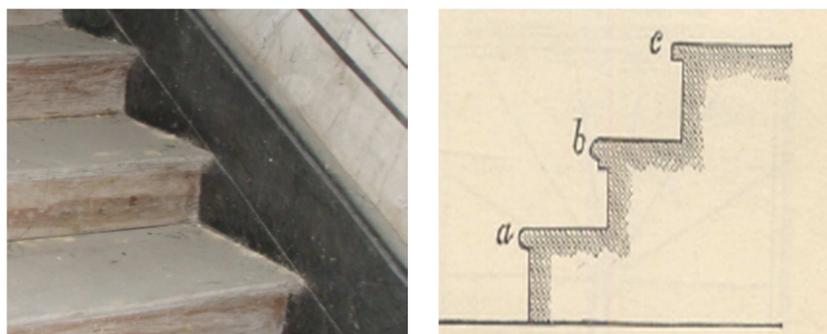


Figura 45: Pormenor do focinho dos degraus [FONTE: LEITÃO, Luiz Augusto]

Os degraus de uma escada devem ter sempre a mesma altura, é muito raro que a altura dos degraus seja inferior a 13.5cm ou superior a 18cm, se se pretender uma escada comoda.

Bomba ou Lanternim de uma escada é o vão central. A Bomba ou Lanternim, tem por objectivo facilitar a distribuição da luz nos diversos lanços aquando da existência de clarabóia na cobertura da caixa, muitas vezes as escadas são iluminadas por janelas.

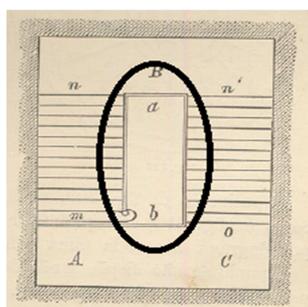


Figura 46: Bomba ou Lanternim [FONTE: LEITÃO, Luiz Augusto]

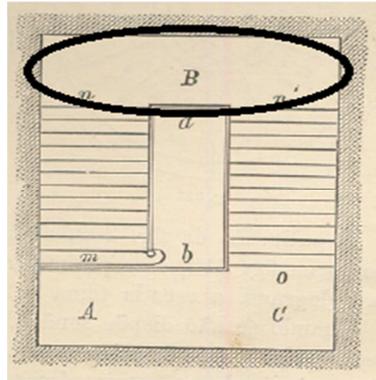


Figura 47: Patamar de volta [FONTE:LEITÃO, Luiz Augusto]

O patamar B, da Figura 46, chama-se patamar de volta.

Corrimão de uma escada é uma espécie de varão, de ferro, de pedra, ou neste caso de madeira, disposto de 0.80cm ou 0.85cm acima dos degraus, que serve de apoio às mãos de quem sobe ou desce a escada. O corrimão ou é fixo aos muros em que ficam encastrados os degraus, ou constitui o coroamento de uma grade de ferro ou balaustrada de cantaria, que funciona de guarda ou resguardo das escadas [16].



Figura 48: Escada do piso térreo para o primeiro piso



Figura 49: Escada Exterior

3.2.10. REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS

O revestimento e acabamento de elementos de parede têm um importante papel a desempenhar, já que constituem a “pele” que assegura a protecção desses elementos, em relação às acções agressivas de natureza química e mecânica.

O revestimento das paredes de alvenaria, são à base de rebocos de argamassam com areia e cal [17].

3.2.11. CAIXILHARIAS



Figura 50: Janela com duas folhas de abrir, com bandeira

Trata-se de componentes da construção, que neste caso, caixilharia exterior, desempenham um importante papel na sua função de elementos da envolvente do edifício.

Nas janelas exteriores distinguem-se as partes fixas das móveis, sendo que as partes fixas apresentam muito menos problemas construtivos. As janelas são de duas folhas de abrir, em que a folha móvel roda em torno de um eixo vertical localizado junto a um bordo da janela. As folhas são preenchidas por duas chapas de vidro lisas.

Na caixilharia é essencial cuidar o detalhe das ligações entre as partes fixas e as paredes, entre as partes fixas e as partes moveis e entre as próprias partes moveis, incluindo o mecanismo de abertura e fecho. [18]

3.2.12. ELEMENTOS DE FERRO

Utiliza-se neste edifício o ferro fundido, na execução de elementos de protecção e decoração de varandas e escadas exteriores. São elementos a que se dá grande importância, pelo impacto que têm na imagem dos edifícios. Repara-se na delicadeza do pormenor de fixação destes elementos às alvenarias e cantarias sendo tradicional o recurso a ligações chumbadas. Um problema diz respeito à forma como se processa a protecção contra a corrosão. [19]



Figura 51: Exemplos de Elementos em Ferro

3.2.13. SISTEMAS E INSTALAÇÕES

3.2.13.1. Instalação de água

A rede de abastecimento de água é também exterior às paredes e abastece a cozinha e as instalações sanitárias; o chumbo é o elemento utilizado, correspondendo, por razões de saúde, a um problema a que se terá de atender neste edifício. [20]

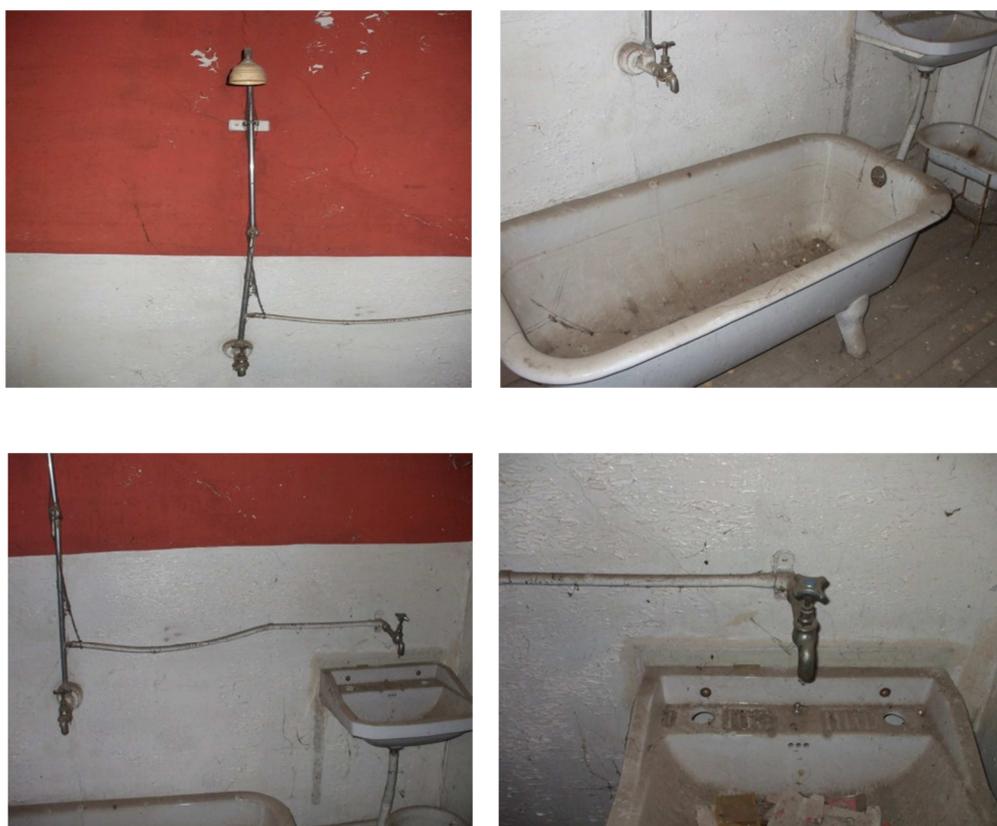


Figura 52: Sistemas de Canalização

3.2.13.2. Instalação Eléctrica

A rede eléctrica é uma rede exterior às paredes, em condições de segurança e funcionalidade muito fracas, esta rede será uma importante fonte de problemas devido à

natureza dos materiais utilizados, à deterioração dos mesmos e à ausência de protecção adequada [20].

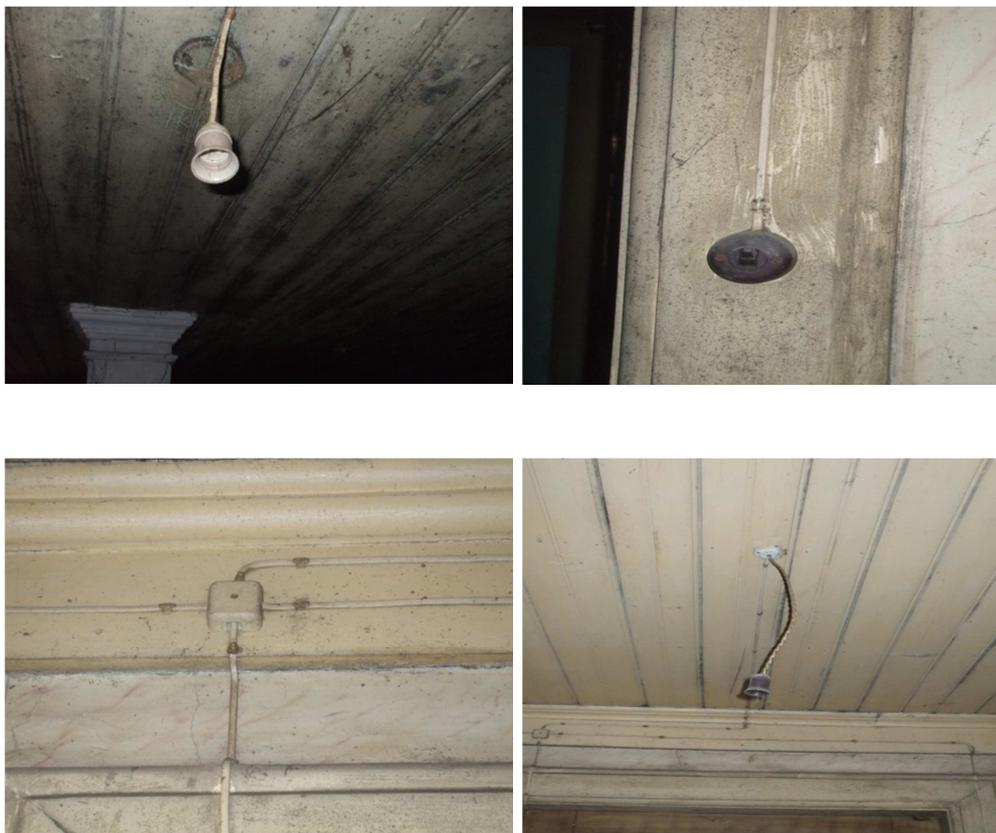


Figura 53: Instalações Eléctricas

CAPÍTULO 4

DIAGNÓSTICO DAS ANOMALIAS CONSTRUTIVAS / TÉCNICAS DE INSPEÇÃO NÃO-DESTRUTIVAS DE ESTRUTURAS TRADICIONAIS DE ALVENARIA E MADEIRA

Para a identificação das anomalias construtivas do edifício, caso de estudo, foram estudadas diversas técnicas de inspeção, destrutivas e não destrutivas.

Este capítulo incide, essencialmente, na monitorização da abertura de fissuras e fendas, na avaliação da porosidade pelo tubo de Karsten, na medição da humidade superficial das paredes e inspeção visual. Não sendo possível aprofundar o diagnóstico de anomalias devido à escassez de recursos na universidade (UTAD).

4.1.TÉCNICAS DE INSPEÇÃO NÃO DESTRUTIVAS DE ESTRUTURAS TRADICIONAIS DE ALVENARIA E MADEIRA

4.1.1. Monitorização da abertura de fissuras e fendas com o Fissurómetro

As construções apresentam, com frequência, fissuras ou fendas resultantes da ocorrência de movimentos importantes, devidos, por exemplo, a assentamento diferencial das fundações, a variação de temperatura, a alteração das solicitações.

Sendo aquelas fissuras ou fendas manifestações do comportamento estrutural, há normalmente interesse em acompanhar a variação da abertura ao longo do tempo (monitorização), em diversos pontos do seu desenvolvimento.

O Fissurómetro, é um pequeno instrumento destinado a medir, de forma expedita e económica, os movimentos relativos que se verificam num ponto numa fissura ou fenda existente numa parede, pavimento ou qualquer outro elemento estrutural de uma construção.

Equipamento

O Fissurómetro, é constituído por duas partes, designadas por “A” e “B”, executadas em plástico flexível e transparente. A primeira, em forma de “T”, tem impressos dois traços de referência em esquadria. A segunda, de forma rectangular, tem impresso um retículo graduado em 0.5mm e é dotada de duas ranhuras, nas quais a parte “A” vem introduzida, para que os traços de referência e o reticulado fiquem sobrepostos e centrados.

O Fissurómetro é fornecido com as duas partes fixadas na posição atrás descrita, por meio de dois pequenos autocolantes.

Faz ainda parte do equipamento de ensaio o material de fixação, que pode ser: cola de contacto, fita adesiva de dupla face, agrafos, pequenos pregos de aço ou mesmo parafusos com buchas, colocados em furos de pequeno diâmetro.

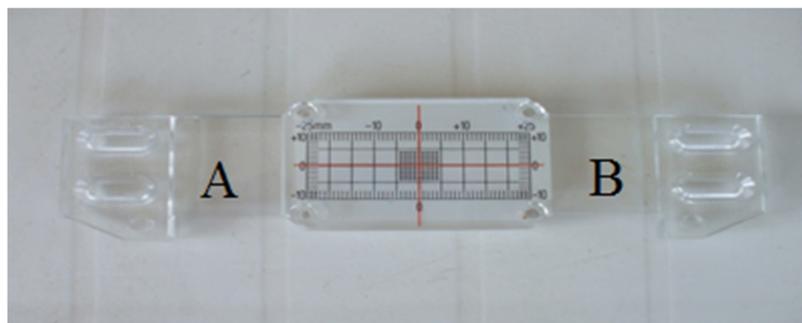


Figura 54: Fissurómetro

Metodologia

Marcação dos pontos

Devem desenhar-se nos pontos de medição seleccionados pequenos traços horizontais ou verticais a lápis, com cerca de 20cm. No caso de um pavimento ou tecto, esses traços deverão ser paralelos às duas direcções principais da construção.

Fixação do Fissurómetro

O Fissurómetro fixa-se ao elemento estrutural, de modo as que as setas impressas nos extremos fiquem centradas com os traços atrás referidos e que o centro do reticulado coincida com a fissura. Posiciona-se o Fissurómetro, segundo a direcção mais próxima da normal à fissura.

A fixação em si pode ser feita de diferentes modos, consoante o tipo de suporte. No caso de utilização de cola, esta deverá ser a mais rígida possível depois de endurecida e deverá ser aplicada em camada tão delegada quando possível.

Após o completo endurecimento da cola de fixação, removem-se cuidadosamente os dois autocolantes, ficando o Fissurómetro a medir os movimentos da fissura nesse ponto.

Leitura

Dada a concepção do Fissurómetro, é possível medir com ele duas componentes de deslocamento (segundo as direcções longitudinal e transversal) e uma componente de rotação (em torno de um eixo perpendicular ao plano do instrumento).

Essas três leituras podem ser realizadas, muito facilmente, por simples registo na folha respectiva da posição relativa dos traços de referência e do reticulado, isso é, o registo funciona como uma fotografia da abertura da fissura, aquando da altura da medição.

Uma vez colocados os Fissurómetros, dá-se início à monitorização da abertura das fissuras ou fendas nos diferentes pontos. Para tal, dever-se-á preencher a folha de registo individual de cada Fissurómetro e marcar a primeira posição.

4.1.2. Avaliação da porosidade por meio do ensaio do tubo de Karsten

Trata-se de uma técnica de ensaio muito simples e expedita, destinada a avaliar a porosidade duma alvenaria, de um revestimento ou de um piso.

Equipamento



Figura 56: Tubo de Karsten para Paredes

Metodologia

A superfície do bordo do tubo que irá ficar em contacto com a parede é coberta com mástique ou silicone, e pressionada contra a parede ou piso. Depois do endurecimento da mástique ou silicone, o tubo é cheio de água até ao seu nível máximo. O abaixamento da água é medido aos 5, 10 e 15 minutos.

Registo e análise de resultados

Os registos de dados em obra são suportados por impresso próprio, que inclui:

- Identificação da obra
- Nome do operador
- Data

- Localização e identificação das áreas ensaiadas, recorrendo, sempre que se justifique, a desenhos esquemáticos
- Zonas em que as medições não foram válidas. [22]

4.1.3. Medição expedita da humidade superficial em paredes

A água presente nas paredes das construções pode ter várias origens:

- Água retida, resultante da água empregue durante a construção da parede;
- Água absorvida, resultante da água posteriormente adquirida pela parede sob a forma de vapor ou a resultante de processos de condensação;
- Água de capilaridade, isto é, a água que vai penetrando lentamente nos poros dos materiais que constituem a parede, devido ao fenómeno de capilaridade.

A presença da humidade nas paredes das construções pode conduzir a deterioração estrutural, à alteração das propriedades térmicas, à perda dos revestimentos decorativos e ao desenvolvimento de microorganismos.

A resistência eléctrica ou a capacitância de um meio poroso, como a pedra o betão ou a argamassa, variam com a quantidade de água presente nos poros, sendo possível, para um dado material, estabelecer uma correlação entre as duas grandezas.

Repetindo as observações ao longo de um determinado período, é possível acompanhar a evolução da distribuição da humidade na parede, avaliando, por exemplo, o efeito de medidas correctivas introduzidas.

Equipamento

As determinações são feitas electronicamente, utilizando um aparelho portátil, que vai medindo a humidade ao longo de uma malha previamente marcada [23].



Figura 57: Aparelho portátil de medição de humidade

4.2. DIAGNÓSTICO DAS ANOMALIAS CONSTRUTIVAS

4.2.1. Anomalias construtivas em fundações

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Estas fissuras devem-se a assentamentos diferenciais das fundações.

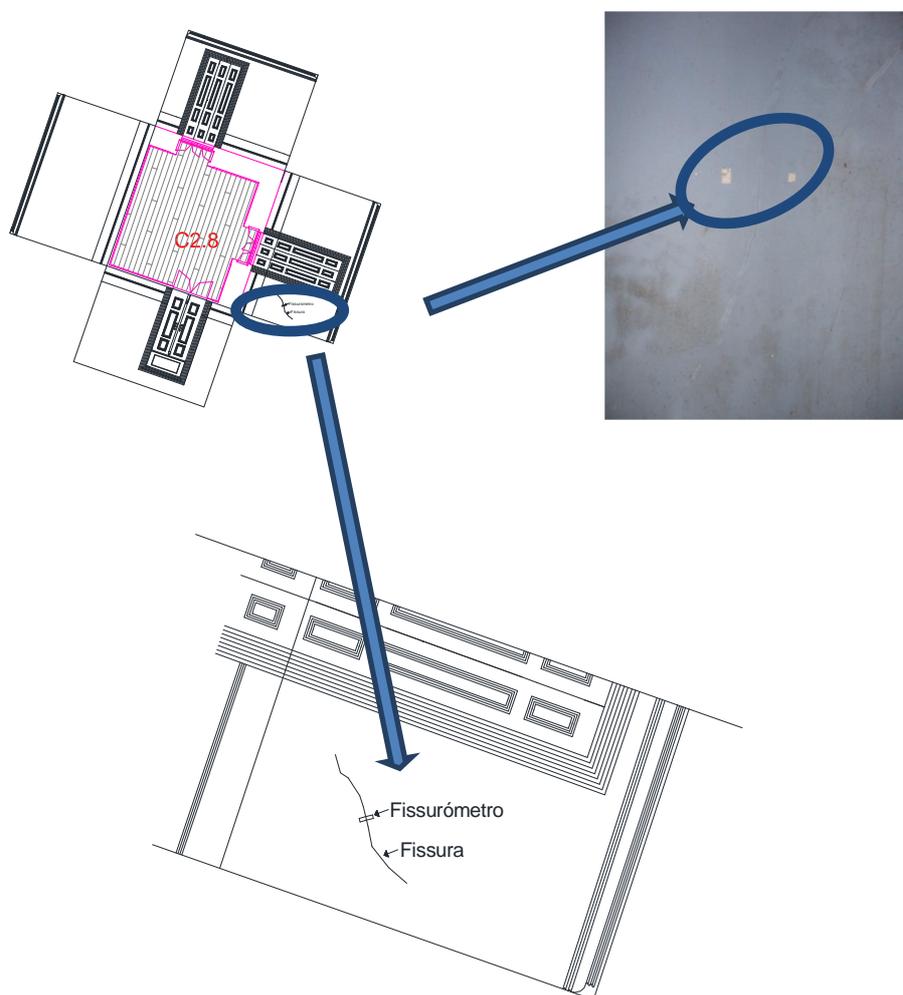


Figura 58: Localização da fissura 1

A fissura 1, localizada no compartimento C2.8, na parede para o alçado Poente, não apresenta variações podendo, assim, concluir-se que a fissura está estabilizada.

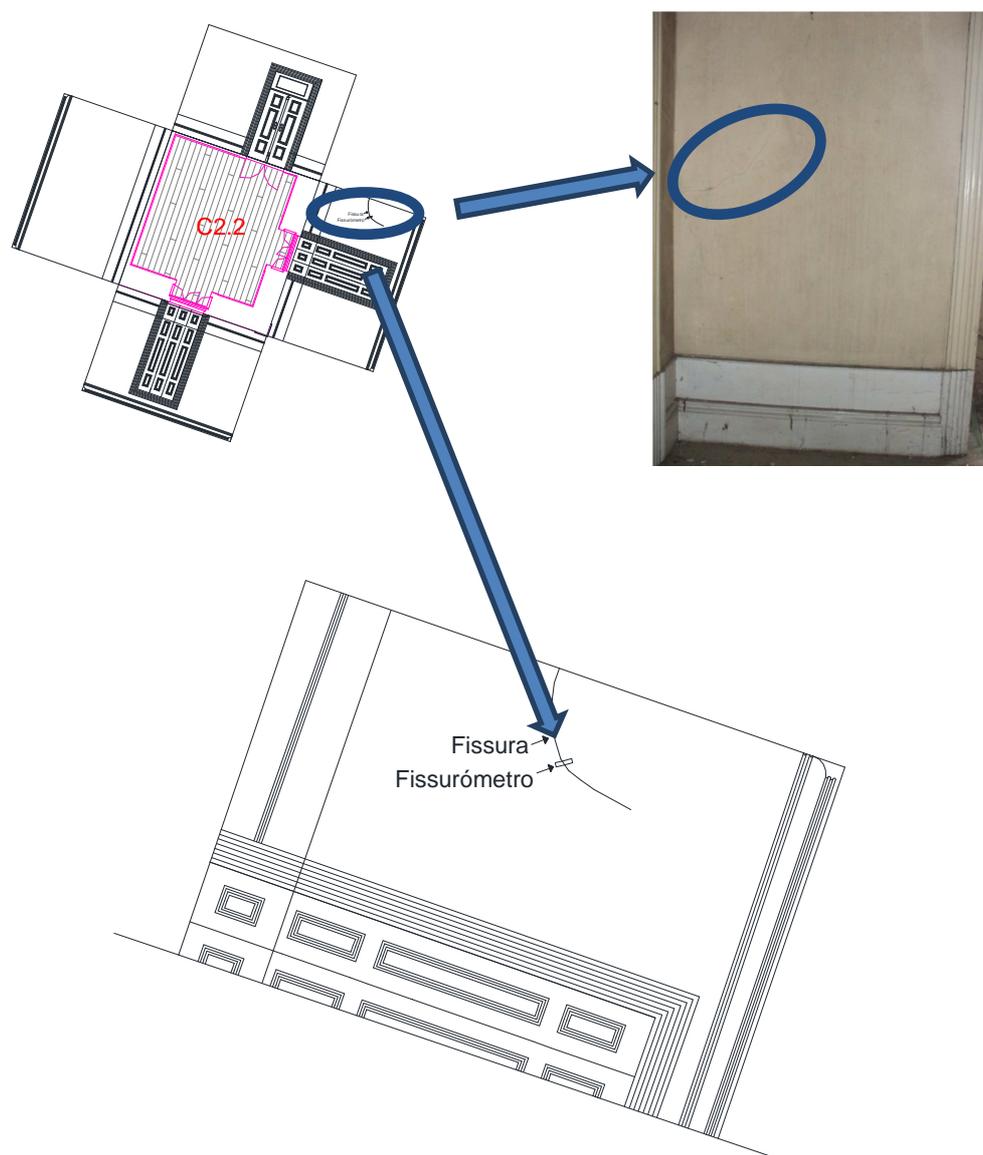


Figura 59: Localização da fissura 2

A fissura 2, localizada no compartimento C2.2, na parede para o alçado Poente, não apresenta variações, sendo assim, pode concluir-se que a fissura está estabilizada.

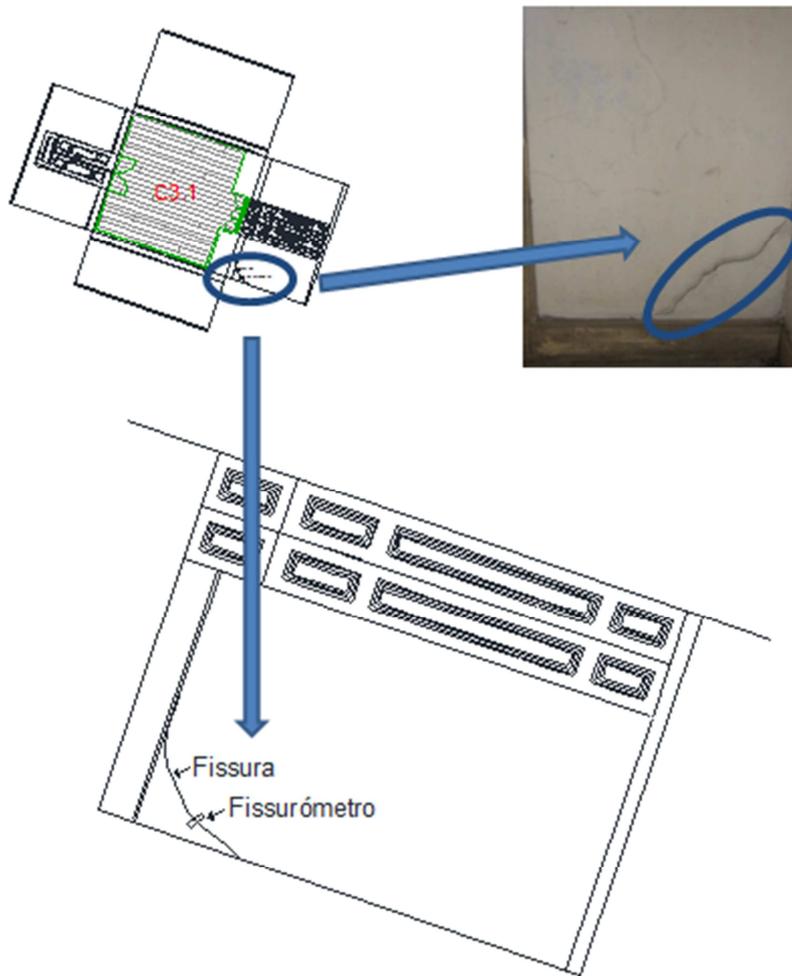


Figura 60: Localização da fissura 3.

A fissura 3, localizada no compartimento C3.1, na parede para o alçado Poente, não apresenta variações, pode, então concluir-se que a fissura está estabilizada [24].

4.2.2. Anomalias em pisos

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Processo de envelhecimento do material,

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Degradação de determinadas características mecânicas

CAUSA APARENTE

Deformação excessiva das vigas de pavimento, devido à fluência do material, agravado por empenamentos, fissuras e deteriorações originadas durante o processo de secagem de madeiras verdes.

EXAME

Verificação do estado de conservação do piso. [25]

4.2.3. Anomalias em alvenarias

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Humidade de precipitação; humidade do terreno; humidade de condensação; infiltrações de águas por rotura de tubagem de águas e esgotos residuais.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Franja húmida descontínua relacionada com os períodos de chuva ou com fugas na tubagem de águas domésticas, a toda a altura das paredes. Manchas de humidade em elementos de madeira da cobertura e pisos.

CAUSA APARENTE

Os pontos do edifício de maior acumulação de humidade, encontram-se nas paredes de encosto de terras, voltadas a NNE e a WNW, onde existem tanques de água próximos do edifício, o que pode ser indício da existência de um lençol de água nessa zona. Os pontos críticos dessas duas paredes, coincidem com os compartimentos mais húmidos da casa, que correspondem a zonas de águas da casa, ou seja, o lagar no andar térreo, a instalação sanitária e a cozinha no 1º andar. Os valores de humidade mais elevados registam-se no 1º andar, o que leva a concluir que a rotura de tubagem de águas está na origem principal de infiltrações de água nas alvenarias, nesses pontos do edifício.

O estado de degradação dos tectos do 2º andar de ripado de madeira e do tecto e tabiques de fasquio estucado do 1º andar (C2.5) indiciam infiltrações de águas pluviais pela cobertura. Aliás, esta apresenta as superfícies onduladas, causadas pela fluência da madeira, como se pode ver pela deformação das pernas das asnas, do pau de fileira, das madres, das varas e das ripas. Existem membros da estrutura de madeira da cobertura que evidenciam manchas de humidade. Esta situação propicia a abertura das juntas entre as telhas, favorecendo as infiltrações de água para o interior do edifício, atingindo tectos subjacentes e paredes de apoio, tanto as resistentes, como os tabiques. Convém referir que esta zona do edifício está mais exposta ao vento intenso de NW que sopra nesta região.

A parede nordeste semi-enterrada da adega manifesta sintomas de infiltração lateral da água, por pressão hidroestática. Os topos das vigas do tecto da adega, que estão encastrados nesta parede apresentam, junto à parede, os valores mais elevados de humidade. Contudo, todas as vigas de madeira da adega têm sinais de humidade e de podridão, devido à humidade de condensação própria dum espaço confinado, deficientemente ventilado, com apenas três vãos, duas portas em paredes opostas, para promover alguma ventilação transversal, e uma pequena fresta alta, na parede de encosto de terras.

EXAME

Para a determinação de um padrão de distribuição da humidade nas paredes resistentes do edifício, de modo a concluir qual a causa que está na origem da infestação líquénica, de musgos e arbustos de maior porte e, ainda, manchas de escorrência de águas pluviais e eflorescências salinas, estabeleceu-se uma rede de pontos de observação regularmente espaçadas, para além da inspecção visual “in situ”, de modo a estabelecer uma relação entre variáveis microclimáticas e características da parede com a presença das referidas anomalias [26].

Alçado Poente

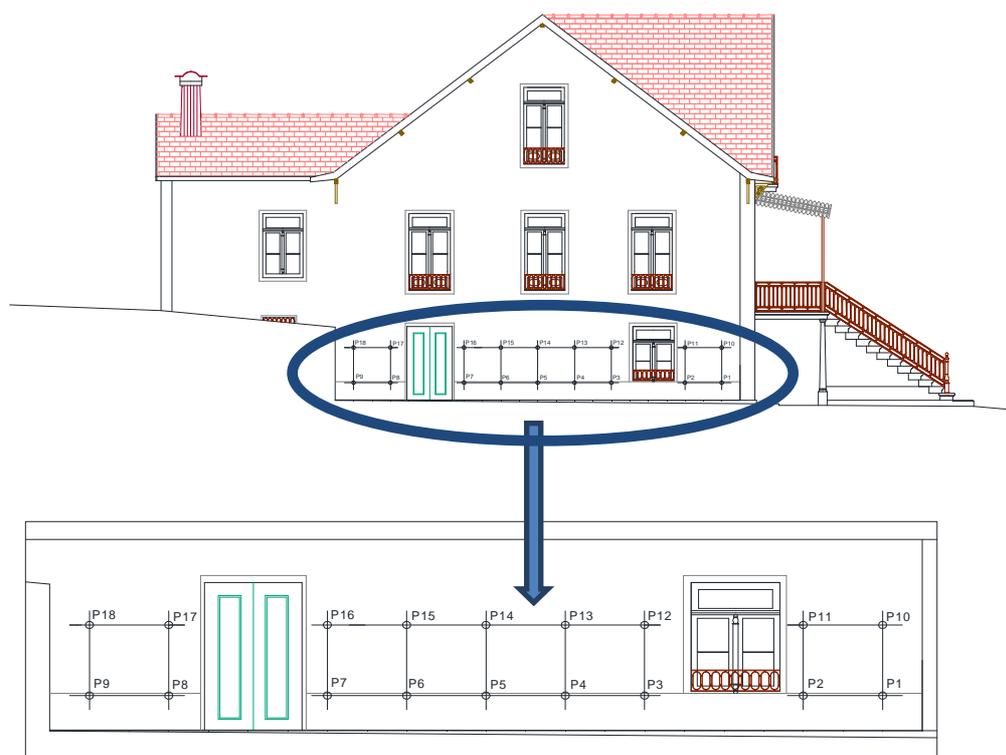


Figura 61: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições Alçado WNW

Quadro 3: Pontos de Medição

Pontos de Medição	°C	°C a 50cm	% HR
1	22.6	22.2	0
2	23.0	22.6	0
3	22.6	22.3	0
4	22.4	22.2	0
5	22.3	22.1	0
6	22.5	22.3	0
7	22.4	22.2	5
8	22.3	22.3	27
9	22.5	22.3	8
10	22.2	22.3	0
11	22.4	22.3	0
12	22.5	22.3	0
13	22.5	22.3	0
14	22.6	22.4	0
15	22.7	22.5	0
16	22.5	22.3	7.5
17	22.3	22.4	27
18	22.3	22.3	12

(Sousa, D. P; 2012)

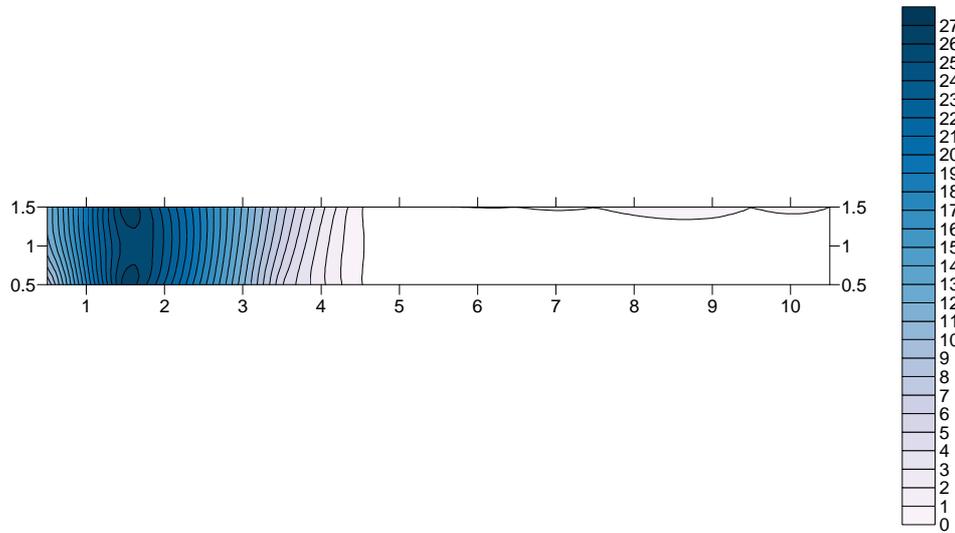


Gráfico 7: Humidade Relativa: ALÇADO POENTE

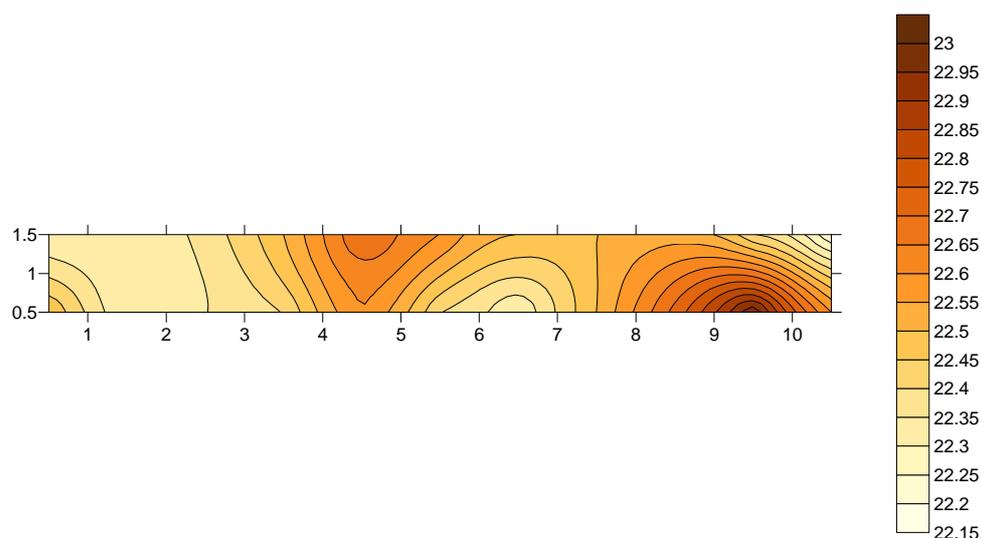


Gráfico 8: Temperatura °C: ALÇADO POENTE

Verifica-se que no alçado poente a temperatura junto à parede, apresenta valores muito semelhantes entre pontos, destacando-se que o ponto onde a temperatura é mais alta, é o ponto P2 (23°C) e o ponto onde a temperatura é mais baixa é o ponto P10 (22.2°C).

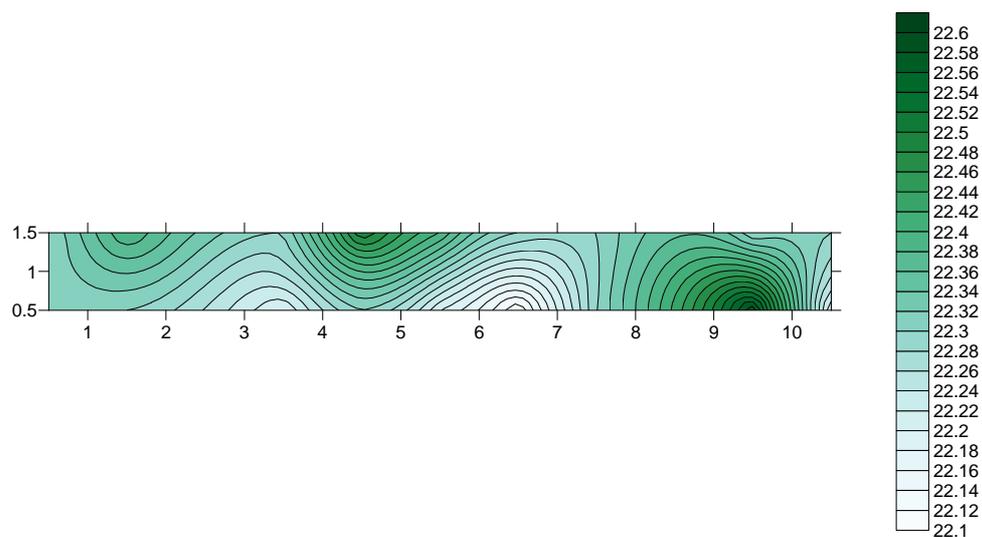


Gráfico 9: Temperatura °C (50cm): ALÇADO POENTE

Verifica-se que a temperatura a 50cm da parede apresenta valores, ligeiramente mais baixos que os valores da temperatura junto à parede, mas verificando-se que os valores mais baixos e mais altos localizam-se em pontos diferentes. Sendo o valor mais baixo localizado nos pontos P5 (22.1°C) e o valor mais alto no ponto P2 (22.6°C).

Alçado Nascente

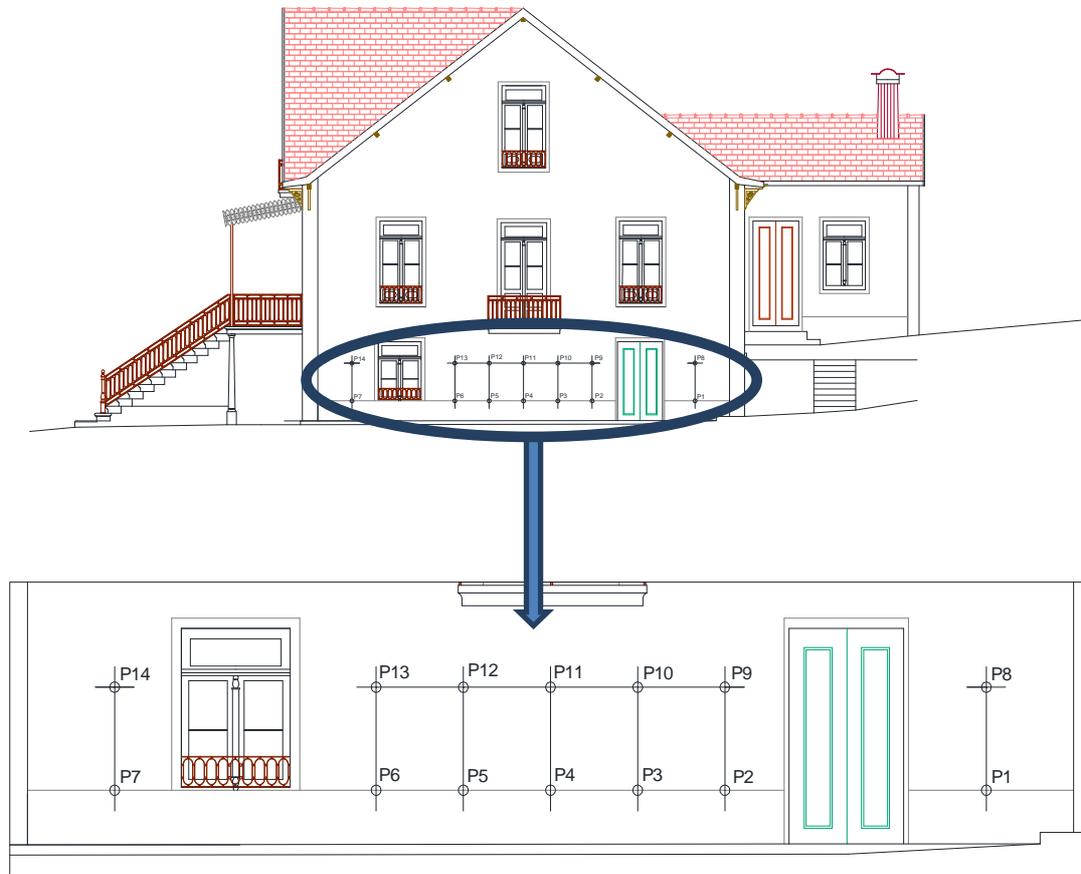


Figura 62: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições Alçado ESE

Quadro 4: Pontos de Medição Alçado Nascente

Pontos de Medição	°C	°C a 50cm	% HR
1	22.6	22.3	6
2	22.4	22.2	6
3	22.5	22.3	6
4	22.4	22.2	5
5	22.3	22.3	5
6	22.5	22.3	0
7	22.2	22.3	5
8	22.4	22.3	8
9	22.5	22.3	6
10	22.5	22.3	6
11	22.6	22.4	5
12	22.5	22.3	5
13	22.3	22.4	5
14	22.5	22.5	0

(Sousa, D. P; 2012)

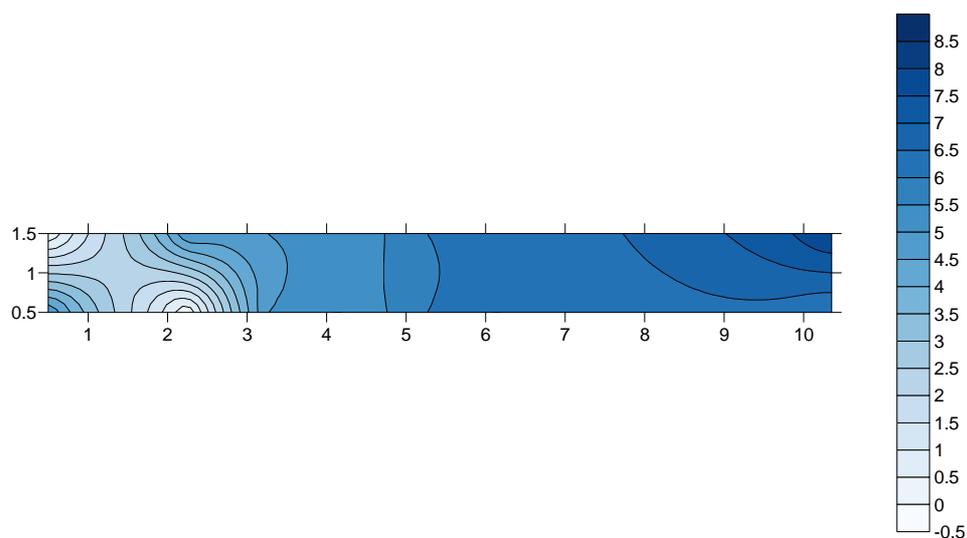


Gráfico 10: Humidade Relativa: ALÇADO NASCENTE

A Humidade relativa do alçado nascente (ESE), apresenta-se com uma variação gradual de valores de Humidade, do lado Sul para o lado Norte, apresentando do lado Sul valores de Humidade relativa que rondam os 0.5% de humidade e do lado Norte valores que se fixam por volta dos 8% de humidade.

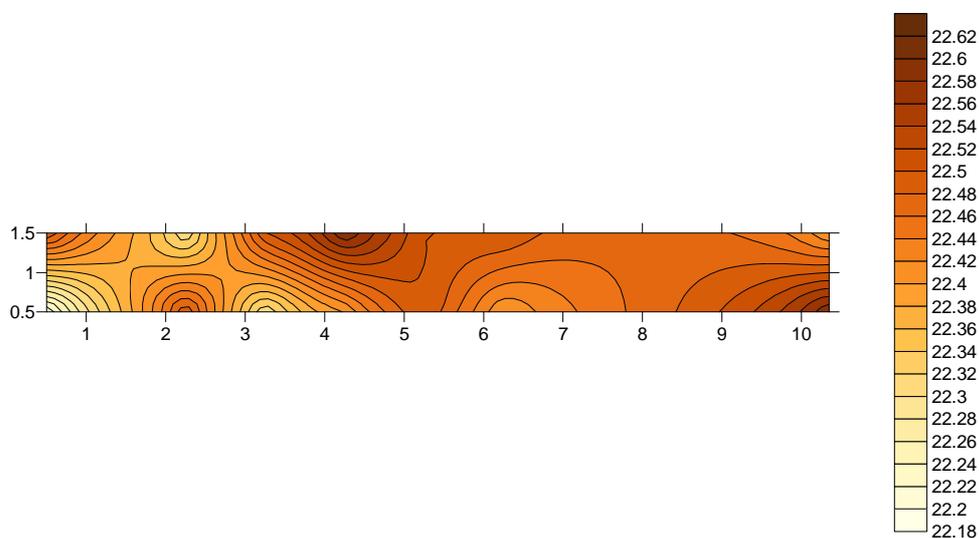


Gráfico 11: Temperatura °C: ALÇADO NASCENTE

A temperatura do ar junto à parede do alçado nascente, apresenta valores muito semelhantes entre pontos, destacando-se que o ponto onde a temperatura é mais alta, é o ponto P11 (22.6°C) e o ponto onde a temperatura é mais baixa é o ponto P7 (22.2°C).

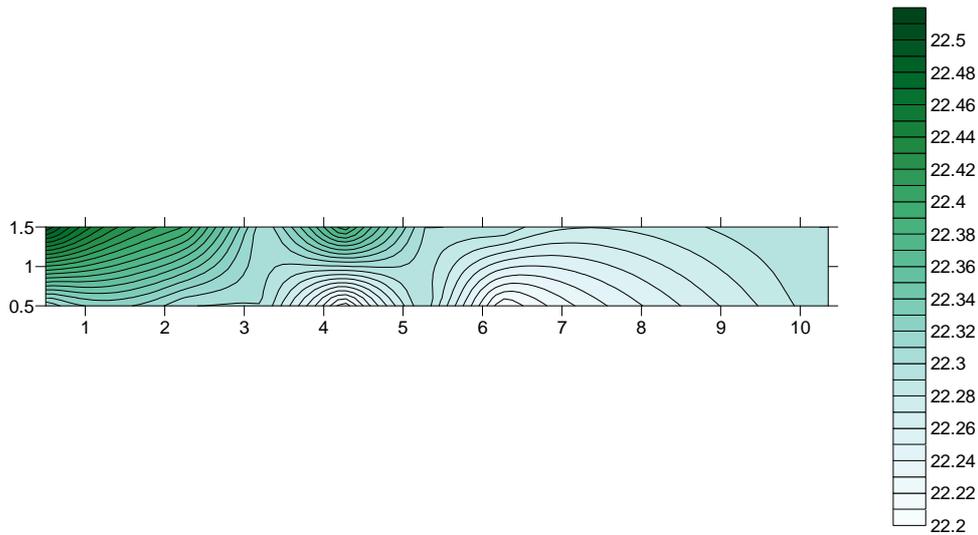


Gráfico 12: Temperatura °C (50cm): ALÇADO NASCENTE

Verifica-se que a temperatura a 50cm da parede, apresenta valores, muito próximos dos valores da temperatura junto à parede, mas verificando-se que os valores mais baixos e mais altos localizam-se em pontos diferentes. Sendo o valor mais baixo localizado nos pontos P2 e P4 (22°C) e o valor mais alto no ponto P14 (22.5°C).

Alçado Sul

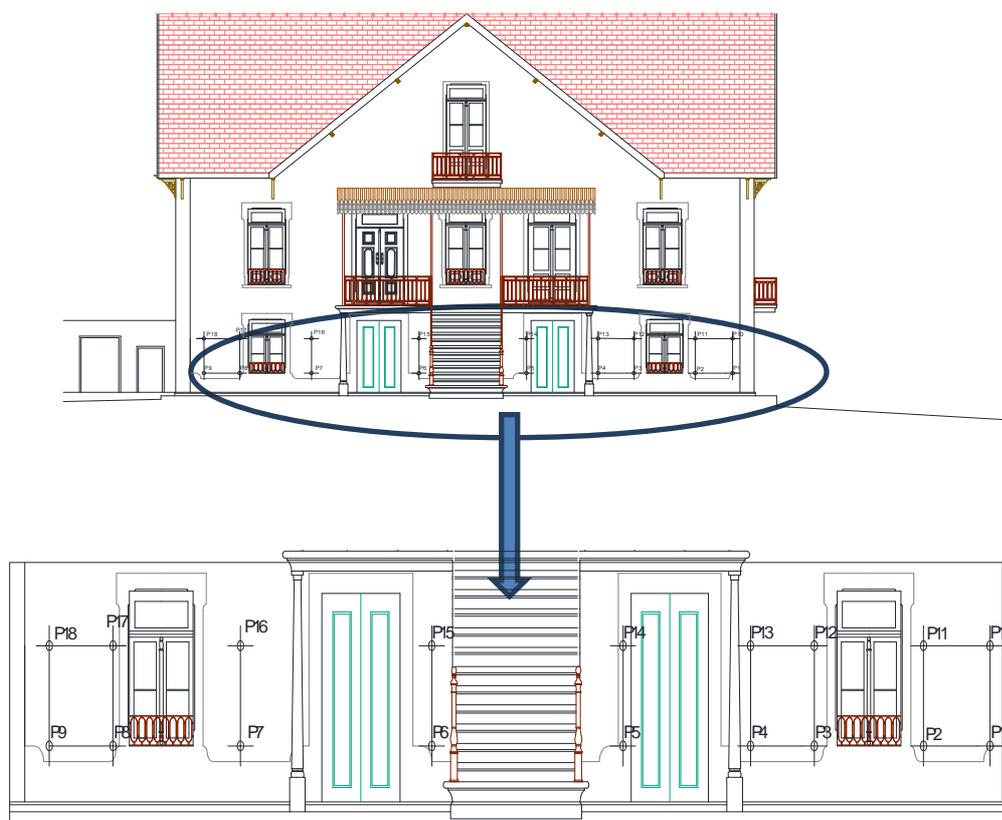


Figura 63: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições Alçado SSW

Quadro 5: Pontos de Medição Alçado Sul

Pontos de Medição	°C	°C a 50cm	% HR
1	22.0	22.0	0
2	22.1	21.9	0
3	21.9	22.0	0
4	21.9	21.9	0
5	21.6	21.7	8
6	21.8	21.9	5
7	21.7	21.7	5
8	22.1	22.1	5
9	22.1	21.9	5
10	22.0	21.9	6
11	22.0	21.8	0
12	22.0	22.0	0
13	22.0	22.0	0
14	21.6	21.7	5
15	21.6	21.7	5
16	21.7	21.7	5
17	22.1	22.0	5
18	21.8	22.0	5

(Sousa, D. P; 2012)

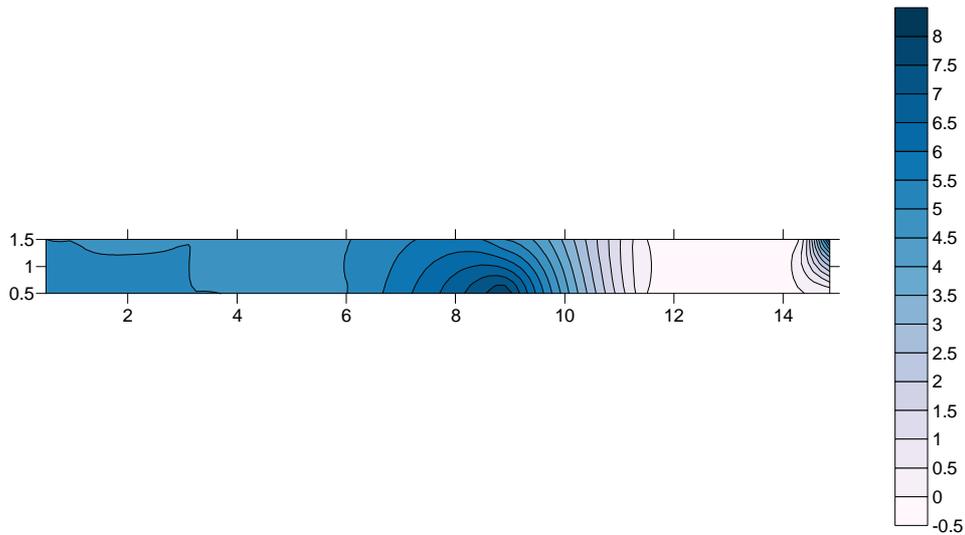


Gráfico 13: Humidade Relativa: ALÇADO SUL

Verifica-se que os valores de humidade relativa no alçado sul, apresentam valores distintos, do lado esquerdo da parede, os valores de humidade relativo são entre 4% e 8% de humidade, já do lado direito da parede os valores aproximam-se de 0% de humidade.

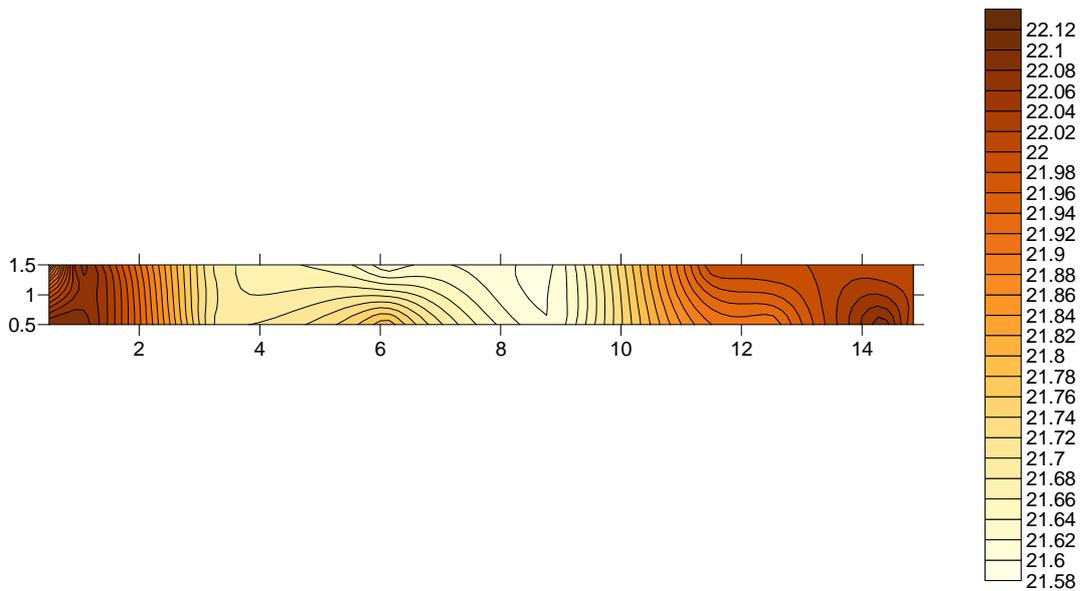


Gráfico 14: Temperatura °C: ALÇADO SUL

No alçado Sul a temperatura junto à parede, apresenta valores muito próximos dos 22°C, sendo que os pontos que apresentam temperaturas mais elevadas são os pontos, P1, P10, P11, P12 e P13 que apresentam todos, temperatura de 22°C, por outro lado os pontos que apresentam temperaturas mais inferiores são os pontos, P5, P14 e P15, que têm temperatura de 21.6°C.

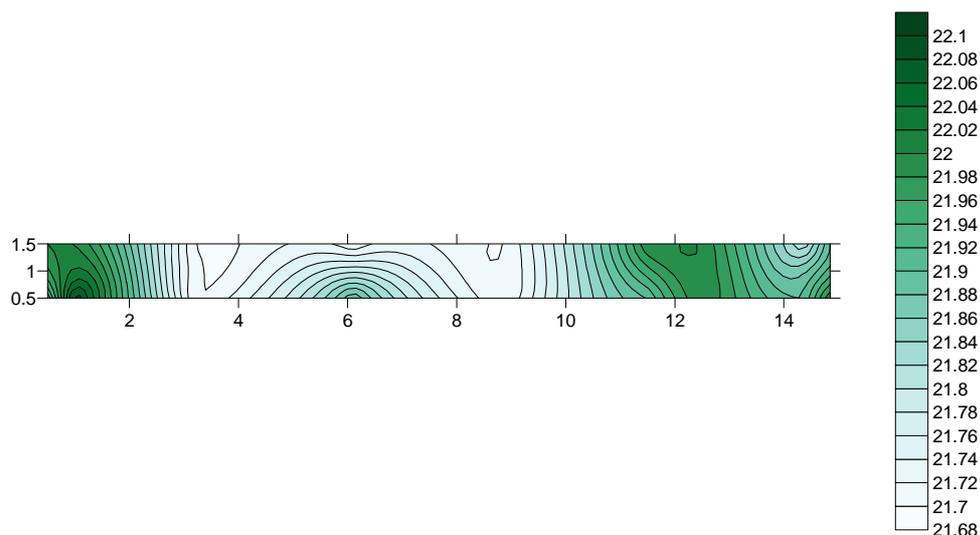


Gráfico 15: Temperatura °C (50cm): ALÇADO SUL

Verifica-se que a temperatura a 50cm da parede, apresenta valores, muito próximos dos valores da temperatura junto à parede, mas verificando-se que os valores mais baixos e mais altos localizam-se em pontos diferentes. Sendo o valor mais baixo localizado nos pontos P5, P7, P14, P15 e P16 (21.7°C) e o valor mais alto no ponto P8 (22.1°C).

Alçado Norte

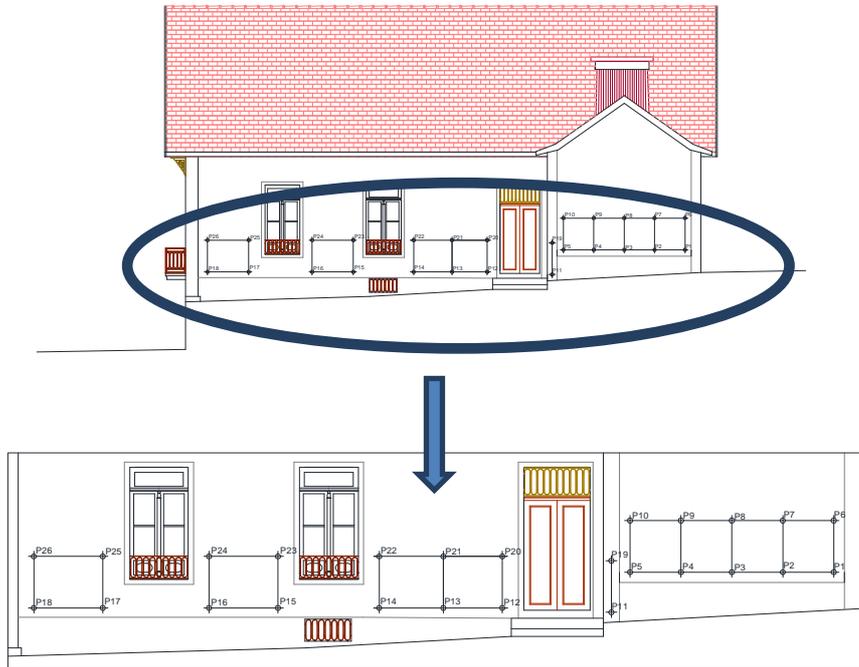


Figura 64: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições Alçado Nordeste

Quadro 6: Pontos de Medição Alçado Norte

Pontos de Medição	°C	°C a 50cm	% HR
1	21.5	21.4	25
2	21.6	21.5	25
3	21.6	21.5	22
4	21.7	21.6	8
5	21.6	21.5	15
6	21.8	21.5	22
7	21.9	21.6	24
8	21.7	21.6	25
9	21.9	21.5	28
10	21.6	21.5	28
11	22.0	22.0	5
12	22.1	22.0	5
13	22.0	21.9	5
14	21.9	21.9	5
15	22.0	21.9	14
16	22.1	22.0	15
17	22.0	22.0	6
18	22.1	22.0	14
19	22.0	21.9	6
20	22.1	22.0	5
21	22.0	22.1	5
22	22.1	22.1	7
23	22.1	22.1	19
24	22.0	22.0	6
25	22.0	22.1	10
26	22.0	22.1	15

(Sousa, D. P; 2012)

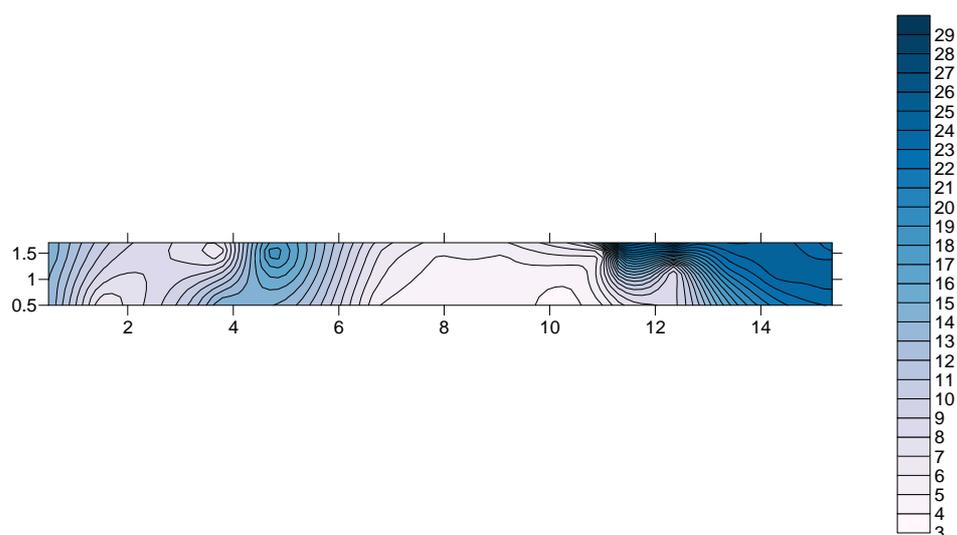


Gráfico 16: Humidade Relativa: ALÇADO NORTE

No alçado norte (NNE) os valores de humidade relativa, na parte mais à direita da parede apresentam valores de humidade relativa mais altos, cassos dos pontos P18 e P17 em que os valores são de 29% de humidade, sendo que todo este lado da parede apresenta valores de humidade com valores entre os 20% e os 28%. A parte mais à esquerda da parede apresenta valores de humidade mais baixos 5% de humidade em quase todos os pontos, exceptuando o ponto P22 que tem 19% de humidade.

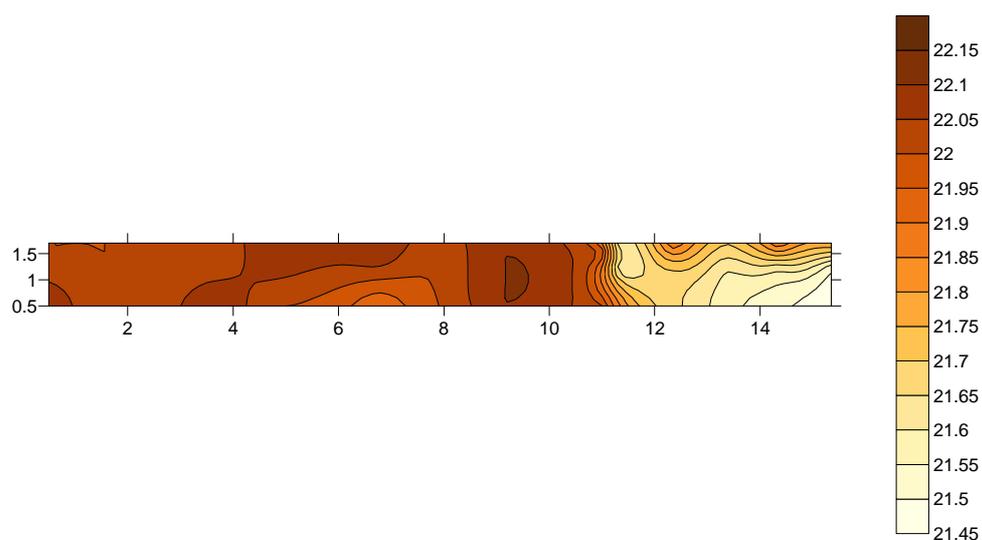


Gráfico 17: Temperatura °C: ALÇADO NORTE

A temperatura do ar junto à parede do alçado norte apresenta valores com algumas diferenças entre os pontos, destacando-se que o ponto onde a temperatura é mais alta, são os pontos P12, P16, P18, P20, P22 e P23 (22.1°C) e o ponto onde a temperatura é mais baixa é o ponto P (21.5°C).

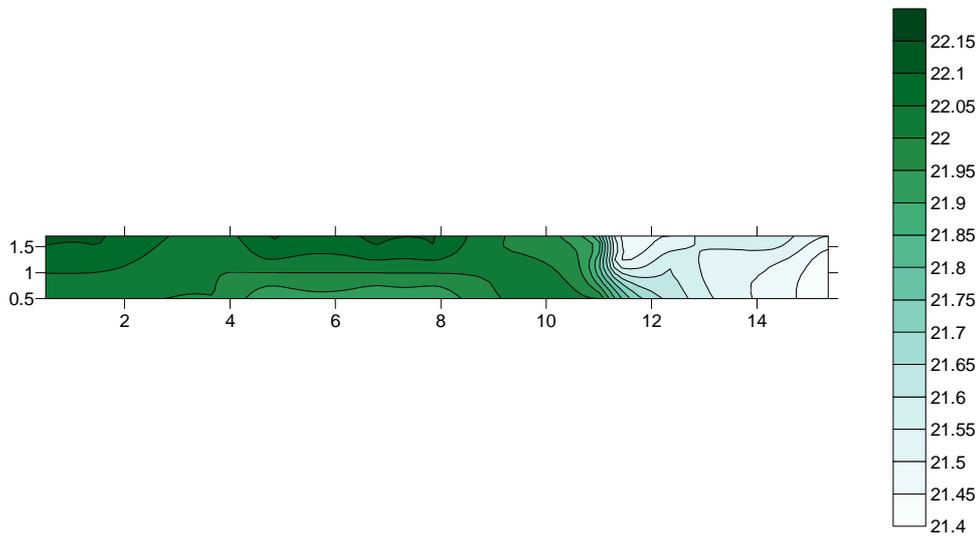


Gráfico 18: Temperatura °C (50cm): ALÇADO NORTE

Quanto à temperatura a 50cm da parede, apresenta valores, verifica-se que os valores mais baixos e mais altos localizam-se em pontos diferentes. Sendo o valor mais baixo localizado no ponto P1 (21.4°C) e o valor mais alto nos pontos P21, P22, P23, 25 e P26 (22.1°C).

Compartmento C2.8

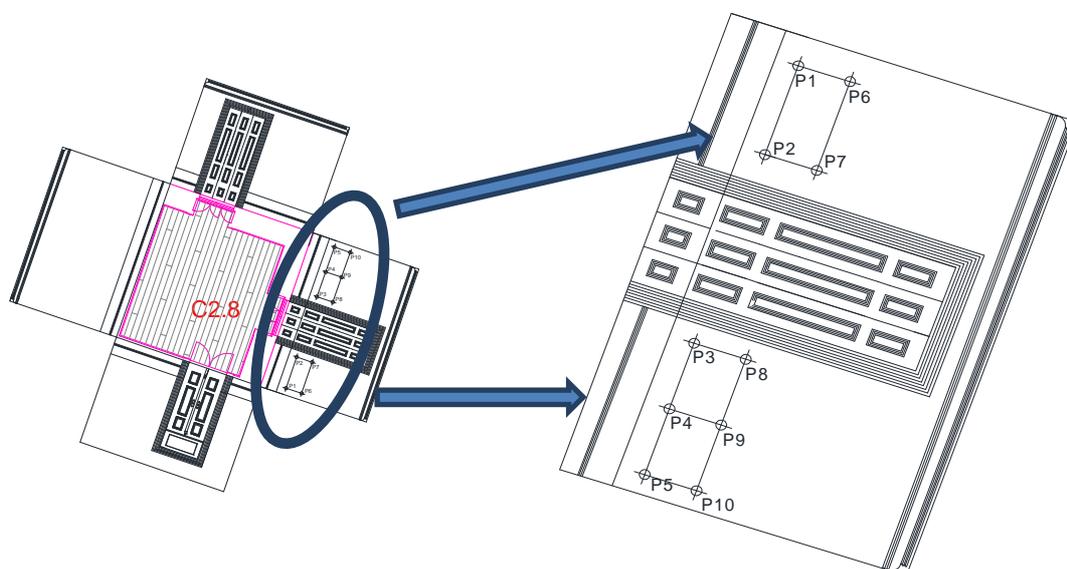


Figura 65: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições compartimento C2.8

Quadro 7: Pontos de Medição Compartmento C2.8

Pontos de Medição	°C	°C a 50cm	% HR
1	22.8	22.8	21
2	22.8	22.7	24
3	23.0	22.9	21
4	23.0	22.9	22
5	22.8	22.9	22
6	22.8	22.9	23
7	23.0	23.0	23
8	22.9	23.0	23
9	22.8	23.0	22
10	23.0	23.0	22

(Sousa, D. P; 2012)

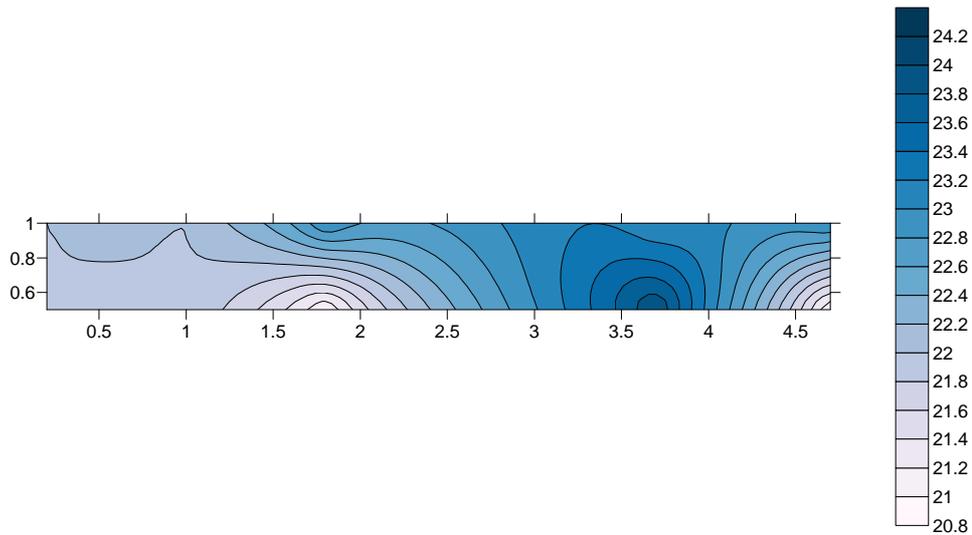


Gráfico 19: Humidade Relativa: COMPARTIMENTO C2.8

A humidade relativa apresenta-se com valores muito próximos uns dos outros, situando-se, entre os 21% e os 24% de humidade. O ponto P2 apresenta o maior valor de humidade, 24% de humidade e o ponto P3 é o ponto que apresenta o valor mais baixo 21% de humidade.

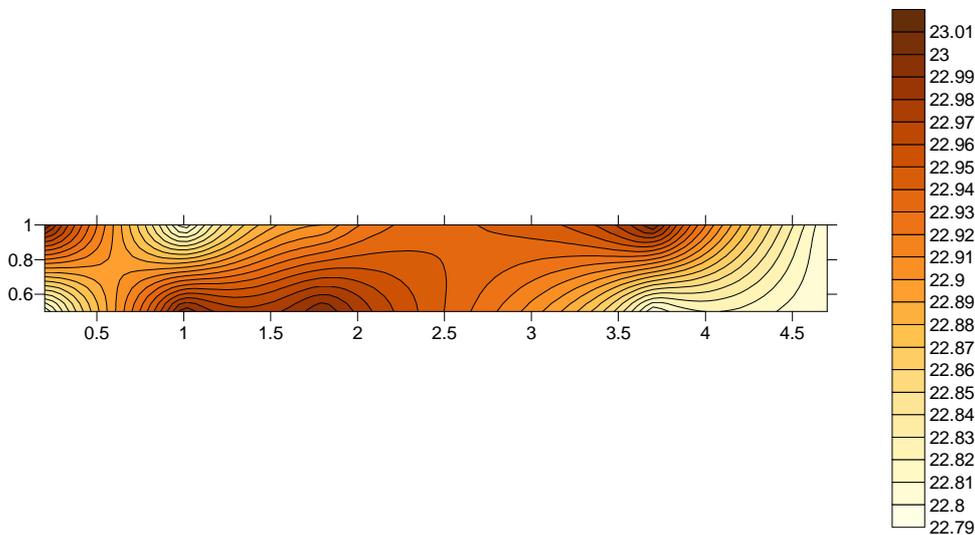


Gráfico 20: Temperatura °C: COMPARTIMENTO C2.8

Pelo gráfico, verifica-se que a temperatura junto à parede apresenta valores muito semelhantes sendo que a diferença entre o ponto de temperatura mais elevada e o ponto de temperatura mais baixa é de apenas 0.2°C, em que o ponto de temperatura

mais alta são os pontos P3, P4, P7 e P10 com 23.0°C e a temperatura mais baixa encontra-se nos pontos P1, P2, P5, P6 e P9 com 22.8°C.

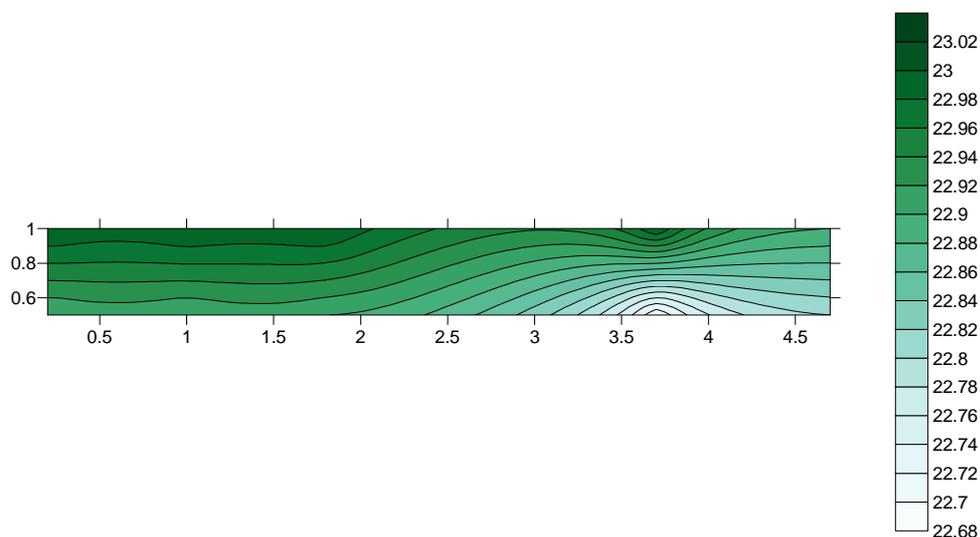


Gráfico 21: Temperatura °C (50cm): COMPARTIMENTO C2.8

Verifica-se que a 50cm da parede a temperatura apresenta valores muito próximos entre os pontos, sendo que os pontos de temperatura mais elevada são os pontos P7, P8, P9 e P10 com 23.0°C e o ponto de temperatura mais baixa é o ponto P2 com temperatura de 22.7°C.

Compartimento C2.2

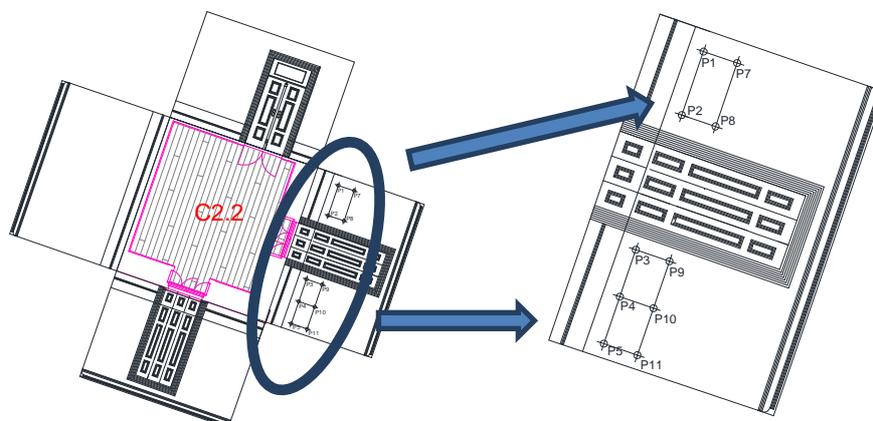
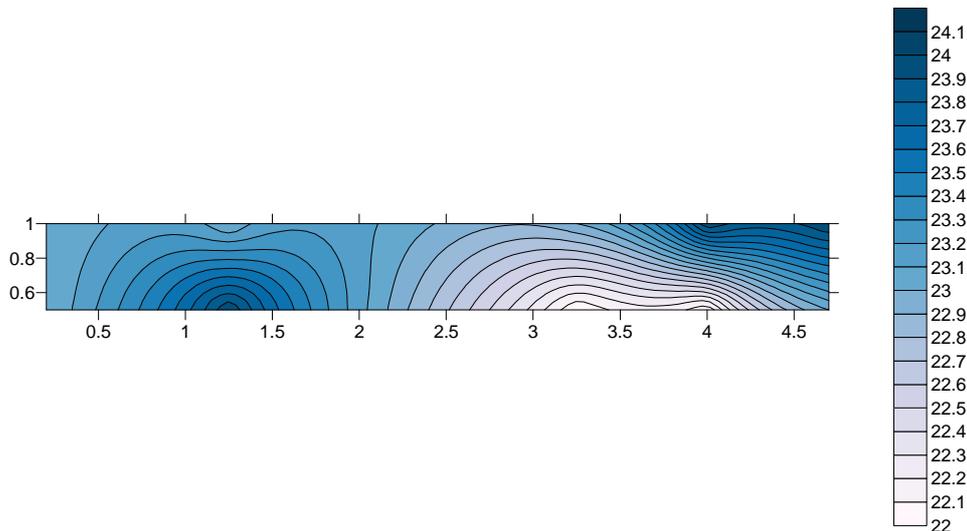


Figura 66- Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições compartimento C2.2

Quadro 8: Pontos de Medição Compartmento C2.2

Pontos de Medição	°C	°C a 50cm	% HR
1	22.8	22.8	23
2	22.8	22.5	24
3	23.0	22.7	22
4	23.0	22.8	22
5	22.8	22.9	23
6	22.8	22.9	23
7	23.0	22.8	23
8	22.9	22.7	23
9	22.8	22.8	24
10	23.0	23.0	24

(Sousa, D. P; 2012)

**Gráfico 22:** Humidade Relativa: COMPARTIMENTO C2.2

Como se verificou no compartimento C2.8, no compartimento C2.2, os valores de humidade relativa apresentam-se com valores muito próximos, som valores entre os 22% e os 24% de humidade. Sendo que o ponto de maior humidade são os pontos P2, P9 e P10, todos com valores de humidade de 24%. Os pontos de menor valor são os pontos P3 e P4, ambos com valor de humidade de 22%.

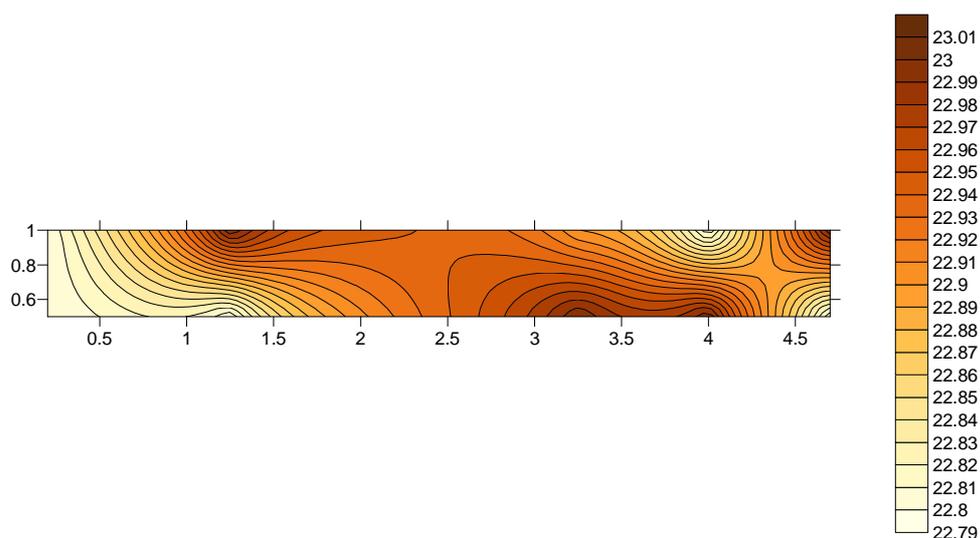


Gráfico 23: Temperatura °C: COMPARTIMENTO C2.2

Verifica-se que a temperatura junto à parede apresenta valores muito semelhantes sendo que a diferença entre o ponto de temperatura mais elevada e o ponto de temperatura mais baixa é de apenas 0.2°C, em que o ponto de temperatura mais alta são os pontos P3, P4, P7 e P10 com 23.0°C e a temperatura mais baixa encontra-se nos pontos P1, P2, P5, P6 e P9 com 22.8°C.

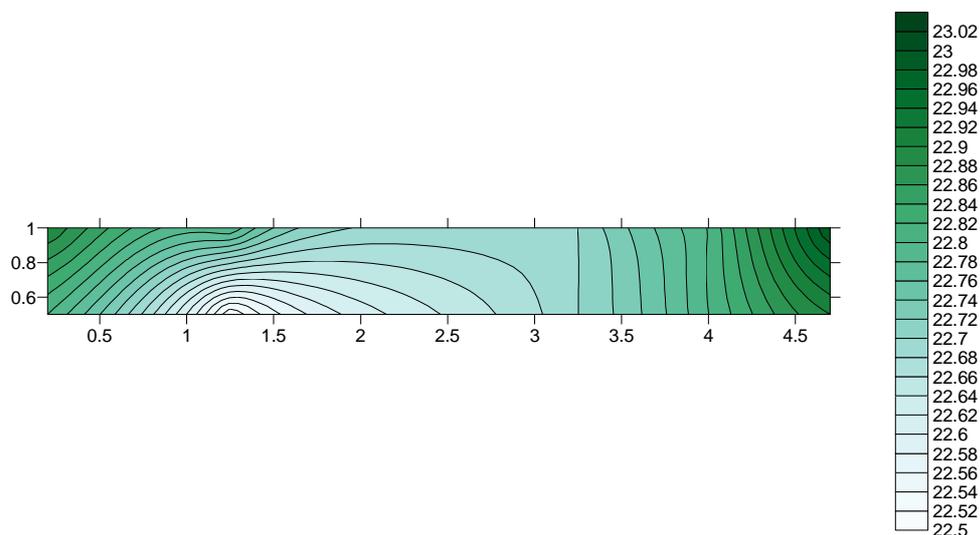


Gráfico 24: Temperatura °C (50cm): COMPARTIMENTO C2.2

Através do gráfico constata-se que a 50cm da parede a temperatura apresenta valores muito próximos entre os pontos, sendo que o ponto de temperatura mais elevada

é o ponto P10 com 23.0°C e o ponto de temperatura mais baixa é o ponto P2 com temperatura de 22.5°C.

Tubo de Karsten

Foram escolhidos três pontos do Alçado Poente (WNW)

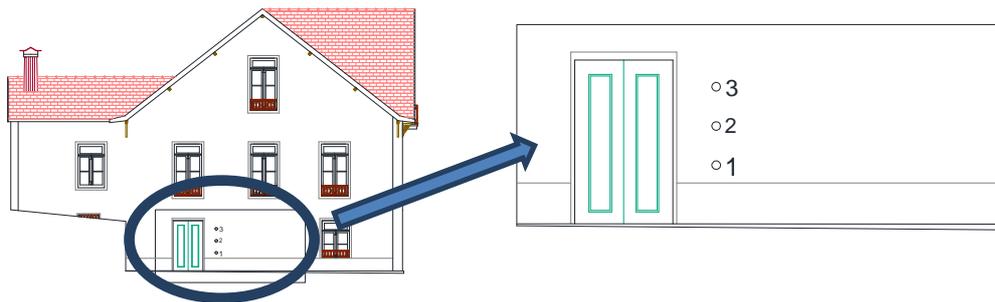


Figura 67: Pontos onde foram efectuados os ensaios

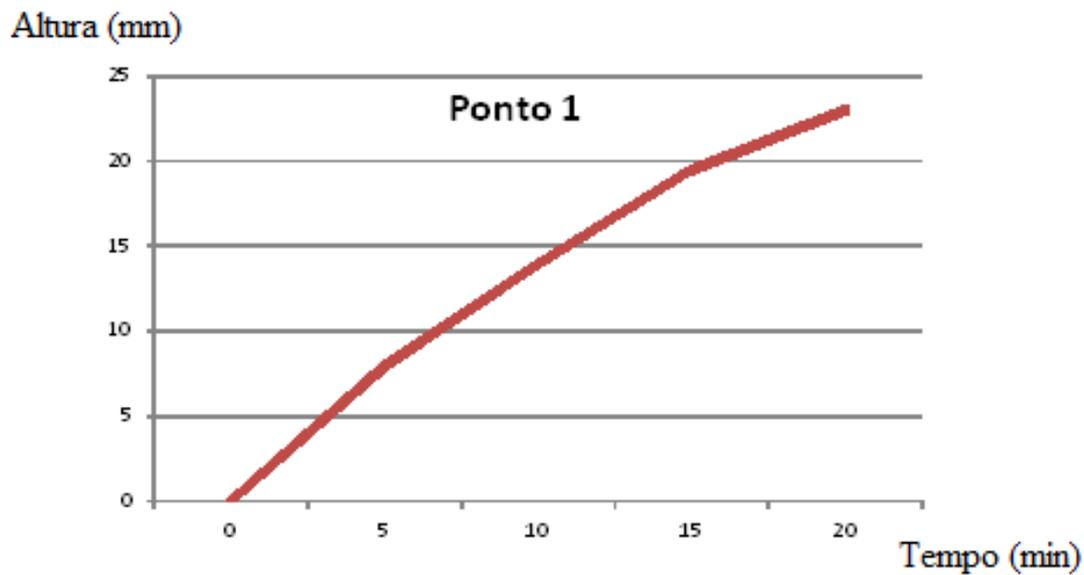


Gráfico 25: Medição Ponto 1

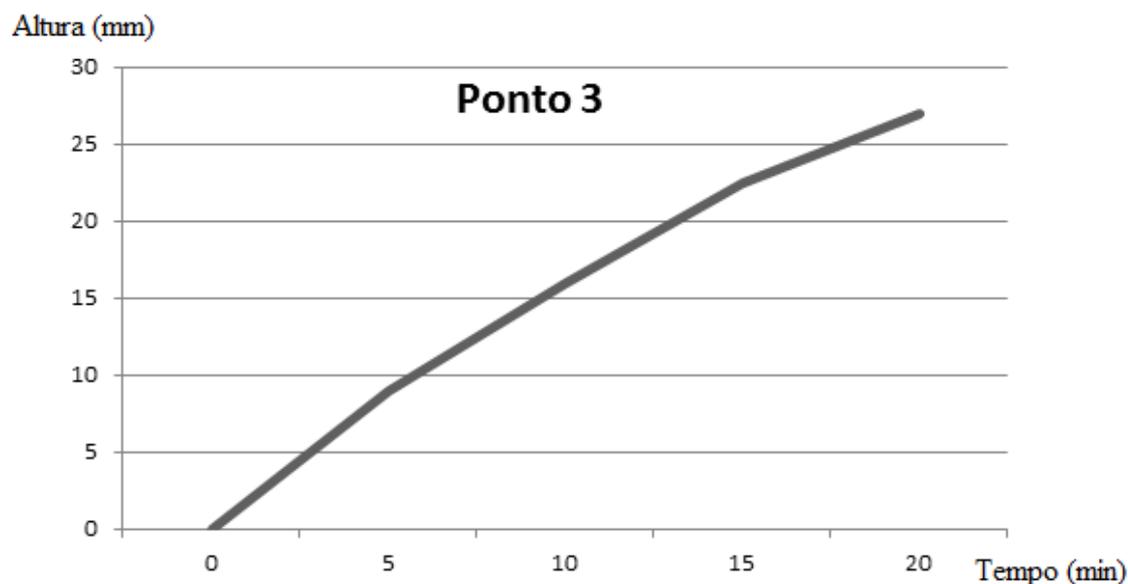


Gráfico 26: Medição Ponto 3

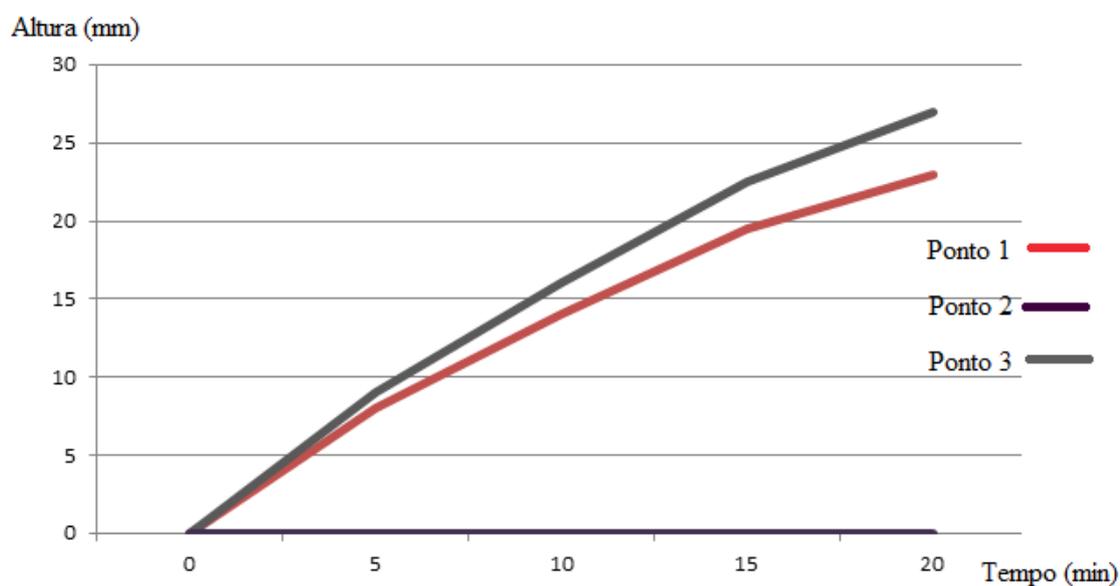


Gráfico 27: Comparação entre pontos os dois pontos

No ponto 3, a infiltração é superior ao ponto 1, este de cota inferior à do ponto 3. Tal pode dever-se ao facto de o material de que é constituída a alvenaria estar mais degradado, a esse nível, devido a derrame de água com origem na rotura de canalização

embutida nesta parte da alvenaria; ao facto de ao nível do ponto 1, se ter aplicado uma argamassa cimentícia, menos permeável que a que foi aplicada no ponto 3, à base de cal e areia. Os valores atribuídos ao ponto 2 estão apresentados segundo uma curva que coincide com o eixo das abcissas, tal deve-se ao facto que nesta zona a parede levar uma pintura impermeável.

4.2.4. Anomalias em cantarias

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Colonização biológica de líquenes, musgos, algas e plantas de maior porte.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Aparecimento de colonização biológica que se instalou e desenvolveu sobre o substrato rochoso do edifício, nas cantarias, cunhais, socos, cornija e molduras dos vãos, que provocam a degradação da pedra.

CAUSA APARENTE

Humidificação dos paramentos pela condensação matinal da água, pelas águas pluviais, salpicos da água da chuva que bate no solo ou nos planos horizontais de cantaria, ausência de dispositivos de recolha e drenagem da água. Esta circulação de água nos paramentos e no interior das alvenarias, por infiltração das águas pluviais ou de rotura de tubagem de água, provoca a dissolução de sais presentes nos materiais componentes da alvenaria, que cristalizam e que, posteriormente, afloram à superfície. A acumulação de água nas paredes e materiais, favorece o desenvolvimento de musgos, líquenes, bactérias, algas e plantas de porte superior. Os líquenes (constituídos por fungo e alga) estabelecem importantes aderências com o substrato. Através do fungo do líquen este fixa-se ao substrato e, através da alga estabelece o fornecimento de água. Os talos liquénicos penetram no substrato lítico, onde provocam destruição. Os ácidos

produzidos pelos fungos contribuem para a deterioração do substrato pétreo. Bactérias produtoras de gesso, com a dissolução do gesso devido à água, podem originar degradação física e posterior cristalização. As raízes das plantas de maior porte, provocam deformação do terreno contíguo ao soco da fachada, devido à absorção de água pelas raízes. Todos estes agentes biológicos incrementam a percolação de água nas fissuras e fracturas, carregando sais que vão reagir e precipitar no substrato, provocando perda de material pétreo de forma irregular da superfície original.

EXAME

Verificação da existência de sistemas de recolha e drenagem de águas pluviais.

Verificação do estado de conservação do revestimento dos paramentos.

Verificação do estado de conservação das tubagens de água e de esgotos [27].



Figura 68: Colonização biológica no Soco



Figura 69: Colonização biológica nos cunhais

4.2.5. Anomalias em sobrados

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Presença de água e seus efeitos sobre os sobrados de madeira.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

A humidade de precipitação afecta as vigas de madeira, a partir de infiltrações que ocorrem através da caixilharia exterior e através das próprias paredes e cobertura. Deste modo, criam-se condições propícias para o desenvolvimento de fungos de podridão, e o ambiente húmido existente favorece também, com as alternâncias de temperatura, a proliferação dos ataques de insectos xilófagos, em particular térmitas e carunchos.

CAUSA APARENTE

Pela natureza destas infiltrações, sofrem particularmente as zonas das vigas mais próximas da envolvente do edifício, ou seja, as “entregas” dos vigamentos de madeira nas paredes resistentes.

EXAME

Verificação do estado de conservação, por inspecção visual “*in situ*”; utilização do humedímetro para medição do teor em água em toda a área do madeiramento [28].

4.2.6. Anomalias em tabiques e tectos de fasquio estucado

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Deformação excessiva e fendilhação.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Verificação de deformações dos tectos e fendilhações.

CAUSA APARENTE

As deformações excessivas justificam-se pela falta de rigidez da estrutura dos tectos e a fendilhação pode estar associada a essa deformação, mas pode também ser devido à incapacidade de os tectos acompanharem a deformação das estruturas de pavimento, a vibrações estruturais ou a fenómenos de retracção de massas de gesso.

EXAME

Verificação do estado de conservação do tecto de gesso aplicado sobre o fasquiado de madeira [29].

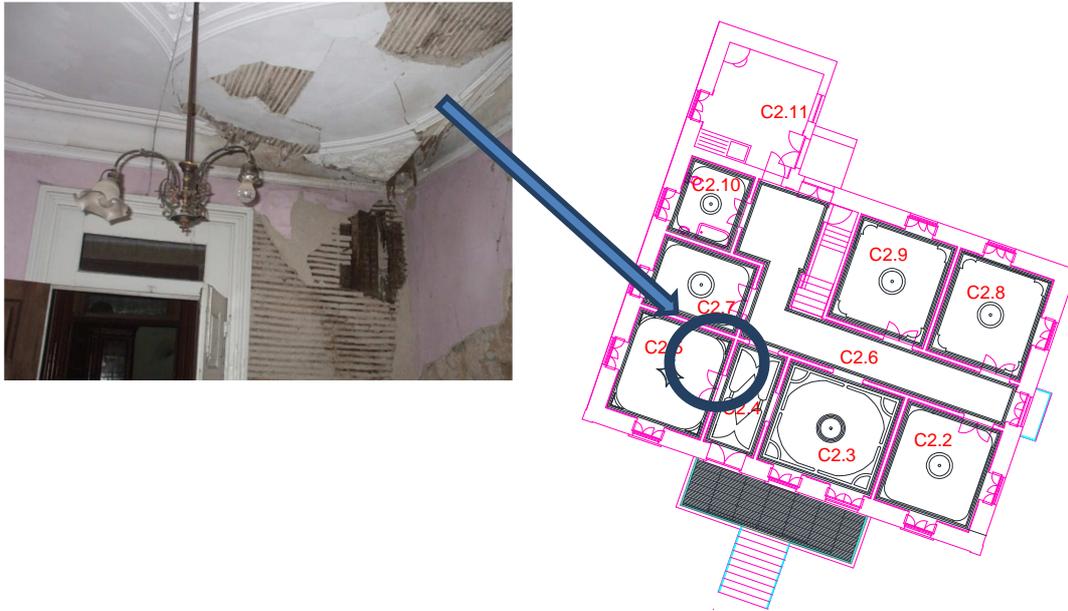


Figura 70: Anomalias nos elementos de tabique e tecto de fasquio estucado (C2.5)

4.2.7. Anomalias em tectos

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Deterioração da madeira.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

A acção dos insectos xilófagos, entre os quais as diferentes espécies de carunchos (*anobium pumtadm*, *hylotrupes bajulus*) e térmitas (*reticulitermes lucifugus*); os fungos de podridão, seca e húmida, têm igualmente uma importância evidente.

CAUSA APARENTE

A forma como se processou o ataque da madeira depende das condições de humidade e temperatura, sendo particularmente severo na sequência de infiltrações de água que humidifica a construção e os elementos de madeira.

EXAME

Verificação do estado de conservação do tecto, por inspecção visual “in situ”.

[30]

Humidade Relativa nas Vigas do Tecto do Andar Térreo

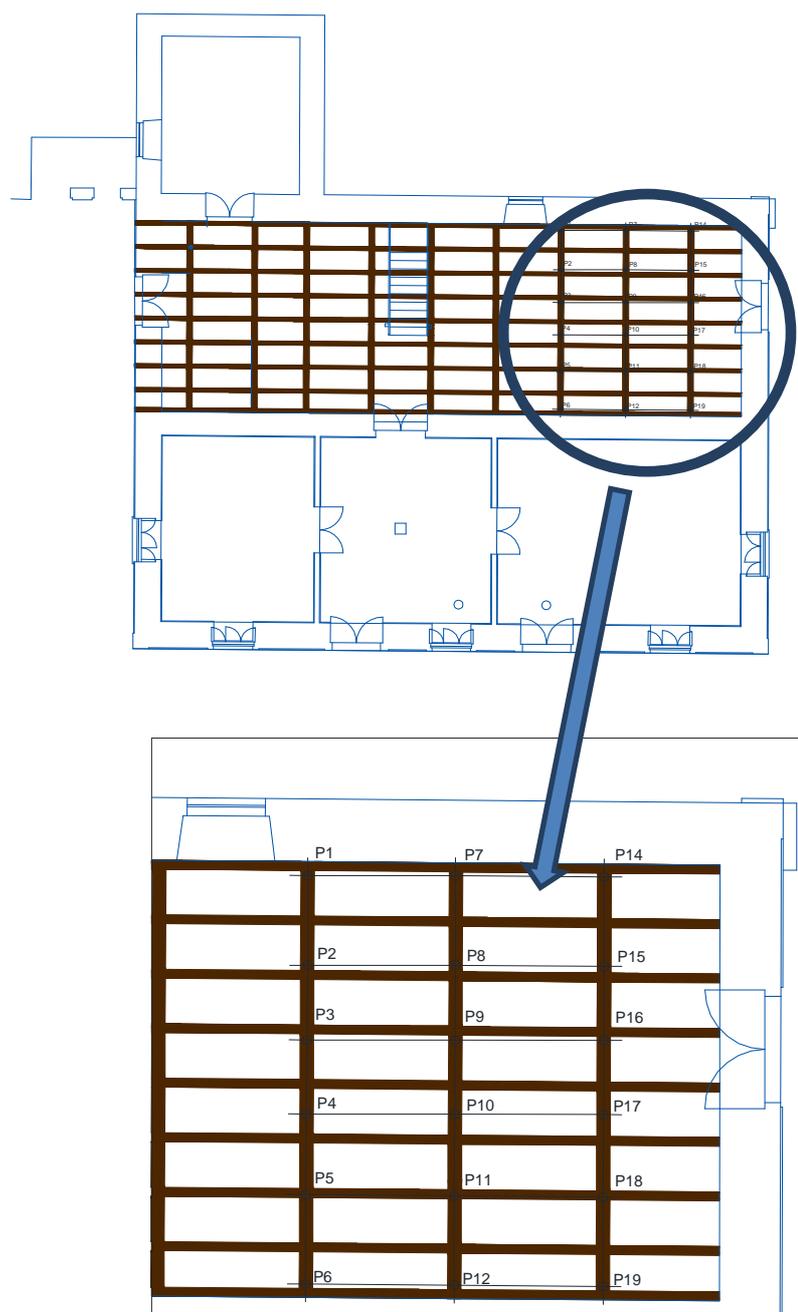
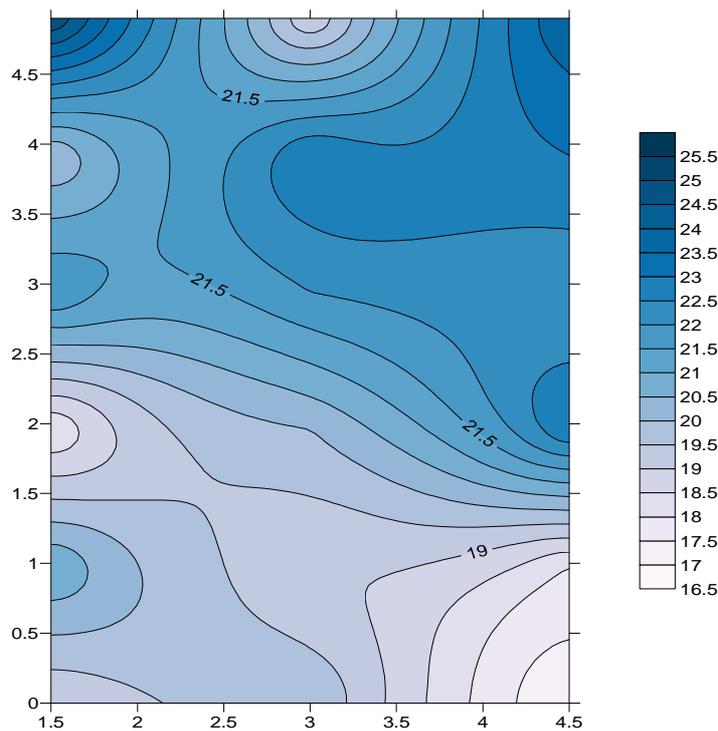


Figura 71: Rede espacial dos pontos onde foram efectuadas as medições tecto piso térreo (C1.4)

Quadro 9: Pontos de Medição

Pontos de Medição	% HR
1	24
2	23
3	22
4	23
5	18
6	17
7	19
8	23
9	22
10	20
11	19
12	20
14	25
15	20
16	22
17	18
18	21
19	19

**Gráfico 28:** Humidade Relativa, VIGAS DO TECTO DO ANDAR TÉRREO

Verifica-se que a humidade relativa apresenta valores relativamente distintos entre os pontos, em que o ponto P14 tem o maior valor de humidade relativa, de 25% HR. Este valor máximo de humidade relativa deve-se à correspondência com a entrega da viga na alvenaria numa zona em que, no paramento exterior é humidificada pelo

terreno adjacente e, no paramento interior é humidificada pela humidade de condensação numa área de ar estagnado, junto ao canto NE da adega. O ponto onde a humidade relativa é mais baixa é o ponto P6 que tem um valor de humidade relativa de 17% HR. Este ponto corresponde à entrega da viga numa alvenaria interior que atravessa longitudinalmente o meio da casa, no andar térreo.

4.2.8. Anomalias em estrutura de madeira das coberturas

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Perda de perfeição geométrica.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Esta cobertura com telhado em telha, a perda da perfeição geométrica conduz à abertura de juntas entre as telhas, reduzindo-se o efeito da sobreposição entre telhas consecutivas.

CAUSA APARENTE

A água da chuva batida pelo vento encontra um percurso mais facilitado, sendo possível que a pressão devida ao vento passe a ser suficiente para que a água vença o desnível entre os bordos das telhas sobrepostas.

EXAME

Verificação do estado de conservação da cobertura. [31]



Figura 72: Abertura de juntas e infiltração através das telhas

4.2.9. Anomalias em escadas

As escadas de edifícios antigos, são predominantemente executadas em madeira, o que é o caso deste edifício.

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Processo de envelhecimento do material.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Desgaste dos degraus e patins.

CAUSA APARENTE

Podendo ser provocado por acções de choque acidental, transporte de móveis, por exemplo, podendo contribuir para a danificação deste elemento de construção, como faz parte das zonas comuns de habitação, estará também sujeito à prática de vandalismo. O desgaste deve-se à usura do material.

EXAME

Verificação do estado de conservação das escadas [32].

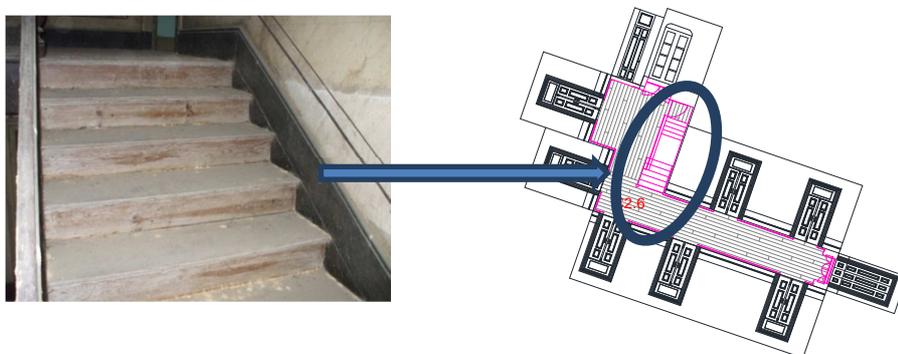


Figura 73: Escadas

4.2.10. Anomalias em revestimentos e acabamentos



Figura 74: Destacamento do reboco da fachada Nascente (ESE)

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Remoção da caiçã, destacamento do reboco e revestimento exterior da parede constituído por argamassa cimentício, impermeável à água da chuva e ao vapor de água retido no interior da alvenaria.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Lavagem da caição das fachadas pelas águas da chuva. A pouca durabilidade da caição em conjunto com a falta de fixante durante a sua aplicação, torna-a susceptível à sua remoção pela água da chuva e isto deve-se ao facto de a caição se basear em sais solúveis em água e de esta ter pouca resistência. Destacamento do reboco numa área significativa da fachada Nascente (ESE).

CAUSA APARENTE

Escorrimento de água pelas fachadas, devido à inexistência de um sistema de recolha e drenagem das águas pluviais. Recurso a reboco de cimento que conduz à formação de eflorescências e cripto-florescências e conseqüente destacamento da argamassa. Recurso a tintas de cal sem aditivos que melhorem a sua fixação à base e aumentem a resistência à acção da água da chuva. Falta de acções de manutenção periódicas. O facto de a fachada ESE apresentar uma área significativa de reboco destacado pode estar associado ao vento do quadrante Leste que é um dos mais frequentes e é bastante quente e seco nesta região, contribuindo para a acção dos sucessivos ciclos de molhagem e secagem da água da chuva e da geada agravando o processo de cristalização de sais na interface entre a argamassa cimentícia e o substrato constituído pela alvenaria de suporte.

EXAME

Verificação da existência de sistemas de recolha e drenagem de águas pluviais. Análise laboratorial das argamassas de revestimento [33].

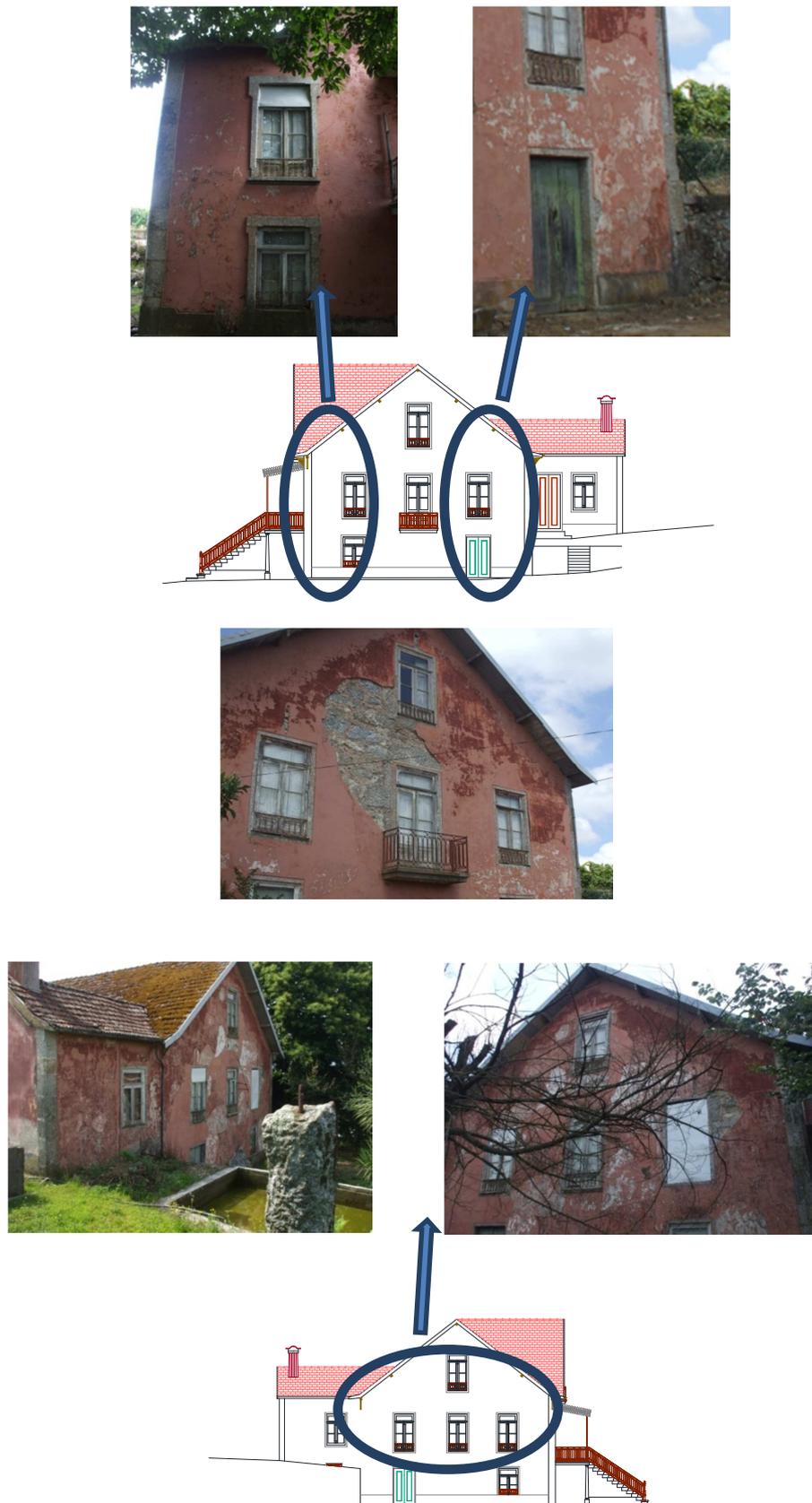


Figura 75: Destacamento do reboco e revestimento exterior das paredes nascente e poente

4.2.11. Anomalias em caixilharias

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Acção da Humidade

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Trata-se de elementos sensíveis devido a sua localização no edifício, expostos à acção directa da radiação solar e das chuvas batidas pelo vento. No que se refere à humidade nas caixilharias de madeira, destaca-se essencialmente a humidade de precipitação e também a humidade de condensação, que ocorre na superfície interior das vidraças, durante o Inverno, escorrendo e atingindo os aros e caixilhos.

A humidade é causa de deterioração da madeira da caixilharia, porque favorece o ataque de fungos e insectos, por deficiência de estanquidade da caixilharia afectando a sua funcionalidade.

CAUSA APARENTE

O envelhecimento dos materiais constituintes da caixilharia e dos seus revestimentos e acabamentos, associados a falta de manutenção periódica, explicam o grau de degradação que se pode observar.

EXAME

Verificação do estado de conservação das caixilharias [34].

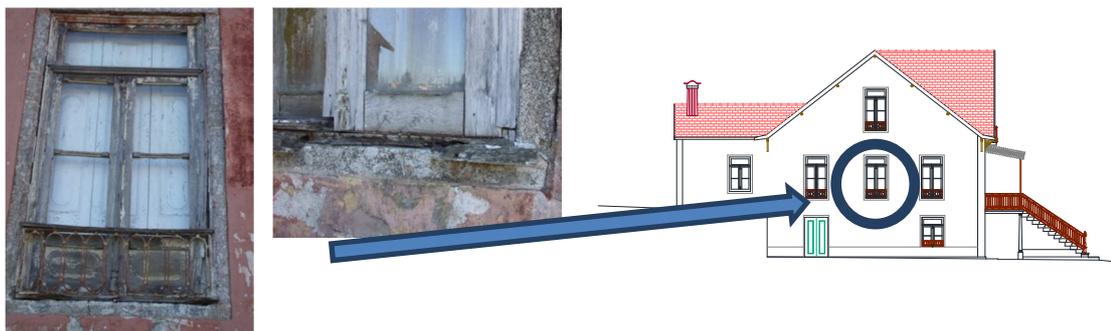


Figura 76: Caixilharias com anomalias

4.2.12. Anomalias em elementos de ferro

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Corrosão, oxidação dos metais e ligas de ferro.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

A oxidação para se desenvolver, necessita de certas condições, nomeadamente da presença de água e oxigénio, podendo ser acelerada pela presença de outros elementos.

CAUSA APARENTE

Quando ocorre a oxidação dá origem a uma grande expansão, ou seja, o elemento metálico aumenta de volume, o que tem como consequência fenómenos como, empolamento da pintura, diminuição da secção do perfil metálico e rotura da pedra de cantaria em que está fixado.

A formação dos óxidos metálicos, do óxido de ferro, faz-se portanto à custa do material do próprio elemento, o que significa que há uma perda de metal que se traduz na redução das capacidades resistentes.

EXAME

Verificação do estado de oxidação dos elementos de ferro[35].

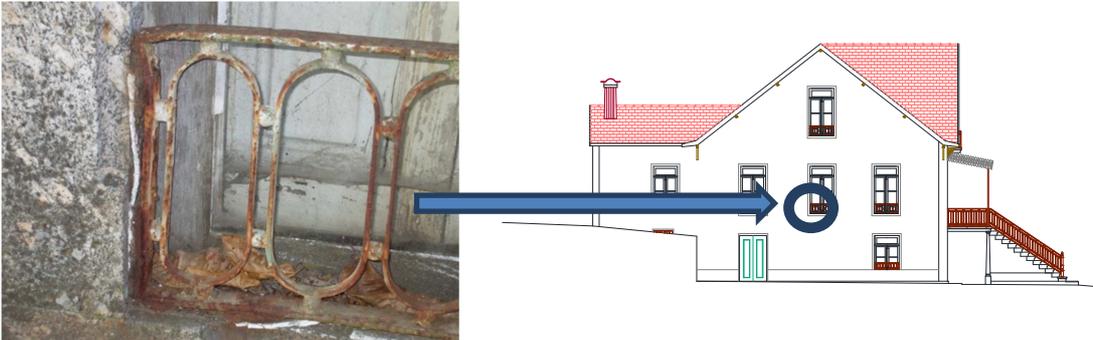


Figura 77: Elementos em ferro com anomalias

4.2.13. Anomalias em sistemas e instalações

4.2.13.1. Anomalias na rede de abastecimento de água

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Perda de estanquidade da água, nas tubagens e nas ligações

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

O envelhecimento e a corrosão dos materiais deram origem a roturas

CAUSA APARENTE

As roturas são devidas a perfurações acidentais, não reparadas ou deficientemente corrigidas, e a tracções nas tubagens associadas a movimentos das

paredes em que essas canalizações se inserem, por exemplo, na sequência de assentamentos diferenciais em fundações.

EXAME

Verificação do estado de conservação da rede de abastecimento de água [36].

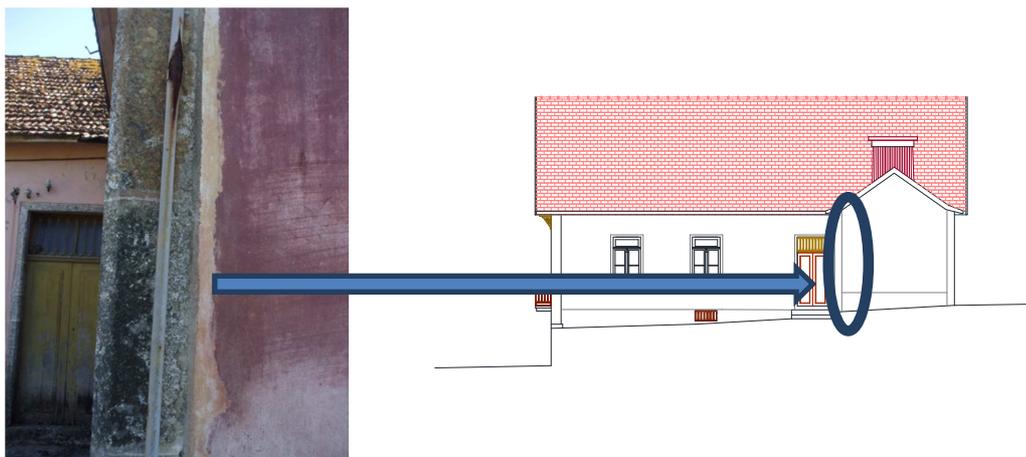


Figura 78: Anomalias no abastecimento de água

4.2.13.2. Anomalias na instalação eléctrica

IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

Rede incipiente e obsoleta.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Não tem em conta as exigências de segurança das instalações e de protecção dos habitantes do edifício.

CAUSA APARENTE

A sobrecarga das instalações eléctricas traduz-se no sobreaquecimento dos condutores, com calibre insuficiente, acompanhado da deterioração do seu sistema de protecção, com interrupções do fornecimento de energia por accionamento dos dispositivos de protecção previstos.

A ausência de dispositivos de protecção ou a sua adulteração e viciação podem contribuir para o agravamento desta situação e facilitar até a ocorrência de incêndios.

EXAME

Verificação do estado de conservação da rede de instalação eléctrica. [36]

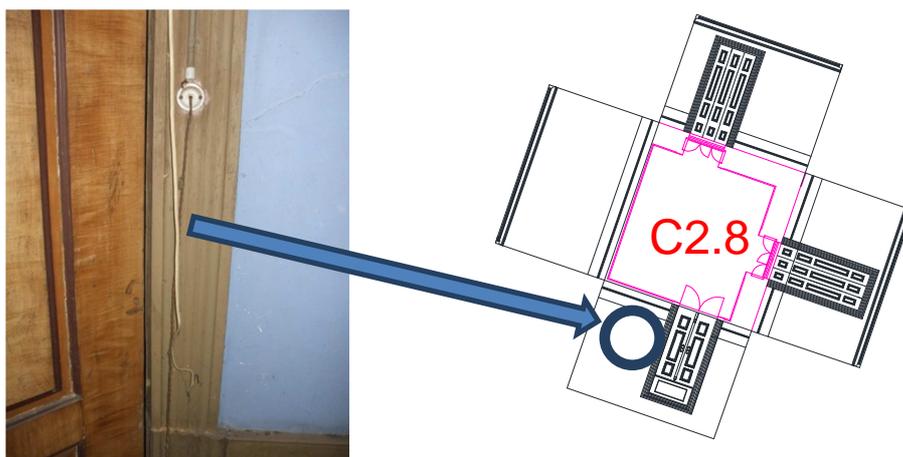


Figura 79: Instalação Eléctrica

4.2.14. Relatório conclusivo das anomalias registadas no edifício

Verificou-se que os principais problemas construtivos existentes no edifício, devem-se à presença e à circulação de água e humidades no interior das alvenarias e por infiltração através da cobertura, não se registando problemas de natureza estrutural.

Os pontos do edifício de maior acumulação de humidade, encontram-se nas paredes de encosto de terras, voltadas a NNE e a WNW, onde existem tanques de água

próximos do edifício, o que pode ser indício da existência de um lençol de água nessa zona. Os pontos críticos dessas duas paredes, coincidem com os compartimentos mais húmidos da casa, que correspondem a zonas de águas da casa, ou seja, o lagar no andar térreo, a instalação sanitária e a cozinha no 1º andar. Os valores de humidade mais elevados registam-se no 1º andar, o que leva a concluir que a rotura de tubagem de águas está na origem principal de infiltrações de água nas alvenarias, nesses pontos do edifício. O estado de degradação dos tectos do 2º andar de ripado de madeira e do tecto e tabiques de fasquio estucado do 1º andar (C2.5) indiciam infiltrações de águas pluviais pela cobertura. Aliás, esta apresenta as superfícies onduladas, causadas pela fluência da madeira, como se pode ver pela deformação das pernas das asnas, do pau de fileira, das madres, das varas e das ripas. Existem membros da estrutura de madeira da cobertura que evidenciam manchas de humidade. Esta situação propicia a abertura das juntas entre as telhas, favorecendo as infiltrações de água para o interior do edifício, atingindo tectos subjacentes e paredes de apoio, tanto as resistentes, como os tabiques. Convém referir que esta zona do edifício está mais exposta ao vento intenso de NW que sopra nesta região. A parede nordeste semi-enterrada da adega manifesta sintomas de infiltração lateral da água, por pressão hidroestática. Os topos das vigas do tecto da adega, que estão encastrados nesta parede apresentam, junto à parede, os valores mais elevados de humidade. Contudo, todas as vigas de madeira da adega têm sinais de humidade e de podridão, devido à humidade de condensação própria dum espaço confinado, deficientemente ventilado, com apenas três vãos, duas portas em paredes opostas, para promover alguma ventilação transversal, e uma pequena fresta alta, na parede de encosto de terras. Humidificação dos paramentos pela condensação matinal da água, pelas águas pluviais, salpicos da água da chuva que bate no solo ou nos planos horizontais de cantaria, ausência de dispositivos de recolha e drenagem da água. Esta circulação de água nos paramentos e no interior das alvenarias, por infiltração das águas pluviais ou de rotura de tubagem de água, provoca a dissolução de sais presentes nos materiais componentes da alvenaria, que cristalizam e que, posteriormente, afloram á superfície. A acumulação de água nas paredes e materiais, favorece o desenvolvimento de musgos, líquenes, bactérias, algas e plantas de porte superior. Os líquenes (constituídos por fungo e alga) estabelecem importantes aderências com o substrato. Através do fungo do líquen este fixa-se ao substrato e, através da alga estabelece o fornecimento de água. Os talos liquénicos penetram no substrato lítico, onde provocam destruição. Os ácidos produzidos pelos fungos contribuem para a deterioração do

substrato pétreo. Bactérias produtoras de gesso, com a dissolução do gesso devido à água, podem originar degradação física e posterior cristalização. As raízes das plantas de maior porte, provocam deformação do terreno contíguo ao soco da fachada, devido à absorção de água pelas raízes. Todos estes agentes biológicos incrementam a percolação de água nas fissuras e fracturas, carregando sais que vão reagir e precipitar no substrato, provocando perda de material pétreo de forma irregular da superfície original. Escorrimento de água pelas fachadas, devido à inexistência de um sistema de recolha e drenagem das águas pluviais provocam remoção do reboco das paredes. O facto de a fachada ESE apresentar uma área significativa de reboco destacado pode estar associado ao vento do quadrante Leste que é um dos mais frequentes e é bastante quente e seco nesta região, contribuindo para a acção dos sucessivos ciclos de molhagem e secagem da água da chuva e da geada agravando o processo de cristalização de sais na interface entre a argamassa cimentícia e o substrato constituído pela alvenaria de suporte.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DOS ESTUQUES

5.1. CARBONATAÇÃO DA CAL

Fornos de Calcinação

A Calcinação da pedra calcária para a produção da cal, pode efectuar-se em instalações rudimentares ou ao ar livre. Na Calcinação ao ar livre, em fornos de campanha, faz-se a escavação de um poço no terreno e acumula-se os fragmentos de calcário no seu interior, formando o volume de uma fornalha na sua parte interior. As pedras maiores são colocadas em forma de abóbada e o resto é cheio com pedras de menor dimensão. O combustível normalmente utilizado é a lenha.

Na calcinação ao ar livre por camadas, faz-se uma escavação de um metro no chão, em forma de tronco de cone invertido, de cerca de cinco metros de diâmetro na base superior e um metro na base inferior. Colocam-se camadas horizontais alternadas de carvão vegetal e pedras calcárias, de forma que o carvão vá diminuindo de espessura de baixo para cima e a pedra calcária ao contrário, como se verifica na figura 79 [37].

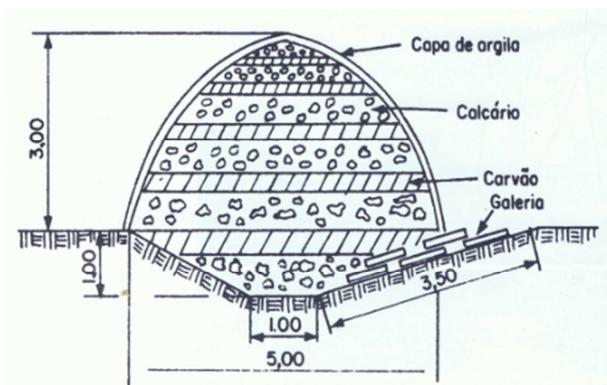


Figura 80: Forno de campanha para cal (A Cal na Construção)

Forma-se um volume de cerca de três metros de altura, em forma troncocónica, que é coberto por uma camada de barro, areia e palha, de cerca de seis centímetros de espessura, de modo a evitar a perda de calor. Acende-se o fogo e a calcinação dura uma semana. Finalmente, depois de arrefecido, separa-se a cal viva das cinzas. A calcinação do calcário pode também ser feita com recurso a fornos intermitentes. Estes são geralmente feitos em tijolo e compreendem normalmente três regiões: a “*casa*”, o “*estomago*” e a “*chaminé*”. Os fornos intermitentes têm uma secção circular de cinco metros de altura, em forma oval, tanto na horizontal como na vertical. A casa é formada por uma abóbada com as pedras mais grossas e o resto é cheio com pedra calcária esmagada. O combustível normalmente utilizado é a lenha, sendo que o processo de calcinação dura de três a quatro dias, de acordo com a capacidade do forno (figura 80) [37].

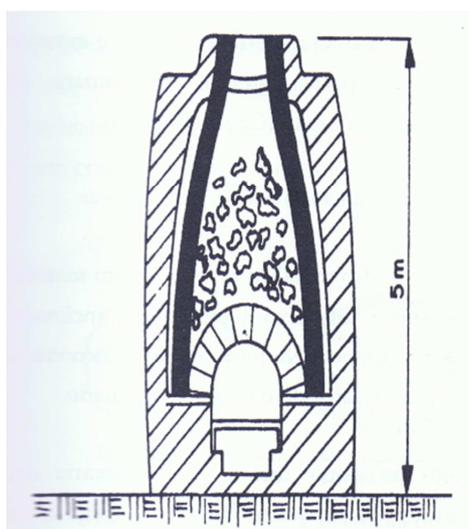


Figura 81: Forno intermitente (A Cal na Construção)

Este tipo de forno apresenta os mesmos inconvenientes que os fornos de campanha, especialmente no que se refere ao trabalho intermitente, que obriga a um maior consumo de combustível e mais mão-de-obra que é necessária para a calcinação em fornos contínuos. A capacidade destes fornos varia entre seis e até mais de cinquenta toneladas.

A calcinação dos calcários pode ainda ser levada a cabo em fornos contínuos, verticais ou horizontais. Dentro dos primeiros ainda existe uma diferença, tendo em conta os diferentes tipos de combustíveis a utilizar. Assim, podem ser de chama curta quando é utilizado, por exemplo o carvão-coque, ou são de chama longa quando utilizam a lenha como combustível (figura 80) [37].

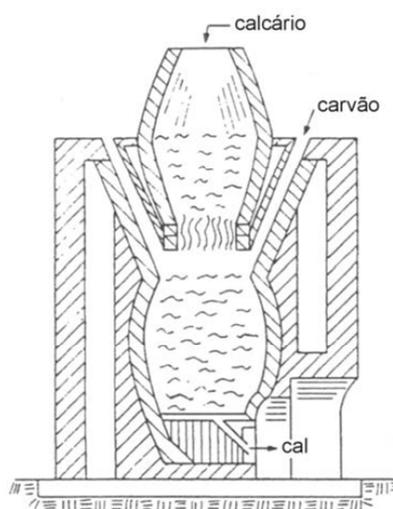


Figura 82: Forno contínuo vertical a carvão (A Cal na Construção)

Este tipo de forno consta de duas câmaras sobrepostas, sendo o calcário alimentado pela abertura junto à chaminé superior e o combustível introduzido no estrangulamento entre as duas câmaras, onde se processa a combustão. O arrefecimento do material ocorre na câmara inferior onde o ar necessário a combustão é aquecido, com melhoria evidente para o rendimento térmico. O material calcinado é extraído pela parte inferior da câmara de arrefecimento.

Os fornos rotativos constam de um cilindro metálico revestido com material refractário e rodam lentamente sobre um eixo ligeiramente inclinado recolhendo o calcário pela sua parte superior. Na parte inferior encontra-se um maçarico de aquecimento por onde é retirado o material calcinado. Estes fornos têm a desvantagem

de exigir que a pedra calcária seja antecipadamente reduzida a grãos de pequena dimensão originando, conseqüentemente um produto pulverizado de difícil colocação no mercado, e obrigando a continuação do processo industrial na hidratação da cal viva, transformando o produto final na variedade hidratada (figura 82).

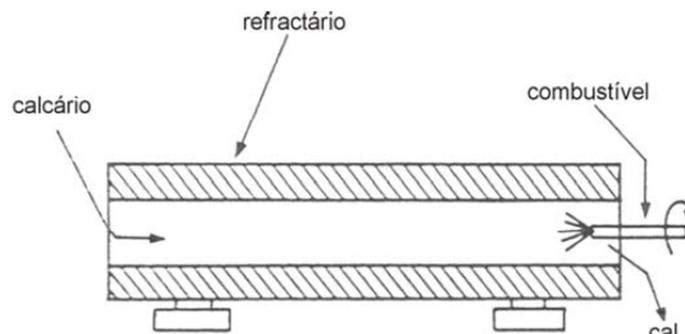


Figura 83: Forno contínuo horizontal a carvão (A Cal na Construção)

O processo de calcinação condiciona de forma determinante as propriedades da cal, podendo nos casos em que haja um controlo rigoroso da temperatura resultar em cristais de cal insolúveis (excesso de temperatura) ou em cristais com o seu interior carbonatado por falta de calor (figura 83) [37].

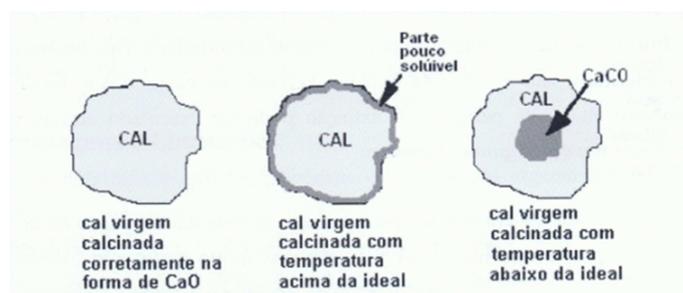


Figura 84: Influência da temperatura de calcinação (A Cal na Construção)

5.2. EXTINÇÃO DA CAL

5.2.1. Cal Aérea

A cozedura do calcário puro a uma temperatura entre 800°C e 900°C origina o óxido de cálcio, também designado por cal viva e que constitui cal aérea.

A cal viva apresenta-se sobre forma de grãos de diferentes tamanhos, 15cm ou 20cm, de cor branca e amorfa. Apresenta uma estrutura porosa e formas idênticas aos grãos da rocha original. A cal viva é ávida de água e quando se mistura com ela dá origem à cal apagada, libertando grande calor durante a reacção e provocando também um aumento de volume que chega a atingir 3 a 3.5 vezes o seu volume inicial. Se durante o processo de extinção utilizarmos apenas a quantidade de água estritamente necessária, a cal apagada resultante aparece sobre a forma de pó.

A operação de hidratação é denominada por extinção ou apagamento, e o hidróxido resultante designa-se por cal extinta ou hidratada. Este fenómeno é exotérmico, isto é, há uma grande libertação de calor o que torna o processo altamente perigoso. A extinção pode ser executada através de qualquer um dos seguintes métodos:

- *Extinção espontânea*: conseguida pela captação apenas da humidade do ar, o que tem por inconveniente ser um processo muito lento, não extinguir completamente a cal viva, além o risco de absorver o dióxido de carbono;
- *Extinção por aspersão*: rega-se com 25% a 50%, cobrindo-se a cal com areia, tendo contudo o inconveniente da extinção ser completa;
- *Extinção por emersão*: fragmenta-se a cal viva em fragmentos de tamanho não superior a uma polegada, colocando-a em cestos e mergulha-se em água até ao material entrar em efervescência, nessa altura é colocada em barris tapados;
- *Extinção por fusão*: lançamento da cal viva em tanques onde era colocada uma determinada quantidade de água calculada para não prejudicar a qualidade do produto final. A mistura era “mexida” para se obter uma mistura homogénea e depois coada para outro recipiente com

o auxílio de uma grelha para retirar os fragmentos não extintos. A cal é depois deixada coberta de água num período nunca inferior a uma semana, ou três meses no caso de se tratar de cal para acabamentos, em determinados casos esse período poderia chegar mesmo a cinco anos.

- *Extinção de autoclaves*: é um dos métodos que conduz a produtos de melhor qualidade (a extinção é completa) sendo muito nos EUA.

As cals extintas são cals aéreas constituídas, principalmente, por hidróxido de cálcio e, por vezes, contendo hidróxido de magnésio. Estas por sua vez, não apresentam uma reacção exotérmica quando em contacto com a água. São produtos que se apresentam sobre forma de pó seco ou em misturas aquosas (pasta de cal – “*lime putty*” – ou leitada de cal) [37].

5.2.2. Cal Hidráulica

A cal hidráulica é fabricada por processos semelhantes aos do fabrico da cal comum. Obtém-se por cozedura de calcários margosos (8% a 20 % de argilas), a temperaturas entre os 1000°C e os 1500°C, preferencialmente em fornos contínuos verticais de alvenaria e revestimento refractário. Deste processo, obtém-se óxido de cálcio, silicatos e aluminatos de cálcio, capazes de se hidratarem, conferindo hidráulidade à cal.

Durante a cozedura do calcário, este passa por diferentes fases, observando-se o seguinte:

- Entre os 500°C e os 700°C, ocorre a desidratação da argila;
- A cerca de 850°C, dá-se a calcinação do calcário libertando anidrido carbónico;
- Entre 1000°C e 1500°C, a reacção da sílica e da alumina da argila, com o óxido de cálcio, origina silicatos e aluminatos de cálcio.

Verifica-se que, quanto maior for a temperatura, menor é a quantidade de óxido de cálcio livre, e maior é a quantidade de silicatos e aluminatos de cálcio, podendo obter-se um produto semelhante ao obtido no fabrico de cimento.

Após a saída do forno, obtém-se uma mistura de silicatos, aluminatos e cálcio livre (entre 3% a 10%) e um pó inerte constituído por silicato bicálcico, formado por pulverização, durante o arrefecimento. Este produto quando misturado com água, não aquece nem ganha presa.

Obtém-se também a cal viva que é necessário extinguir pelos inconvenientes da expansão. A extinção é feita por aspersão, usando-se apenas a quantidade de água estritamente necessária para esta operação, uma vez que os silicatos e aluminatos também reagem com a água e o seu excesso pode provocar reacção, conferindo a presa. Esta é uma reacção bastante lenta e, no fim da extinção é necessário ter a certeza de que apenas se ficou com aluminatos e silicatos de cálcio e cal apagada. Por estes motivos esta operação deve ser feita em fábrica. Esta operação é que permite distinguir a cal hidráulica do cimento Portland, uma vez que a finura da cal hidráulica é obtida por extinção da cal viva e não por moagem como no caso do cimento Portland.

Terminada a operação de extinção, a cal hidráulica fica reduzida a pó, contudo, por vezes, aparecem pequenos nódulos escuros ricos em silicatos tricálcicos, designados por *grappier*, que são elementos sobreaquecidos que não se reduziram a pó. Daí que, após a extinção, deve-se peneirar a cal hidráulica, através de dois peneiros circulares rotativos, constituídos por dois tambores perfurados, coaxiais, sendo os furos do peneiro inferior mais largos para permitir a passagem do *grappier*. Pelo tambor exterior passa a flor de cal, muito fina (cal hidráulica por excelência). Na parte anelar fica o *grappier*, que depois de miúdo, é incorporado na cal hidráulica, aumentando a sua hidraulicidade. Quando é vendido à parte designa-se por cimento *grappier*, uma vez que depois de moído tem propriedades muito semelhantes às do cimento. Por vezes pode ser conveniente juntar materiais pozolânicos miúdos [37].

5.3. HISTORIA E CARACTERISTICAS DOS ESTUQUES DO SÉC. XIX

Os antigos tratados de construção reflectem a evolução do conhecimento ao longo dos séculos e dos melhoramentos técnicos inseridos nos processos construtivos e da sua comprovação científica. Foram fonte de transmissão de conhecimentos aos agentes da construção que produziram argamassas à base de cal, gesso e pozolanas, componentes introduzidos na mistura em diferentes proporções, com bom resultado no desempenho. Essas boas práticas construtivas desapareceram quando surgiram as cais hidráulicas industriais e o cimento Portland.

As diferentes civilizações antigas desenvolveram técnicas construtivas específicas em função dos materiais de que dispunham, clima e tradições. Em Portugal, desenvolveu-se o emprego da cal e do gesso, como ligantes utilizados em revestimentos exteriores e interiores, caracterizados pela sua longevidade.

A durabilidade, qualidade de desempenho e estética, foram a motivação deste estudo orientado para os estuques decorativos do séc. XIX. Fazer uma boa argamassa de revestimento, belo, sem fissuras, impermeável, durável, é o resultado da evolução empírica e científica de conhecimentos de natureza histórica, química, física e laboratorial que, em conjunto, contribuíram para a constituição de uma base de dados sobre argamassas históricas à base de cal ou gesso, comparar o seu desempenho e comportamento e para a formulação de argamassas de renovação.

5.3.1. Estuque de cal

Os estuques cobriam o reboco de alvenarias ou as massas de enchimento de tabiques ou tectos de fasquio. O estuque de cal é uma composição de cal e de gesso. Os estuques mais resistentes eram feitos com a cal em pasta e o pó de mármore. Permitiam obter paredes, tectos e colunas, de superfícies lisas ainda elementos decorativos com variação de espessura, como cornijas, molduras e outros ornamentos.

Rondelet, Claudel e Laroque, fazem a sua descrição da forma de preparar os estuques para aplicar sobre os rebocos e para a modelação de cornijas e ornamentos .

O “*emboço*”, era constituído por uma argamassa de cal, gesso e areia fina; a quantidade de gesso amassado, devia ser o dobro da argamassa de cal e areia; a mistura devia ser empregue rapidamente, servindo-se de colher de diferentes tamanhos e espátulas, conforme a delicadeza do trabalho. Esta massa constituía o enchimento das cornijas ou molduras, ou o substrato interior do estuque liso das paredes ou tectos.

O “*esboço*” era formado por uma parte de gesso para 3 de argamassa de cal e areia fina peneirada. Após a secagem desta camada, colocava-se “*estuque*” propriamente dito. Se a superfície a estucar era exterior, então o emboço e o esboço deviam ser feitos inteiramente em argamassa de cal hidráulica.

A camada de “*estuque*” era uma mistura, em partes iguais, de cal e de pó de mármore peneirado, para fazer um estuque sólido, durável e brilhante. A cal devia ser branca, e devia levar 4 ou 5 meses a extinguir, para produzir um estuque melhor, mais fácil de trabalhar e mais resistente depois de consolidar. Depois de preparada a mistura de cal aérea em pasta com o pó de mármore, humedecia-se o esboço até ficar saturado de água, e com um pincel aplicava-se por cima estuque, diluído em água. Era estendido, então, com uma espátula, o estuque forte, de pó de mármore, e à medida que ele secava, terminavam-se as formas e dava-se o primeiro acabamento, polindo com um cinzel em aço e um linho grosseiro molhado em torno do dedo, ou só com o dedo. O trabalho bem executado produzia arestas limpas e vivas.

Os ornamentos em baixo-relevo e as molduras de entrelaçados, folhagem e coroas de louros, com pouca saliência eram modelados sobre o fundo previamente molhado. Este, devia ser áspero e grosseiro, para que o estuque aderisse bem. Sobre este substrato, estendia-se uma camada de 2mm de espessura de estuque, bem unido à colher, comprimindo-o e dando-lhe maior firmeza. O desenho à escala natural, era aplicado por cima do fundo, picavam-se os contornos que, depois eram sublinhados com um carvão. De seguida, aplicava-se o estuque forte. Onde se iam construir os ornamentos salientes, fixavam-se pregos de cabeça larga de suporte ao estuque, que era modelado e molhado intermitentemente, para impedir que secasse muito depressa, de modo a possibilitar esta operação.

Nos estuques de fachadas exteriores, ou em ambientes húmidos, utilizava-se a pozolana, empregue para o esboço, ou o pó de telha; podia-se misturar algumas terras absorventes como a cré ou a cal em pó, pois consolidavam mais rapidamente.

Para Luis Leitão, empregavam-se duas massas, no revestimento de paredes e tectos. Sobre o “pardo” de argamassa de cal, gesso e areia, aplicava-se a 1ª camada de “esboçar” ao traço 4:1:1, ou seja, 4 partes de areia calcária, 1 parte de gesso em pó e 1 parte de cal em pasta. A segunda massa, de “dobrar” ou “estender”, aplicava-se sobre a primeira e era ao traço 1:1, ou seja, 1 parte de cal em pasta para 1 parte de gesso em pó.

5.3.2. Estuque de gesso

Rondelet indica Um reboco de gesso em três camadas, o emboço, o crespido e o estuque.

Para “*emboçar*” uma superfície de alvenaria de pedra ou de tijolo, após a limpeza da superfície e das juntas, e da aspersão e refechamento das juntas com argamassa de gesso, amassava-se o gesso um pouco diluído e lançava-se à parede com uma vassoura.

Depois da consolidação da 1ª camada, aplicava-se por cima o *crespido* de gesso, peneirado e amassado mais apertado. Era lançado à mão e estendido com o gume da colher, de modo a que a superfície ficasse rugosa, para que a 3ª camada aderisse melhor.

Segundo Rondelet, Claudel e Laroque, a última camada, de gesso *de estucar*, era feita com gesso, o mais branco e de melhor qualidade. Amassava-se o gesso de estucar em água de cola de Flandres, de modo a que o seu grau de concentração fosse o mais adequado. Verificava-se que o estuque magro exigia mais cola que o estuque gordo e que o gesso amassado com cola de Flandres fazia presa mais lentamente do que em simples água.

Para um estuque branco poderia recorrer-se a cola de peixe que é incolor. Para se obter um estuque colorido, podia utilizar-se variadas colas, de natureza vegetal (pasta de centeio, água de cevada, colas de farinha, de amido, vinho, azeite, cera virgem e cera

saponificada, ou leite de figos) ou natureza animal (orelha de veado, cola de coelho, banha de porco, sangue de boi, pele de vaca, mosto de malte e ovos, mosto de malte e manteiga, leite, leite coalhado, queijo). Estas colas aumentavam a adesão das massas ao suporte, e produziam massas de presa mais lenta e mais fáceis de trabalhar, adequadas à realização de molduras e elementos ornamentais.

Diluíam-se pigmentos coloridos com água de cola, quando se pretendiam estuques coloridos: o hidrato de piróxilo de ferro ou o óxido de cromo (para dar a cor amarela ou verde), o óxido de magnésio, o óxido de cobre, os hidrocarbonetos de cobre, etc. Para imitar o mármore (a “scagliola”, italiana, e “escaiola” portuguesa) eram adicionados à última camada de estender, os pigmentos para produzir a cor de “fundo”. Diluía-se água de cola para os veios de mármore, criando-se bolos de diferentes cores, retirava-se para um pequeno recipiente cada uma dessas cores misturadas com água de cola e um pouco de gesso com uma faca de pintor. Para imitar os granitos, golpeava-se o estuque, preenchendo-se os buracos com uma pasta da cor dos cristais que se queria representar. As brechas eram imitadas introduzindo, na massa de estender, fragmentos de estuque colorido. Para dar o aspecto de mármore venado ao estuque, as pastas coloridas eram cortadas em tiras e introduzidas no estuque fresco, fazia-se então, no reboco finos sulcos que se preenchiam com o gesso amassado colorido.

Para que não ficassem efeitos desagradáveis nas superfícies, o estuque devia ser devidamente polido, este polimento seria efectuado com pedra-pomes e água ou com o jaspe ou o grés moído e uma pedra de moer pedra. As cavidades eram preenchidas com o estuque líquido carregado de gelatina, repetindo-se o polimento com a pedra de polir até a superfície ficar lisa e com brilho de seda. O lustro final poderia ser dado de duas formas: com água e sabão e finalmente óleo de linho, tendo o inconveniente de que se não fosse bem esfregado poderia manchar o estuque; ou poderia fazer-se o lustro final com pedra de polir, friccionando com um feltro ligeiramente coberto de cera.

A decoração das superfícies estucadas, poderia ser com molduras sobre fundos negros ou castanhos, representando algumas figuras, desde pássaros até figuras humanas, estas figuras seriam desenhadas a escala natural, picando-se depois os contornos e aplicava-se sobre o estuque pintado antes de polir. [38]

5.4. ANÁLISES LABORATORIAIS

5.4.1. Capilaridade

A presença da água em revestimentos de edifícios, é uma das principais causas da sua deterioração. A penetração da água através do material faz-se principalmente por absorção. Contudo, a permeabilidade do revestimento ao vapor de água, facilita a sua rápida evaporação, impedindo a sua retenção no interior do reboco e no suporte.

O Ensaio de Capilaridade baseia-se nas Normas Europeias: EN 1015-18:2002 (métodos e testes para determinar o coeficiente de absorção de água por capilaridade); EN 1015-19:2008 (determinação da permeabilidade ao vapor de água); Recomendações da Comissão 25-PEM, ensaios nº II. 6 (coeficiente de absorção de água por capilaridade); e nº II. 5 (curva de evaporação); e ainda no procedimento PE/R – 09 – (determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade da argamassa endurecida), do LNEC – LERevPa [38].



Figura 85: Ensaio de absorção de água [FONTE: Estudo do desempenho de estuques]

Determinação da absorção de água por capilaridade

Princípio

A quantidade de água absorvida num certo período de tempo, por uma face de um provete prismático, que está inicialmente seco e que está em contacto com a superfície livre da água, pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$m = A\sqrt{t} \quad (6.1)$$

m – quantidade de água absorvida por unidade de superfície, Kg/m²;
t – tempo, h, min, s;
A – constante proporcional que corresponde ao coeficiente de absorção de água, Kg/(m².h^{0,5}), Kg/(m².min^{0,5}), ou Kg/(m².s^{0,5}).

O coeficiente de absorção de água por capilaridade é determinado utilizando provetes prismáticos sob determinadas condições de pressão atmosférica. Após a sua secagem até massa constante, uma das faces do provete é imersa em 5 a 10 mm de água durante um certo período de tempo e é determinado o aumento de massa.

Aparelhos, utensílios e equipamento

Estufa ventilada; Tina, com profundidade mínima de 20 mm e área horizontal para conter os provetes que vão ser imersos e mantidos a um nível de água constante; Varetas de suporte dos provetes com área mínima de contacto, libertas da base da tina e com determinada profundidade de imersão; Cronómetro, graduado em segundos; Balança com erro máximo de 0,05g, com precisão de 0,1% da massa seca total do provete; Sala de acondicionamento num ambiente de 20°C ± 2°C e 65% ± 5% HR [38].



Figura 86: Estufa ventilada e balança [FONTE: Estudo do desempenho de estuques]

Procedimento

Provetes - Os provetes são preparados e acondicionados de acordo com as normas Europeias EN 1015-2 e EN 1015-11. O teste é efectuado sobre provetes prismáticos de 160 mm x 40 mm x 40 mm de cada uma das argamassas tradicionais a ensaiar.

Ao fim de algum tempo (28 dias ou 90 dias) de idade, os provetes são submetidos a este ensaio.

- *Método de secagem* – Cerca de 5 dias antes do início do ensaio, os provetes devem ser secos em estufa a $40^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ até massa constante, ou seja, até a diferença de massa em pesagens consecutivas, separadas de 24 horas, seja inferior a 2% do total da massa e, de seguida, são deixadas arrefecer.
- *Medições* – Os provetes são submetidas a medição nas duas direcções axiais da secção, com craveira digital, e pesados na balança com um erro máximo de 0,05g. As medições devem ser registadas em folhas de registo adequadas.
- *Ensaio* – Os provetes prismáticos são colocados em tina com água, colocados com uma das faces quadrangulares mergulhadas em 10 mm de altura de água.

O nível de água é mantido constante durante o ensaio, juntando água desionizada, sempre que necessário. O ensaio deve ser realizado numa câmara a temperatura e humidade relativa constantes, $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $65\%\pm 5\%$ HR, respectivamente.

Os provetes são limpos levemente com uma camurça e pesados, a intervalos de tempo curtos, gradualmente maiores, e colocados de novo na tina de água. São sempre sujeitos a medição de massa às 24 horas. Para as argamassas à base de cal aérea,

relativamente absorventes, os sucessivos períodos de tempo de pesagem devem ser de 1, 3, 5, 10, 15 e 30 minutos, e 1, 8 e 24 horas [38].



Figura 87: Ensaio de absorção de água por capilaridade [FONTE: Estudo do desempenho de estuques].

Cálculo e expressão de resultados

O coeficiente de absorção de água, é determinado segundo a Norma Europeia EN 1015-18:2002 e a Especificação do LNEC E393:1993. Segundo a Norma Europeia, para argamassas de renovação (ou substituição), a absorção de água é medida em Kg/m^2 após 24h usando a seguinte fórmula:

$$C = 0,625 (M_3 - M_0) \text{ Kg}/\text{m}^2 \quad (6.2)$$

A profundidade da penetração de água é determinada em mm.

Nesta fórmula, o coeficiente 0,625 é obtido através do inverso da área do provete em contacto com a água (mm^2) multiplicado por 0,001 para se obter o valor do coeficiente em Kg/m^2 .

Neste ensaio, a absorção de água por capilaridade C , no tempo t_i , é calculada dividindo o aumento de massa ($M_i - M_0$) pela área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água:

$$\frac{\Delta M}{S} = \frac{(M_i - M_0)}{S} \text{ Kg/m}^2$$

(6.3)

M_i– massa do provete ao fim dum determinado tempo t_i em que a base do provete esteve imersa, Kg;

M₀– massa do provete seco, no início do ensaio, Kg;

S – área da face inferior do provete em contacto com a água durante o ensaio, m².

São calculados os coeficientes de absorção para o período de tempo entre os 10 e os 90 minutos, e também ao fim de 24 horas, através das seguintes fórmulas [38]:

$$C = \frac{M_2 - M_1}{S} \times \frac{1}{\sqrt{t_2}} - \frac{1}{\sqrt{t_1}} \text{ Kg/(m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$$

(6.4)

t₂– tempo de sucção, o instante em que se fez a pesagem do provete, (min) ou (h);

t₁– é o tempo de sucção anterior a t_2 , o instante em que se fez a pesagem do provete, em (min) ou (h).

M₂– massa do provete ao fim dum determinado tempo t_2 em que a base do provete esteve imersa, Kg;

M₁– massa do provete ao fim dum determinado tempo t_1 em que a base do provete esteve imersa, Kg;

M₂ – M₁ – aumento de massa de água, no intervalo de tempo entre $t_2 - t_1$;

S – área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água durante o ensaio, m²;

5.4.2. Resistência à Compressão e à Flexão

5.4.2.1. Cal

Aquilo que é o comportamento típico das argamassas à base de cal, em termos da sua resistência à compressão é perceptível na figura 86.

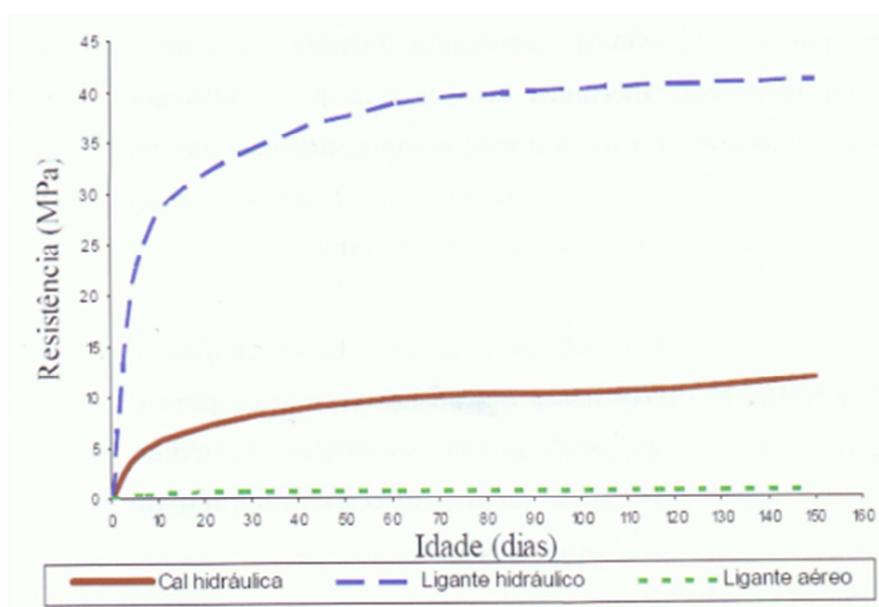


Figura 88: Comportamento mecânico de argamassas com vários tipos de ligantes [FONTE: A cal na Construção]

Como se pode constatar, a utilização de ligantes de cal (aéreos ou hidráulicos), origina argamassas com um baixo nível de resistência à compressão, por oposição à utilização de um ligante hidráulico como o cimento Portland. Mesmo no que respeita à utilização de argamassas com cal hidráulica, o comportamento destas está associado a um nível de resistência bastante superior ao comportamento das argamassas à base de cal aérea. Os próprios limites regulamentares previstos para as cals hidráulicas (HL) e para as cals hidráulica naturais (NHL) (quadro 10) evidenciam a baixa resistência deste ligante [39].

Quadro 10: Resistência à compressão da cal Hidraulica e da cal Hidraulica natural (NP EN 459-1:2002)

[FONTE: A cal na Construção]

Tipo de cal de construção	Resistência à compressão (MPa)	
	7 dias	28 dias
HL 2 e NHL 2	-	>2 a >7
HL 3.5 e NHL 3.5	-	> 3.5 a < 10
HL 5 e NHL 5	> 2	>5 a <15

5.4.2.2. Gesso

As propriedades mecânicas do gesso dependem não só da quantidade de água empregue durante a amassadura, mas também do estado seco ou saturado a data da realização do ensaio.

Na figura 87, apresentam-se os resultados médios de ensaios efectuados aos 28 dias em provetes secos e saturados para a resistência a tracção e a compressão em função da água de amassadura. Pode constatar-se que é no estado seco que a resistência à flexão e à compressão atingem os valores máximos. Este comportamento é também bastante singular deste material e não tem paralelo com o que acontece por exemplo para o cimento Portland, cuja resistência mecânica depende fundamentalmente da água da amassadura e não diminui com a sua saturação.

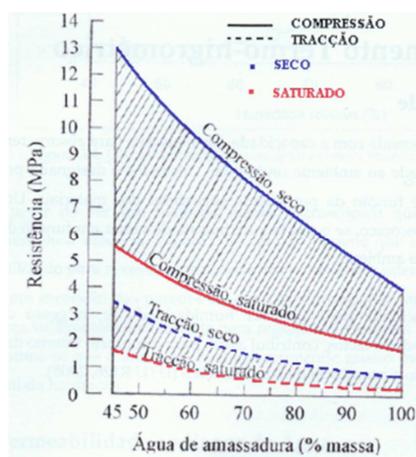


Figura 89: Resistências médias em provetes secos e saturados de gesso, conservados durante 28 dias em ambiente seco [FONTE:A Cal na Construção]

Para além de apresentar elevados valores de resistência à flexão, o gesso caracteriza-se pelo facto de apresentar uma baixa razão entre a resistência à compressão e a resistência à tracção. Enquanto para o betão essa razão pode ser quase dez vezes superior, já no gesso essa razão fica-se por valores três a quatro vezes superiores. [40]

5.4.3. Módulo de Elasticidade Dinâmica

O módulo de elasticidade dinâmica das argamassas é o parâmetro que verdadeiramente permite aferir da sua deformabilidade e da capacidade daquelas para acomodarem deformações das alvenarias de pedra em edifícios antigos. Diversos autores referem valores do módulo de elasticidade dinâmico, obtido através de um equipamento de ultra-sons. (Figura 88)



Figura 90: Equipamento para medição do Módulo de Elasticidade Dinâmica

Rodrigues e Henrique (2003), mencionam módulos de elasticidade dinâmicos de argamassas de cal com elevado período de extinção e 60 dias de cura entre 1150Mpa e 2050Mpa [39].

5.4.4. Análise Petrográfica

Um microscópio ordinário é constituído fundamentalmente pela associação de duas lentes convergentes denominadas: objetiva e ocular. Estas duas lentes são

montadas em posições fixas nos extremos opostos de um tubo de metal de comprimento l , conforme mostra a Figura 90 [40].

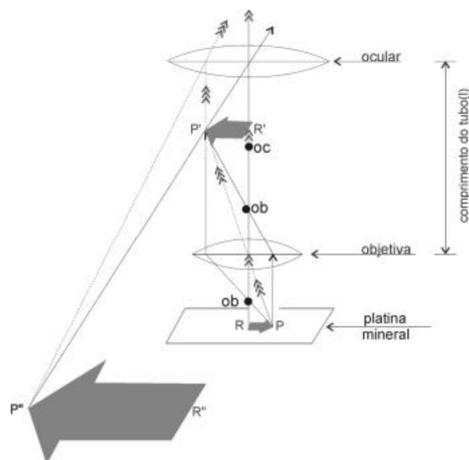


Figura 91: Representação esquemática de um microscópio ordinário [Fonte:Mineralogia Óptica]

Basicamente, a objetiva forma uma imagem real aumentada do mineral (PR) que está a ser examinado, o qual se posiciona a uma distância menor do que a distância focal da ocular (oc). Assim, a imagem real obtida pela objetiva ($P'R'$) é aumentada quando vista através da ocular, como uma imagem virtual ($P''R''$).

O microscópio petrográfico não é mais do que um microscópio ordinário ao qual são adicionados dois polarizadores posicionados entre o mineral a ser examinado. As diversas partes constituintes de um microscópio petrográfico podem ser agrupadas em sistema óptico: ocular, lente de Amici-Bertrand, analisador, objetiva, condensador móvel, diafragma íris, condensador fixo, filtro azul e polarizador, e sistema mecânico de suporte: Tubo, Braço, Revólver (ou sistema de sustentação das objetivas), Platina, Cremalheira macro e micrométrica de movimentação vertical da platina, e base [5].



Figura 92: Microscópio de Análise Petrográfica [Fonte: Mineralogia Óptica]

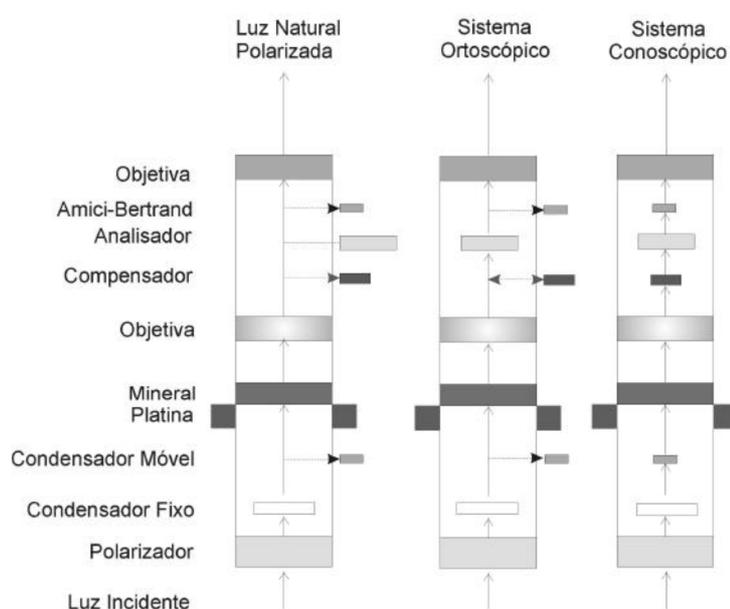


Figura 93: Representação esquemática dos sistemas ópticos possíveis em um microscópio petrográfico [Fonte: Mineralogia Óptica]

Objetivas

A objetiva é uma lente ou uma associação de lentes que fornece uma imagem real aumentada do objecto observado. Está localizada na extremidade do tubo ou canhão, conforme esquematizado na Figura. Para facilidade de mudança de uma objetiva para outra, a maioria dos microscópios são dotados de um dispositivo denominado revólver ou porta-objetivas [40].

As principais características de uma objetiva vêm impressas no seu corpo metálico, conforme esquematizado na Figura seguinte, e são:

- *Aumento Linear* – é a relação entre a imagem real fornecida pela objetiva e o objeto, ou seja, é quanta vezes a imagem será maior que o objeto, como 3,2X, 10X, 50X, etc.
- *Abertura Angular* – é o ângulo entre os raios mais divergentes que penetram na objetiva a partir de um ponto enfocado pela objetiva.

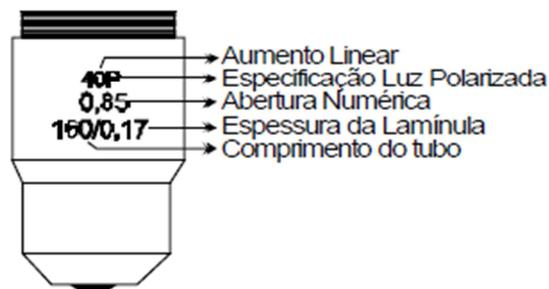


Figura 94: Esquema das indicações anotadas no corpo metálico de uma objectiva [Fonte:Mineralogia Óptica]

Oculares

As oculares são associações de lentes que permitem conservar a imagem real do objeto fornecido pela objetiva.

As lentes da ocular acham-se fixas em um tubo metálico e aquela mais próxima do olho do observador recebe o nome de lente de olho e a que recebe o raio de luz proveniente da objetiva é chamada de coletora.

As oculares podem ser positivas ou negativas. Nas positivas o foco do sistema está antes da lente coletora, e nas negativas o foco acha-se depois da lente coletora, conforme pode ser observado na figura seguinte.

De maneira geral, podemos diferenciar as oculares entre si, pois o retículo das positivas está disposto antes da lente coletora, enquanto nas negativas entre as lentes de olho e coletora. Pode-se acrescentar ainda que as oculares positivas têm comportamento de uma “lupa de mão”, ou seja, é possível focalizar um objeto através dela, o que não é possível com o emprego de oculares negativas [40].

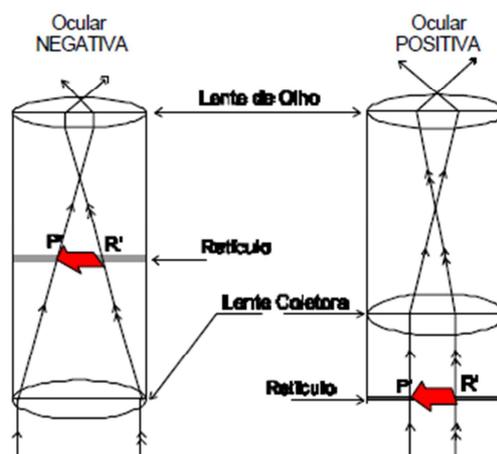


Figura 95: Tipos de oculares, positivas e negativas, empregadas em mineralogia óptica
[Fonte:Mineralogia Óptica]

Em ambas as oculares, existe um diafragma fixo colocado precisamente no plano que contém a imagem real do objecto em análise pela objetiva. A função do diafragma é de limitar o campo de visão, e ainda possui gravado na sua superfície o retículo que pode ser 2 linhas, uma N-S e outra E-W, uma escala micrométrica, ou ainda uma escala quadriculada, conforme mostra a Figura seguinte [40].

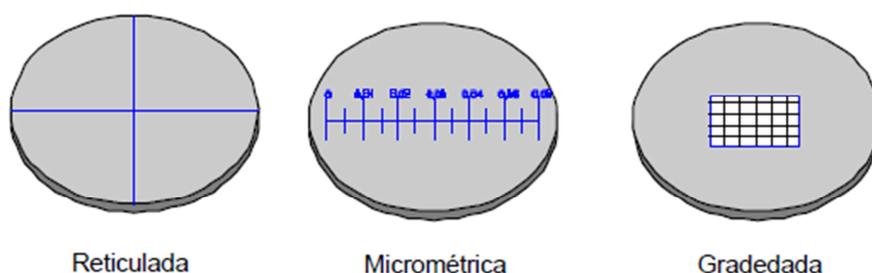


Figura 96: Principais tipos de retículos empregados em oculares para estudos petrográficos
[Fonte:Mineralogia Óptica]

Polarizador e Analisador

O microscópio petrográfico é dotado de dois polarizadores, ou nicóis, designados de polarizador inferior (ou simplesmente polarizador) e o outro, superior, denominado analisador. Nos microscópios modernos, estes polarizadores são constituídos de placas de polaróides, que são compostos químicos orgânicos que quando constituídos, são estirados segundo uma certa direcção. Assim, a luz natural não polarizada quando incide no polarizador será absorvida por ele em todas as suas direcções de vibração, com excepção daquela paralela a direcção de deformação da polaróide.

O polarizador inferior está localizado acima da fonte de luz e abaixo do mineral a ser estudado. Sua função é fornecer luz polarizada, que com o movimento de rotação da platina do microscópio pode incidir em diferentes direcções na superfície do mineral.

O analisador está disposto acima do mineral sob análise e abaixo da ocular. Está orientado de forma que sua direcção de polarização seja perpendicular ao do polarizador inferior.

As direcções de vibração dos polarizadores formam um ângulo de 90° entre si e deverão ser paralelas àquelas dos retículos da ocular como mostra a Figura 96 [40].

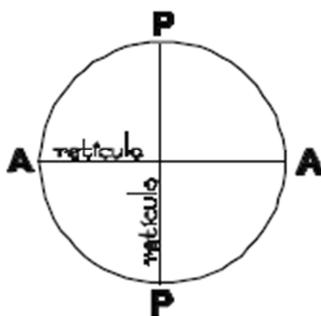


Figura 97: Representação do paralelismo entre os retículos da ocular as direcções de vibração do polarizador (P-P) e analisador (A-A) [Fonte:Mineralogia Óptica]

Platina

A platina do microscópio petrográfico é uma placa metálica, que sustenta o material em análise. Além disso, a platina tem um movimento de rotação e é graduada, que associada aos retículos da ocular, conforme mostra a Figura, permite efectuar medidas de ângulos entre direcções morfológicas e ópticas dos minerais em estudo [40].

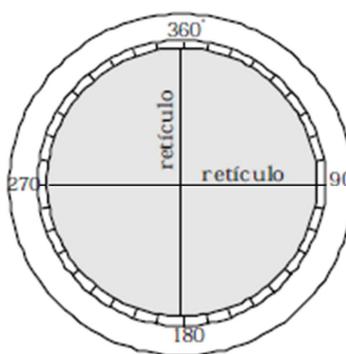


Figura 98: Esquema da associação entre a platina graduada e os retículos da ocular utilizadas como linhas de referência na medida de ângulos entre unidades lineares [Fonte:Mineralogia Óptica]

Lente de Amici-Berttand

É empregada apenas no sistema conoscópico e tem como finalidade trazer a figura de interferência para o plano focal da ocular. Acha-se localizada entre a ocular e o analisador e pode ser introduzida ou retirada do sistema óptico [40].

Condensadores

Existem dois condensadores nos microscópios petrográfico, um fixo, que está localizado entre o polarizador e a platina do microscópio, o outro móvel, que se encontra sobre o condensador fixo e imediatamente sob a platina.

Os condensadores têm a finalidade de promoverem uma maior convergência dos raios de luz sob o objecto em análise.

O condensador móvel tem como função especial promover uma alta convergência dos raios de luz em praticamente um ponto sobre o objeto em análise de tal forma que os raios de luz que partem do objeto para a objetiva sejam divergentes. O

condensador móvel só deve ser usado quando utiliza-se se objetivas de médio a grande aumento linear e é peça fundamental no sistema conoscópico [40].

Diafragma Íris

É um dispositivo que limita a quantidade de luz que penetra no microscópio e se localiza geralmente sobre o condensador fixo. A diminuição do feixe de luz permite realçar as feições morfológicas dos minerais como seus bordos, traços de fratura, rugosidade das superfícies, presença de inclusões, etc [40].

Filtros

Os filtros, geralmente, são placas de vidro coloridos e tem como finalidade, absorver certas radiações indesejáveis da luz utilizada. Como consequência, a utilização apropriada de um filtro que permite aumentar o contraste de imagens e melhorar a resolução.

O filtro mais empregado no microscópio petrográfico é o azul que torna a luz amarelada da lâmpada de Tungsténio bem próxima da luz branca natural [40].

5.5. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Com base na informação obtida nas observações petrográficas foram identificadas várias camadas com características distintas. Nos pontos seguintes far-se-á a caracterização dessas camadas.

5.5.1. Estuque de Tabique (Parede)



Figura 99: Estuque de Tabique (Parede)

6.5.1.1. Primeira Camada (Camada de base)

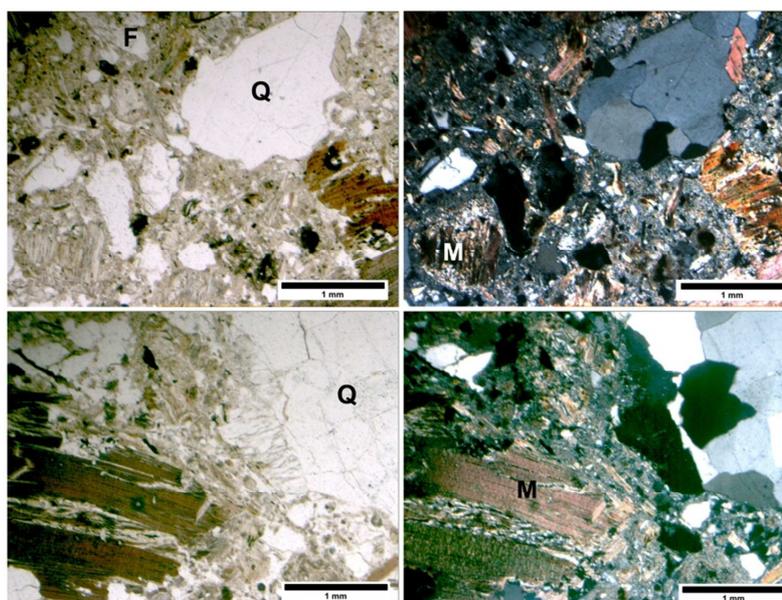


Figura 100: Aspectos petrográficos da Camada 1 do Estuque de Tabique (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; Q - quartzo; M - micas).

Esta camada é constituída por uma argamassa de cal e argila onde se encontram fragmentos de micas, feldspato e quartzo, sendo também frequentes aglomerados de calcite. Dentro do grupo das micas predominam as biotites, sendo as moscovites mais raras e apresenta-se de um modo geral muito alteradas. Alguns dos fragmentos de quartzo e de feldspato apresentam frequentemente os limites dos fragmentos arredondados, denotando uma origem fluvial de pelo menos parte dos constituintes. As dimensões dos minerais variam de acordo com o Quadro (11).

Quadro 11: Estuque de Tabique / 1ª Camada, dimensão dos fragmentos minerais.

Mineral	Dimensão (mm)
Quartzo	0,3 -- 2
Feldspatos	0,3 -- 3
Micas	0,1 – 1,5

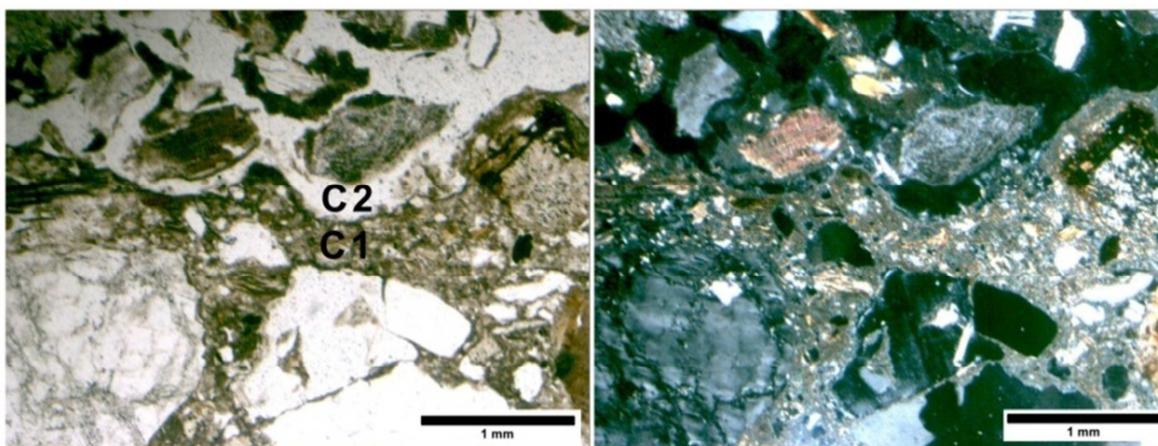


Figura 101: Fotos petrográfica, utilizando luz natural e polarizada. Transição da primeira camada para a segunda camada (Estuque de Tabique)

5.5.1.2. Segunda Camada

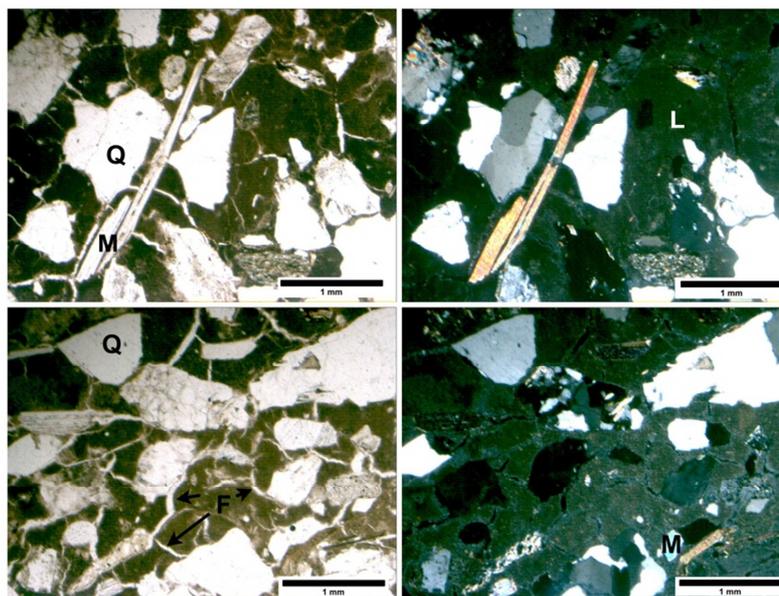


Figura 102: Aspectos petrográficos da Camada 2 do Estuque de Tabique (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; Q - quartzo; F - Fissuras).

A segunda camada tem uma espessura de 5mm. Apresenta uma grande quantidade de ligante, sendo esta a principal diferença em relação à primeira camada. Caracteriza-se por elevadas porosidade e fissuração. É constituída predominantemente por *Quartzo*. Tal como na primeira camada os fragmentos apresentam arredondamento o que nos faz concluir da sua origem fluvial, neste caso de uma pequena linha de água na proximidade do edifício. Também apresentam Micas, estas não tão arredondadas devido à sua forma angulosa. Os minerais apresentam-se homogéneos com dimensões muito idênticas, como se pode ver no Quadro 12.

Quadro 12: Estuque de Tabique / 2ª Camada, dimensão dos fragmentos minerais

Mineral	Dimensão (mm)
Quartzo	1
Feldspatos	1
Micas	1

5.5.1.3. Terceira Camada (Acabamento)

A terceira camada é constituída por três camadas de acabamento.

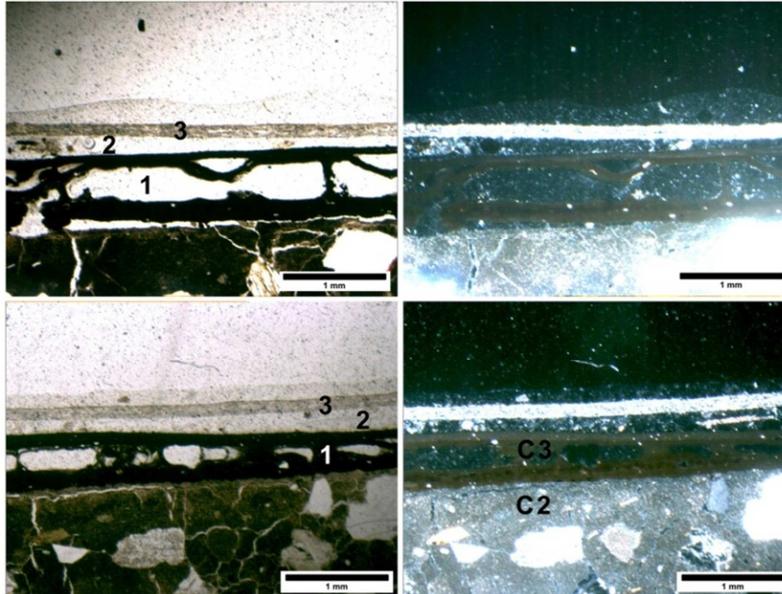


Figura 103: Aspectos petrográficos da Camada 3 do Estuque de Tabique (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; 1 – Primeiro Acabamento, 2 – Segundo Acabamento, 3 – Terceiro Acabamento).

5.5.1.3.1. Primeiro Acabamento

Apresenta uma espessura de 0,5mm, muito elevada em relação aos outros dois acabamentos. É uma camada constituída por óxido de ferro e cal.

5.5.1.3.2. Segundo Acabamento

A espessura ronda os 0,15mm. Consiste numa camada de regularização constituída por gesso.

5.5.1.3.3. Terceiro Acabamento

Apresenta uma espessura de 0,15m. Consiste numa camada à base de cal, pigmentada com óxido de ferro.

5.5.2. Estuque Decorativo (Tecto)



Figura 104: Estuque Decorativo (Tecto)

Quadro 13: Estuque de Decorativo (tecto) / Dimensão das Camadas

Camada		Dimensão (cm)
1º Camada		1.5
2º Camada	1º Subcamada	1.0
	2º Subcamada	2.5

5.5.2.1. Primeira Camada

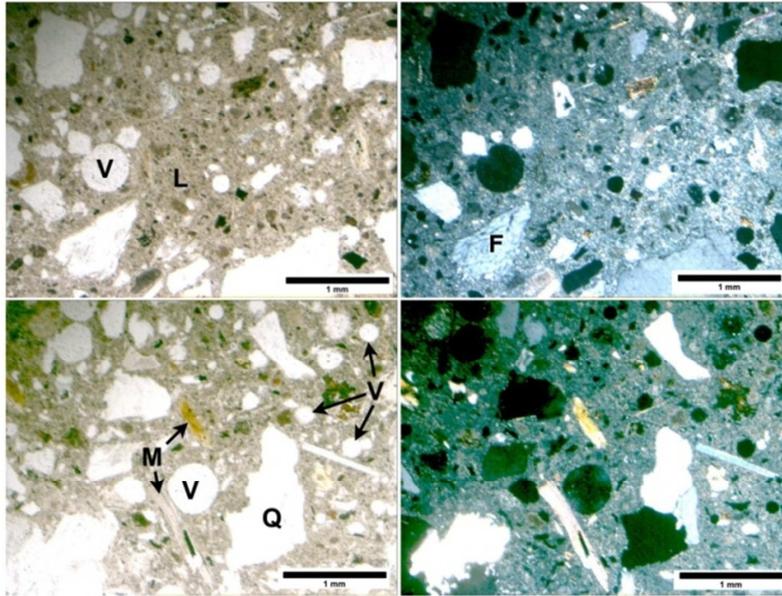


Figura 105: Aspectos petrográficos da Camada 1 do Estuque Decorativo (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; Q – Quartzo, M – Micas, V – Vazios, F – Feldspatos, L – Ligantes).

Camada com espessura de 1,5cm. A argamassa, nesta camada, à base de cal é mais grosseira do que nas camadas seguintes. É constituída por *Quartzo*, *Feldspatos* e *Micas*, minerais que apresentam indícios de arredondamento, o que leva a concluir, que tal como o outro estuque, os minerais tem como origem uma linha de água. As micas apresentam todas alterações, para *Biotite*. Apresenta muitos vazios com dimensões máximas na ordem dos 0.5mm; os vazios são todos circulares. É, por conseguinte, uma camada com porosidade elevada.

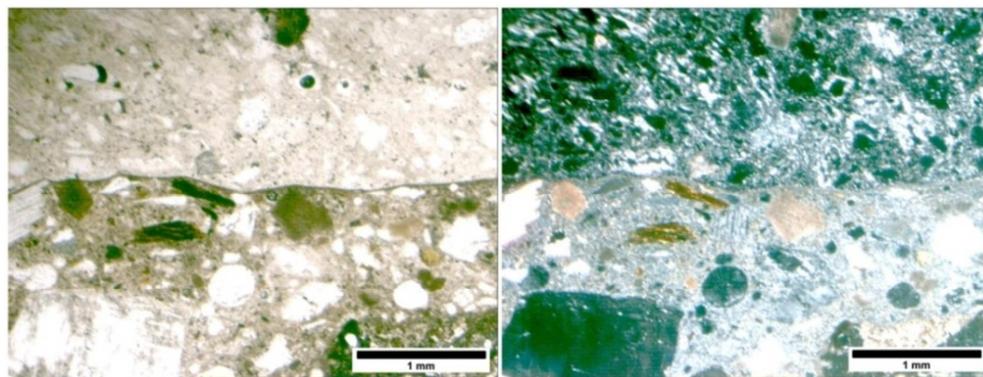


Figura 106: Fotos petrográficas, utilizando luz natural e polarizada. Transição da Primeira Camada para a Segunda Camada (Estuque Decorativo)

5.5.2.2. Segunda Camada

A segunda camada, mais plástica para executar elementos decorativos, pode ser dividida em duas subcamadas.

5.5.2.2.1. Primeira subcamada

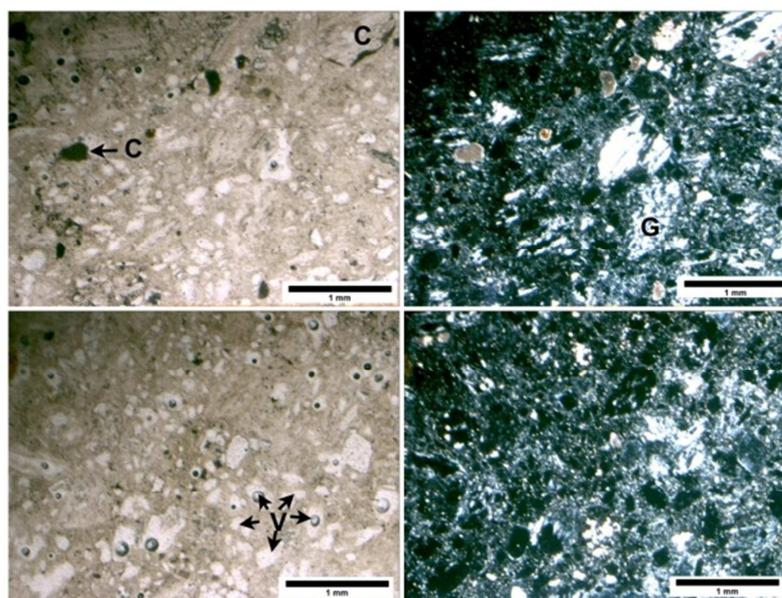


Figura 107: Aspectos petrográficos da Camada 2, Subcamada 1 do Estuque Decorativo (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; C - Calcite, G - Gesso, V - Vazios).

A espessura desta subcamada é de 1 cm. É predominantemente constituída por gesso, este grosseiro e de origem sedimentar. Trata-se de um material muito fino e muito homogéneo, com fragmentos de gesso e fragmentos de calcite (rocha original).

Quadro 14: Estuque Decorativo / 2ª Camada / 1ª Subcamada / Dimensão dos fragmentos minerais

Fragmento	Dimensão (mm)
Gesso	0,5
Calcite	0,5

Esta camada apresenta muitos vazios, sendo que apresenta uma porosidade mais elevada do que a primeira camada.

5.5.2.2.2. Segunda subcamada

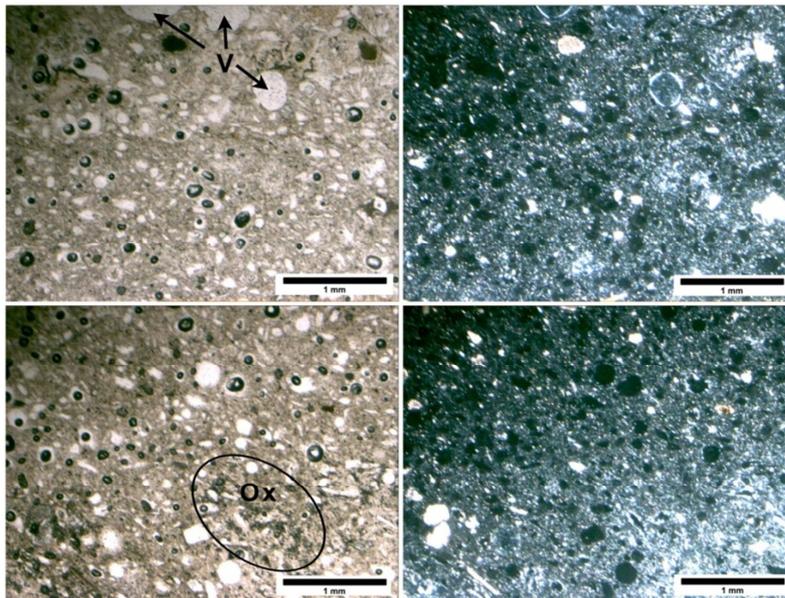


Figura 108: Aspectos petrográficos da Camada 2, Subcamada 2 do Estuque Decorativo (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; V – Vazios, Ox - Oxidação).

É uma subcamada de espessura de 2.5cm. Apresenta as mesmas características que a primeira subcamada, sendo a presença de oxidação junto à superfície a principal diferença.

5.5.3. Estuque Liso (Tecto)



Figura 109: Estuque Liso (Tecto)

Quadro 15: Estuque Liso (tecto) / Dimensão das Camadas

Camada		Dimensão (mm)
1ª Camada	1ª Subcamada	
	2ª Subcamada	
2ª Camada		Entre 2 e 3
3ª Camada		Entre 0.2 e 0.3

5.5.3.1. Primeira Camada

Esta camada pode ser dividida em duas subcamadas

5.5.3.1.1. Primeira subcamada

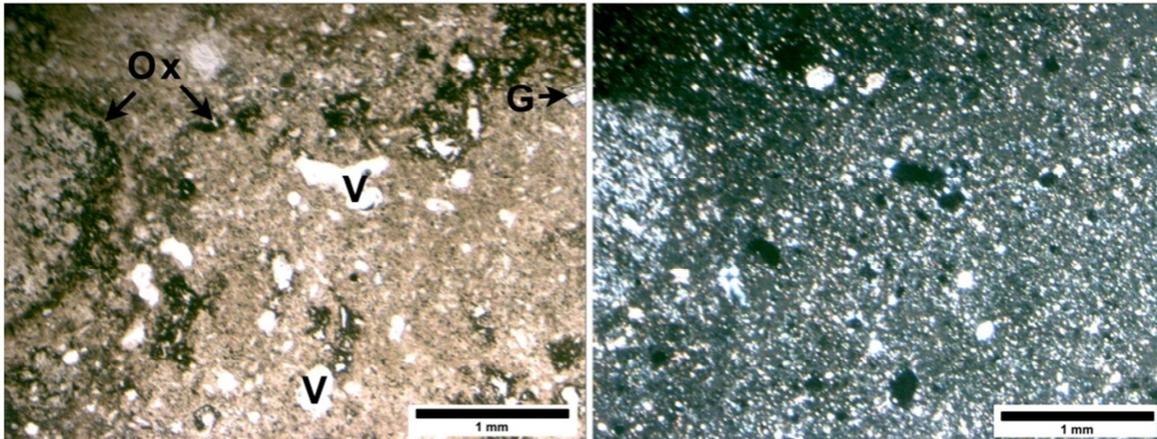


Figura 110: Aspectos petrográficos da Camada 1, Subcamada 1 do Estuque Liso (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; V – Vazios, Ox – Oxidação, G - Gesso).

Os grãos apresentam-se muito homogêneos e denota-se uma predominância do gesso, na matriz. Esta camada apresenta elevada oxidação e elevado número de vazios.

5.5.3.1.2. Segunda subcamada

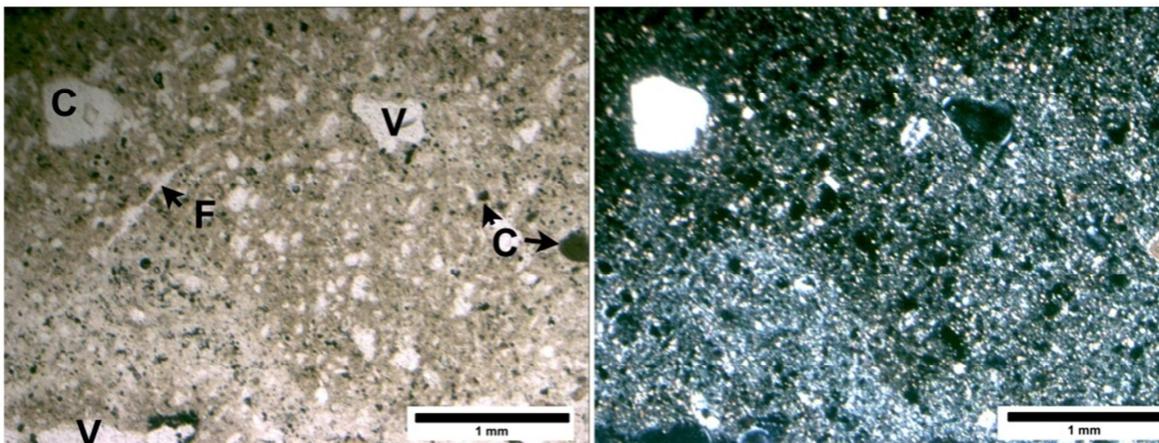


Figura 111: Aspectos petrográficos da Camada 1, Subcamada 2 do Estuque Liso (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; V – Vazios, C - Calcite, F - Fissura).

Apresenta uma granulometria muito fina, com predominância de *Calcite*. Ao contrário da primeira subcamada não apresenta oxidação. Verifica-se a abundância de calcite (Rocha Original). É uma camada com alguma fissuração.

5.5.3.2. Segunda Camada

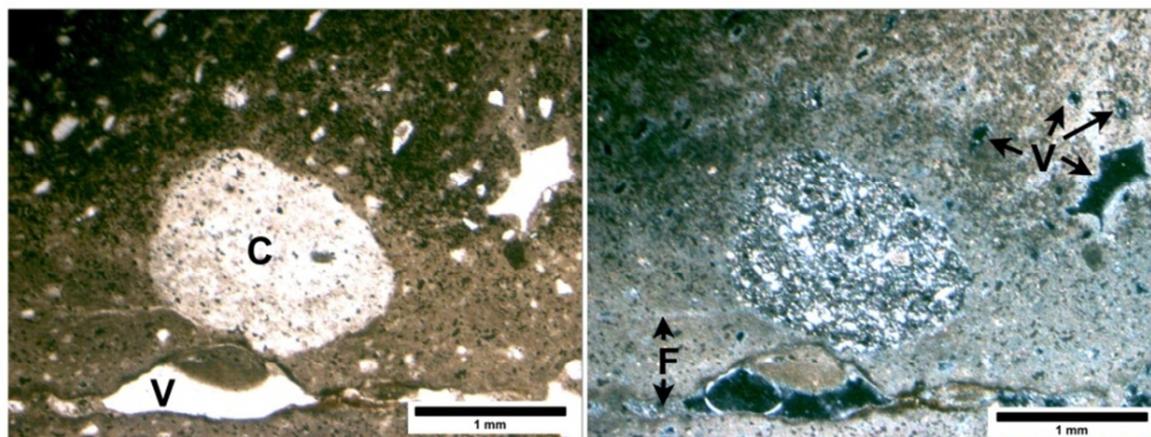


Figura 112: Aspectos petrográficos da Camada 2, do Estuque Liso (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; V – Vazios, C - Calcite, F - Fissura).

A espessura da camada está compreendida entre os 2 e os 3 mm. Apresenta-se como uma massa muito fina e homogénea, essencialmente carbonatada com abundância de fragmentos de calcite. Trata-se de camada de porosidade elevada, em que os poros têm dimensão compreendida entre 0,1 e 0,2 mm. Apresenta alguma fissuração paralela à superfície.

5.5.3.3. Terceira Camada

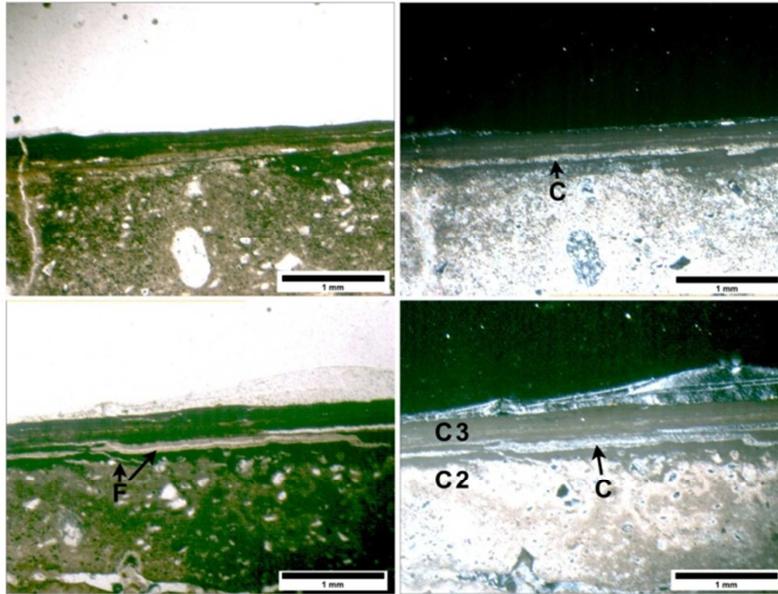


Figura 113: Aspectos petrográficos da Camada 3, do Estuque Liso (esquerda - imagem em luz natural; direita - imagem em luz polarizada; C – Calcite, F – Fissura, C2 – Segunda Camada, C3 – Terceira Camada).

A espessura desta camada varia entre os 0,2 e os 0,3mm é uma camada à base de cal, com fragmentos muito reduzidos de calcite. Apresenta-se como uma camada de tinta com pigmentos de cor avermelhada.

5.5.4. Conclusão sobre os resultados experimentais em estuques

Quadro 16: Caracterização de Estuque de Tabique (parede)

Camada / Autor sec. XIX	Espessura	Constituição/ Deterioração	Dimensão fragmentos minerais	Vazios	Transição entre camadas
1ª Leitão, Segurado, 1 cal : 1,5 areia	3 mm	Argamassa de cal e argila onde se encontram fragmentos de <i>Quartzo</i> , <i>Feldspatos</i> e <i>Micas</i> . <i>Quartzos</i> e <i>Feldspatos</i> apresentam arredondamento, concluindo-se por misturas com areias de Rio. Dentro das <i>Micas</i> predominam as <i>Biotites</i> , <i>Moscovites</i> , alteradas em algumas zonas.	<i>Quartzo</i> – 0,3mm a 2 mm; <i>Feldspatos</i> – 0,3mm a 3 mm; <i>Micas</i> – 0,1mm a 1,5 mm.		Verifica-se uma ligação forte entre a 1ª e a 2ª camada do Estuque de Tabique.
2ª Leitão, Segurado, 1 cal : 1 gesso : 4 areia branca	5 mm	Grande quantidade de ligante, sendo esta a principal diferença em relação à primeira camada. É constituída predominantemente por <i>Quartzo</i> . Minerais apresentam arredondamento, concluindo-se que os minerais vêm de uma linha de água. <i>Micas</i> , estas não são arredondadas devido a sua forma angulosa.	Os minerais apresentam-se homogéneos com dimensões idênticas, 1 mm.	Elevada fissuração.	
3ª Claudel & Laroque, 1 cal : 1 areia					Verifica-se uma ligação forte entre os 3 Acabamentos da 3ª camada do Estuque de Tabique.
1ºAcabam.º	0,5mm	Óxido de Ferro, Cal.			
2ºAcabam.º	0,15mm	Gesso			
3ºAcabam.º	0,15mm	Cal, Pigmento			

Quadro 17: Caracterização de Estuque Decorativo (tecto)

Camada / Autor sec. XIX	Espessura	Constituição/Deterioração	Dimensão fragmentos minerais	Vazios	Transição entre camadas
1^a Leitão, Segurado, 1 cal : 1,5 areia	1,5 cm	A argamassa, nesta camada, à base de cal é mais grosseira do que nas camadas seguintes. É constituída por <i>Quartzo</i> , <i>Feldspatos</i> e <i>Micas</i> , minerais que apresentam indícios de arredondamento, o que leva a concluir que os minerais tem como raiz uma linha de água. As micas apresentam todas alterações, para <i>Biotite</i> .		Apresenta muitos vazios com dimensões máximas na ordem dos 0.5mm; os vazios são todos circulares. É uma camada com porosidade elevada.	Verifica-se uma ligação forte entre a 1 ^a e a 2 ^a camadas do Estuque Decorativo.
2^a 1^a subcamada Leitão, Segurado, 1 cal : 1 gesso : 4 areia branca	1 cm	Mais plástica para executar elementos decorativos Predominantemente constituída por gesso grosseiro de origem sedimentar. Massa muito fina e muito homogénea, com fragmentos de gesso e fragmentos de calcite (rocha original).	Gesso – 0,5mm; Calcite – 0,5mm.	Camada com muitos vazios, apresenta uma porosidade mais elevada do que a primeira camada.	
2^a subcamada Leitão, Segurado, 1 cal : 1 gesso	2,5 cm	Apresenta as mesmas características que a primeira subcamada, sendo principal diferença, a presença de oxidação junto à superfície.	Gesso – 0,5mm; Calcite – 0,5mm.	Camada com muitos vazios, apresenta uma porosidade mais elevada do que a primeira camada.	

Quadro 18: Caracterização de Estuque Liso (tecto)

Camada	Espessura	Constituição/Deterioração	Dimensão fragmentos minerais	Vazios	Transição entre camadas
1ª Camada					
1ª Subcamada	2 mm	Os grãos apresentam-se muito homogéneos e denota-se uma predominância do gesso, na matriz. Esta camada apresenta elevada oxidação		Elevado número de vazios.	Verifica-se uma ligação forte entre a 1ª e a 2ª camadas.
2ª Subcamada	2 mm	Apresenta uma granulometria muito fina, com predominância de <i>Quartzo</i> . Ao contrário da primeira subcamada não apresenta oxidação. Verifica-se a abundância de calcite (Rocha Original).		É uma camada com alguma fissuração.	
2ª Camada	Entre os 2 e os 3 mm.	Apresenta-se como uma massa muito fina com abundância de fragmentos de calcite, é muito homogénea, sendo uma massa com carbonatos.		Camada de porosidade elevada, em que os poros têm dimensão compreendida entre 0,1 e 0,2 mm. Apresenta alguma fissuração paralela à superfície.	
3ª Camada	Varia entre os 0,2 e os 0,3mm	Camada à base de cal, com fragmentos muito reduzidos de calcite. Apresenta-se como uma camada de tinta com pigmentos de cor vermelha.			Fissuração paralela à superfície entre a 2ª e a 3ª camadas

A análise das secções destes estuques permite fazer uma aferição qualitativa do traço volumétrico ligante/agregado e a dimensão do agregado e dos vazios. As camadas interiores mais próximas do ripado de madeira de suporte, têm agregados mais grosseiros e uma maior percentagem de agregados. Este facto vai ao encontro dos tratados de Palladio e de Luís Leitão antigos que prescreviam um traço de 1:3 (ligante/agregado) ou 1:1:4 (pasta de cal aérea : gesso : pó de calcário). As camadas exteriores têm agregados mais finos e maior proporção em ligante, com 1, 2 até 7 partes de ligante para 1 parte de agregado [44].

Segundo d'Orazio e Stazi, quanto à transferência de vapor de água em estuques antigos (onde incluímos os tectos de fasquio estucado, sob cobertura revestida a telha, objecto deste estudo): a 1ª camada deve ter maior capacidade de sucção capilar de modo a conduzir o fluxo de água infiltrada para o exterior; a 2ª camada deve ter menor capacidade de sucção que a 1ª, diminuindo o conteúdo de água da 1ª camada. Quando a 2ª camada, consideravelmente espessa, acumular o máximo conteúdo de água, a 1ª camada transporta a água para o exterior; a 3ª camada deve ter uma capacidade de sucção superior à da 2ª camada, e uma boa capacidade de acumulação de água, transportando a água para o exterior [41].

No Estuque de Tabique, utilizou-se 3 camadas, sendo a primeira, mais interior, uma argamassa grosseira de cal e areias argilosas e graníticas. Segundo Luís Leitão, uma argamassa para construção é aceitável desde que não contenha argila em proporção superior a 10% e desde que a areia granítica não contenha um excesso de mica [44]. Este mesmo autor contemporâneo dos estuques em estudo, refere que, quanto aos inertes utilizados nas argamassas, o grão áspero (anguloso) favorece a coesão das argamassas, ou seja, a aderência da cal. Na realidade, a argila, não deve exceder os 30% da argamassa para evitar a sua retracção e fendilhação excessiva. O solo estabilizado obtém-se pela adição de 20% de cal. A cal aumenta a resistência mecânica e à água da argamassa [42].

Os estuques de tecto de fasquio estucado (Estuque Decorativo e Estuque Liso), a maior porosidade das últimas camadas diminuem o seu peso, factor importante nos tectos, contribuindo para evitar uma carga de suspensão excessiva. No Estuque Decorativo, a mistura de cal e areia da 1ª camada não apresenta fissuração devido à diminuta proporção de água necessária para a produção dessa argamassa. Nas camadas seguintes, a presença de gesso produz a expansão das argamassas e, conseqüentemente, diminui a sua retracção e fendilhação [43].

CAPITULO 6

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA

6.1. INTRODUÇÃO

A compreensão das propriedades da madeira é fundamental para a caracterização da qualidade da madeira tendo em conta as suas aplicações estruturais.

A madeira é um material orgânico de origem natural proveniente das árvores, que possui uma grande dispersão nas suas propriedades físicas e mecânicas.

Os factores decisivos nas propriedades da madeira são o comportamento higroscópico (sofre alterações do seu teor de água em função das condições ambientes) e anisotrópico (as propriedades variam segundo os três eixos), assim como as condições atmosféricas em que determinada árvore se desenvolve, [45], [46].

A capacidade resistente dos elementos estruturais em madeira pode ser influenciada negativamente pela existência de defeitos e anomalias nos elementos.

Ainda de referir que a resistência da madeira é variável, tendo em conta a espécie, florestal, seja ela resinosa ou folhosa, pois apresentam estruturas anatómicas bastante distintas [47].

6.2. PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DE MADEIRA

6.2.1. Introdução

A madeira é um material de origem vegetal, que pode ser aplicado de diversas formas e em variados locais. Muitas vezes ocorrem nas estruturas de madeira patologias fundamentalmente causadas pela humidade, por defeitos existentes na peça, pela má aplicação, pela acção dos agentes biológicos e atmosféricos, pela ocorrência de acidentes e também pela ausência de um tratamento específico.

As anomalias, principalmente das estruturas, podem conduzir a situações de perigo no que diz respeito à salvaguarda de vidas humanas e do próprio edifício. Desse modo, é essencial compreender as causas das patologias, para que possam ser evitadas. No caso das estruturas de madeira estarem já afectadas por patologias, é necessário efectuar uma inspecção e eventualmente proceder à realização de ensaios específicos, para que se possa caracterizar o estado de conservação e estudar as intervenções possíveis.

6.2.2. Degradação da Madeira

6.2.2.1. Degradação por agentes atmosféricos

A madeira é considerada um material muito resistente a uma vasta gama de ambientes químicos, embora se degrade lentamente quando exposta a agentes atmosféricos, como a água da chuva e a radiação solar [48].

A madeira exposta à **água da chuva**, sofre trocas rápidas de água na sua superfície externa, sendo que, a variação brusca da humidade entre o interior e a superfície, provoca um estado de tensão na peça que pode gerar empenos e fissuras resultando na diminuição das características mecânicas da madeira [48].

No que respeita à acção da **radiação solar**, a exposição da madeira à radiação ultravioleta do espectro de luz solar provoca a decomposição química da lenhina, resultando inicialmente o escurecimento da madeira tornando-se posteriormente acinzentada, sendo associada frequentemente a madeira “velha”. Quando a exposição intensa ao sol, está associada à incidência directa da água da chuva, os produtos

resultantes da degradação são eliminados pela água, expondo progressivamente a madeira subjacente, fazendo com que o processo de degradação da madeira seja mais rápido [49].

6.2.2.2. Biodegradação

6.2.2.2.1. Térmitas Subterrâneas

A acção das térmitas subterrâneas é um dos principais factores de degradação de estruturas de madeira.

As térmitas são insectos ditos sociais, que vivem em colónias e hierarquicamente organizadas, desempenhando diferentes papéis na sua comunidade, como o de reprodutor, de obreira ou de soldado [50].

As térmitas realizam galerias na madeira, da qual se alimentam, desenvolvendo-se mais facilmente em ambiente com elevada humidade [51].

Tal como os fungos, no interior dos edifícios, as térmitas subterrâneas afectam sobretudo as zonas em que, as variadas patologias construtivas existentes, proporcionam elevados níveis de humidade [50]. No exterior dos edifícios atacam sobretudo zonas próximas do solo. As consequências do ataque, dependem da perda de secção, a qual pode ser pontualmente muito intensa, com prejuízos importantes em termos de segurança da estrutura [52]. O facto dos ataques se processarem no interior das peças torna difícil a identificação dos sinais de degradação na fase inicial.

A espécie mais difundida em Portugal, é a *Reticulitermes lucifugus Rossi*. É um membro da família *Rhinotermitidae* da ordem *Isoptera* [51].

6.2.2.2.2. Carunchos

Os carunchos são insectos com ciclo larvar completo, que atacam a madeira geralmente seca aplicada em exteriores e interiores, através da abertura de galerias. Na sua fase adulta, o insecto sai da madeira deixando nesta um orifício circular ou elíptico de saída, eventualmente acompanhado por serrim [53].

Dentro dos carunchos podem distinguir-se *Hylotrupes bajulus* L, o *Anobium punctatum* e o *Lyctus* [54].

O *Hylotrupes bajulus* L conhecido em Portugal por caruncho grande, pelos enormes estragos que causa na madeira de espécies resinosas, particularmente em estruturas de cobertura, vigamentos e soalhos.

O *Anobium punctatum* (De Geer) infesta geralmente madeiras aplicadas na construção e está associado também aos estragos causados em madeira de mobiliário de resinosas e folhosas.

O *Lyctus* (*Lyctus* sp.) ataca sobretudo contraplacados, escadas, pavimentos e mobiliário de folhosas ricas em amido.

6.2.2.2.3. Fungos

Os fungos responsáveis pela podridão só se desenvolvem se a madeira possuir as condições ecológicas propícias para o seu desenvolvimento.

Para além de requererem um teor de água da madeira elevado, superior a 20% (mas não saturada), os fungos requerem também valores convenientes de temperatura e oxigénio, bem como das substâncias alimentares existentes na madeira, para a realização dos seus processos fisiológicos [55].

No interior dos edifícios, o ataque por fungos de podridão na madeira pode ocorrer nos vigamentos, nos soalhos e nas estruturas de cobertura, sobretudo quando há defeitos na construção que provocam um humedecimento da madeira, tais como, as infiltrações de água da chuva, originadas por patologias nas coberturas, nas caixilharias ou até mesmo nas paredes.

O facto de haver um humedecimento da madeira através do contacto com o solo ou o mau estado das canalizações, são também situações que podem dar origem aos ataques dos fungos na madeira [56].

No exterior do edifício, os elementos situados ao ar livre, tais como, as varandas, as janelas e portas exteriores, estão permanentemente em condições favoráveis ao desenvolvimento dos fungos responsáveis pela podridão [55].

O desenvolvimento de fungos produz degradações graves na madeira, alterando as suas propriedades físicas e mecânicas, tendo como consequência, a perda de massa, resistência mecânica e fica descolorada.

Em Portugal as espécies mais abundantes são: a *Coniophora puteana* Karst., *Gloeophyllum trabeum* Murrill, *Lentinus lepideus* Fr., *Poria* spp., e *Serpula lacrymans* [57].

6.2.2.3. Degradação pelo fogo

A madeira é classificada como material combustível, embora a combustão só se inicie por volta dos 280°C, a partir das faces expostas ao fogo.

Quando a madeira é submetida à acção do fogo, produz-se uma combustão rápida da superfície, em que a madeira ardida se transforma numa camada de carvão aderente ao elemento, que isola a madeira maciça no interior contribuindo para retardar a subida de temperatura no material subjacente. Por esta razão, pode acontecer que o núcleo da secção transversal, mantenha praticamente as suas propriedades inalteradas e consequentemente preservam uma reserva de resistência considerável, que permita continuar a desempenhar as suas funções [58].

A resistência ao fogo de um elemento de madeira depende não só da espécie, mas também da sua densidade e secção [59]. Em estruturas com grandes secções transversais de madeira maciça, a resistência ao fogo é elevada, ao contrário de elementos com secção transversal diminuta.

6.3. ENSAIOS “*IN SITU*” E LABORATORIAIS

6.3.1. Ensaio Não Destrutivos

O diagnóstico preliminar deve ser feito através de uma inspecção visual, examinando directamente a estrutura, com o objectivo de recolher informações, como

defeitos existentes, a espécie da madeira, sinais da acção de agentes de deterioração e deformações, com o auxílio de técnicas tradicionais como o furador e o formão [60].

6.3.1.1. Pilodyn

O Pilodyn é um método, utilizado na inspecção de estruturas de madeira, consiste na introdução de um pino metálico que penetra na superfície da madeira por meio de impacto com energia conhecida [61]. Através deste ensaio, pode detectar-se, diversos tipos de defeitos na madeira, como a existência de podridão superficial, com base na relação entre a densidade da madeira e a resistência à penetração superficial da agulha [60].



Figura 114: Equipamento do Pilodyn, [FONTE: (FEIO, A; LOURENÇO, P)].

6.3.1.2. Sylvatest

O sylvatest é um equipamento portátil de transmissão de ondas ultra-sónicas utilizado na inspecção de elementos de madeira isolados ou inseridos num sistema estrutural complexo [62], permitindo estimar o módulo de elasticidade dinâmico, através da velocidade de propagação de sons ao longo das fibras e as propriedades elásticas da madeira, nomeadamente a sua massa volúmica [63].



Figura 115: Equipamento Sylvatest, [FONTE: (LLADRÓ, et *alli*)].

6.3.1.3. Resistograph

O Resistograph é um aparelho que perfura as peças de madeira, de forma controlada, medindo a resistência oferecida pela madeira à rotação e à progressiva penetração da agulha, não tendo qualquer influência na resistência mecânica dos elementos de madeira inspeccionados [63].

Assim, este ensaio permite detectar regiões da madeira com variações anormais de densidade devidas a descontinuidades físicas, tais como, fendas ou degradação biológica, bem como, estimar a massa volúmica da madeira tendo em conta a calibração para a espécie, o teor de água e a velocidade de penetração [61].



Figura 116: Equipamento do Resistograph, [FONTE: (LLADRÓ, et *alli*; 2006)].

6.3.1.4. Higrómetro

O higrómetro, com base na obtenção do teor em água, permite identificar zonas de risco de ataques de agentes biológicos na madeira [62]. Para melhor compreensão e como exemplo, um teor em água elevado será revelador de uma deficiência na impermeabilização de fachadas ou coberturas.

6.3.1.5. Ensaio de Carga

Os ensaios de carga constituem uma actividade muito corrente na inspecção de estruturas, sendo assim possível, analisar o funcionamento e a capacidade de despenho das estruturas e também evidenciar eventuais anomalias que possam existir, através da aplicação de um determinado carregamento na zona a ensaiar. Para realizar estes ensaios são normalmente utilizados recipientes com água, sacos de areia, ou sacos de cimento, de modo a simular as condições reais de carga [64,65].



Figura 117: Ensaio de Carga, [FONTE: (ILHARCO, T;2006)].

6.3.2. Ensaio Destrutivos

Os ensaios destrutivos em provetes pequenos (isentos de defeitos), aplicáveis às estruturas de madeira, permitem caracterizar as propriedades do material, embora com algumas limitações. Os ensaios em provetes de tamanho real, para além das propriedades, permitem um conhecimento real e preciso do funcionamento da estrutura.

Em Portugal, os ensaios normalizados que utilizam provetes de pequena dimensão (isentos de defeitos) na obtenção das propriedades mecânicas da madeira, são os seguintes:

- Ensaio de compressão axial – NP618; 1973 [81];
- Ensaio de flexão estática – NP619; 1973 [78];
- Ensaio de flexão dinâmica – NP620; 1973 [82];

- Ensaio de tracção transversal – NP621; 1973 [83];
- Ensaio de fendimento – NP622; 1973 [84];
- Ensaio de corte – NP623; 1973 [76].

Quando se pretende analisar o comportamento e determinar as propriedades físicas e mecânicas de estruturas de madeira nas condições reais, utilizam-se provetes de tamanho real contendo os defeitos naturais da madeira. Estes ensaios podem ser executados segundo as normas europeias EN 408 (CEN; 2003b) e EN 384 (CEN; 2004e), [67]

6.3.2.1. Propriedades Físicas

6.3.2.1.1. Massa Volúmica e Densidade Volúmica

O valor da massa volúmica pode ser determinado tendo em conta a norma portuguesa NP-616, 1973 [66]:

$$\rho_H = \frac{m_H}{V_H} \quad (6.1)$$

ρ_H - massa volúmica da madeira;

m_H - massa;

V_H - volume.

Usualmente indicada em kg/m^3

Na norma, está também definida, a massa volúmica de referência de um provete de madeira, como sendo, a massa volúmica determinada para o provete com um teor de água de 12% [10].

6.3.2.1.2. Teor de Água

O **teor de água** ou **humidade** da madeira, H , corresponde ao valor percentual do peso de água da amostra em relação ao peso seco desta, após secagem em estufa a mais de 100°C, determinado através da norma portuguesa NP-614, 1973 [66]:

$$H = 100 \times \frac{m_h - m_s}{m_s} \quad (6.2)$$

m_h - massa da madeira húmida;

m_s - massa da madeira seca.

Usualmente indicada em kg/m^3

O valor de referência para o teor em água padrão, para o qual são determinadas as propriedades da madeira foi convencionalmente definido como sendo $H=12\%$.

O teor de água da madeira condiciona significativamente o comportamento e as propriedades da madeira. Quando as trocas de água se dão abaixo do ponto de saturação das fibras, há alterações significativas na maioria das propriedades físicas e mecânicas da madeira. Essas alterações, podem ser a retracção ou a dilatação da madeira, e consequentes, distorções e empenamentos, variando a resistência e o módulo de elasticidade da madeira [68,69]. Quando as trocas de água se dão acima do ponto de saturação das fibras, as propriedades mantêm-se praticamente inalteráveis [68,69].

6.3.2.2. Propriedades Mecânicas

6.3.2.2.1. Compressão paralela às fibras

A resistência da madeira sujeita a compressão paralela às fibras é elevada, apresentando um comportamento próximo do linear até ao máximo da resistência rotura que é dúctil [70].

Ao efectuar-se uma comparação com a flexão, na madeira isenta de defeitos solicitada à compressão paralela às fibras os valores da resistência são inferiores aos obtidos em flexão. O mesmo acontece se compararmos com a tracção, no caso da madeira livre de defeitos, a resistência à compressão é inferior à resistência à tracção, devido ao fenómeno de encurvadura das fibras da madeira, quando sujeita á compressão [70].

A determinação da resistência à compressão da madeira livre de defeitos pode ser feita com base na norma portuguesa NP-618, 1973 [68].

O valor da resistência à compressão paralela às fibras pode ser também estimado com base na fórmula empírica do Wood Handbook [69]:

$$\sigma = \frac{49000 \times (G/1000)^{1.11}}{1000} \quad (6.3) \quad \begin{array}{l} G - \text{massa volúmica da madeira (kg/m}^3\text{);} \\ \sigma \text{ em MPa} \end{array}$$

6.3.2.2.2. Tracção paralela às fibras

A madeira tem uma elevada resistência à tracção paralela às fibras, apresentando um comportamento elástico praticamente linear até à rotura que é frágil. Comparativamente com a flexão, na madeira isenta de defeitos solicitada á tracção paralela às fibras pode atingir valores superiores aos alcançados em flexão [71].

É possível que anomalias existentes na madeira, devido à sua estrutura fibrosa, provoquem alterações no comportamento linear desta rotura, uma vez que mudanças de secção ou orifícios quebram a continuidade das fibras, introduzindo assim variações nos valores da resistência à tracção [71].

A existência de defeitos na madeira tal como os “nós” presentes em grande parte das peças de madeira, influenciam negativamente a resistência à tracção, obtendo por isso resistências inferiores às da madeira livre de defeitos [71,72].

6.3.2.2.3. Compressão perpendicular às fibras

A resistência à compressão perpendicular às fibras é menor, do que na direcção paralela às fibras.

A relação tensão-deformação evidencia um comportamento inicialmente linear e que se atinge a rotura por plastificação sem que se observe uma rotura clara da peça. Este esforço é característico nas zonas de apoio das vigas, onde a carga aplicada é

concentrada em pequenas áreas que devem ser capazes de transmitir a reacção de apoio sem sofrer deformações relevantes e plastificação [73].

O valor da resistência da madeira à compressão perpendicular às fibras pode ser estimado com base na fórmula empírica do Wood Handbook [74]:

$$\sigma = \frac{18500 \times (G/1000)^{2.48}}{1000} \quad (6.4) \quad \begin{array}{l} G - \text{massa volúmica da madeira (kg/m}^3\text{);} \\ \sigma \text{ em MPa} \end{array}$$

6.3.2.2.4. Tracção perpendicular às fibras

A resistência da madeira à tracção na direcção perpendicular às fibras é muito reduzida, uma vez que existem muito menos fibras nesta direcção para resistir a este esforço e à conseqüente falta de travamento das fibras longitudinais.

Sendo uma resistência muito baixa, na aplicação a estruturas, deve evitar-se este tipo de solicitações.

O valor da resistência da madeira à tracção perpendicular às fibras pode ser estimado com base na fórmula empírica do Wood Handbook [74]:

$$\sigma = \frac{10500 \times (G/1000)^{1.37}}{1000} \quad (6.5) \quad \begin{array}{l} G - \text{massa volúmica da madeira (kg/m}^3\text{);} \\ \sigma \text{ em MPa} \end{array}$$

6.3.2.2.5. Corte

A resistência ao corte da madeira não é muito elevada, podendo as tensões de corte ocorrer na direcção das fibras, provocando deslizamento entre fibras, ou na direcção perpendicular às fibras, provocando a rotura das fibras.

O corte pode ocorrer em qualquer elemento de madeira, sendo a sua capacidade de resistência seriamente prejudicada no caso de existirem defeitos, como fendas e fissuras.

A rotura dá-se pelo plano mais fraco, ou seja no plano das fibras, onde as tensões originam o deslizamento das mesmas [75].

Na direcção perpendicular às fibras o corte praticamente não ocorre, excepto em casos específicos, como é o caso das uniões coladas entre a alma e o banzo de uma viga com secção em “duplo T”, [75].

O valor da resistência ao corte da madeira livre de defeitos pode ser determinado pela norma Portuguesa NP-623 (1973), [76].

O valor da resistência ao corte pode ser também estimado com base na fórmula empírica do Wood Handbook [74]:

$$\sigma = \frac{17800 \times (G/1000)^{1.24}}{1000} \quad (6.6) \quad \begin{array}{l} G - \text{massa volúmica da madeira (kg/m}^3\text{);} \\ \sigma \text{ em MPa} \end{array}$$

6.3.2.2.6. Flexão

A resistência à flexão da madeira é elevada, quando comparada com a sua densidade.

Esta propriedade é uma das mais importantes da madeira, uma vez que a maior parte dos elementos estruturais se encontram submetidos a este tipo de esforço, como por exemplo, as vigas de pavimento, as madres e as pernas das coberturas [77].

A resistência à flexão pode ser determinada através de ensaios com três ou quatro pontos de carga, em prismas rectangulares, em que as cargas são gradualmente aplicadas até se atingir a rotura do provete.

Os esforços de flexão provocam essencialmente tensões de tracção e compressão paralelas ao fio nas secções das peças.

Quando um provete de madeira é ensaiado à flexão, até à rotura, as fibras da face superior começam a plastificar e o eixo neutro vai-se deslocando progressivamente para baixo em direcção às fibras mais traccionadas, uma vez que o limite de resistência em compressão é atingido antes de se atingir a resistência à tracção. Sendo assim a rotura dá-se por tracção com estilhaçamento das fibras quando se atinge a tensão de rotura à tracção das fibras inferiores.

O valor da resistência à flexão da madeira livre de defeitos pode ser determinado pela norma portuguesa NP-619 (1973) [78].

O valor da resistência à flexão pode ser também estimado com base na fórmula empírica do Wood Handbook [69]:

$$\sigma = \frac{118700 \times (G/1000)^{1.16}}{1000} \quad (6.7) \quad \begin{array}{l} G - \text{massa volúmica da madeira (kg/m}^3\text{);} \\ \sigma \text{ em MPa} \end{array}$$

6.3.2.2.7. Módulo de elasticidade e distorção

O módulo de elasticidade da madeira não é igual em tracção e em compressão. Na direcção paralela às fibras utiliza-se um valor médio, entre o de tracção e o de compressão, que pode variar entre os 7 e os 16 GPa para as resinosas e entre os 10 e os 20 GPa para as folhosas, na madeira classificada.

O valor da distorção, na direcção perpendicular, é 30 vezes inferior ao da direcção paralela no caso das resinosas, podendo estar compreendido entre os 0,23 e os 0,53 GPa e no caso das folhosas é 15 vezes inferior, podendo estar compreendido entre os 0,64 e os 1,33 GPa, para a madeira classificada [79].

6.4. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL

Na verificação da segurança em estruturas de madeira, devem ser levadas em consideração as disposições normativas constantes no Eurocódigo 5 [79]. Assim, como notas informativas para uma eventual reabilitação estrutural, a verificação é efectuada com base em coeficientes parciais de segurança que têm em atenção diversos aspectos como a variabilidade e fiabilidade em serviço, levando a uma verificação em relação aos estados limites últimos e em relação aos estados limites de serviço.

Os modelos de dimensionamento em relação às estruturas de madeira, devem considerar as seguintes situações:

- Diferentes propriedades dos materiais no curto e longo prazo;
- Diferentes condições climáticas em que o material é aplicado;
- Diferentes condições e durações dos carregamentos.

Numa eventual análise global da estrutura para efeitos de reabilitação estrutural, o comportamento da madeira pode ser assumido como elástico linear à rotura.

Em algumas situações, como é o caso dos elementos sujeitos a esforços de compressão, a madeira apresenta alguma ductilidade podendo considerar-se um comportamento elasto-pástico.

As redistribuições de esforços podem ser consideradas, sempre que, as estruturas tenham uma ductilidade compatível com essas redistribuições, nomeadamente nas ligações.

A rigidez dos elementos e ligações condiciona a distribuição de esforços nos modelos de análise de estruturas hiper-estáticas.

6.5. ENSAIOS EXPERIMENTAIS DA MADEIRA DO EDIFÍCIO EM ESTUDO

Nesta secção, procede-se à descrição do trabalho experimental que foi realizado com o objectivo de caracterizar o comportamento físico e mecânico da madeira, proveniente da estrutura do edifício objecto de estudo.

Do edifício em estudo foi removida uma viga estrutural pertencente à cobertura, Figura 117, que posteriormente foi utilizada para executar os provetes usados no programa experimental para a determinação das propriedades físicas (massa específica) e mecânicas (flexão, compressão e tracção).

A viga removida da cobertura do edifício é de espécie eucalipto, tendo sido substituída por outra de características semelhantes.



Figura 118: Processo de remoção da viga utilizada no estudo: a) escoramento da envolvente, antes da remoção; b) escoramento da envolvente, sem a viga, esta já removida (vista A); c) escoramento da envolvente, sem a viga, esta já removida (vista B); d) Imagem da viga removida.

Numa segunda fase executaram-se os provetes para a realização dos ensaios de flexão estática, compressão paralela ao fio, tracção paralela ao fio, densidade e teor de humidade.

6.5.1. Ensaios Mecânicos

Os ensaios mecânicos foram executados numa máquina universal de ensaios mecânicos INSTRON 1125 com recurso a diversos acessórios, de acordo com o tipo de ensaio. A força aplicada foi medida através de uma célula de carga de 100 kN.

Todos os provetes foram inicialmente submetidos a dez ciclos de carga e descarga, no domínio linear e à velocidade de 5 mm/min, para eliminação de folgas no sistema de amarração.

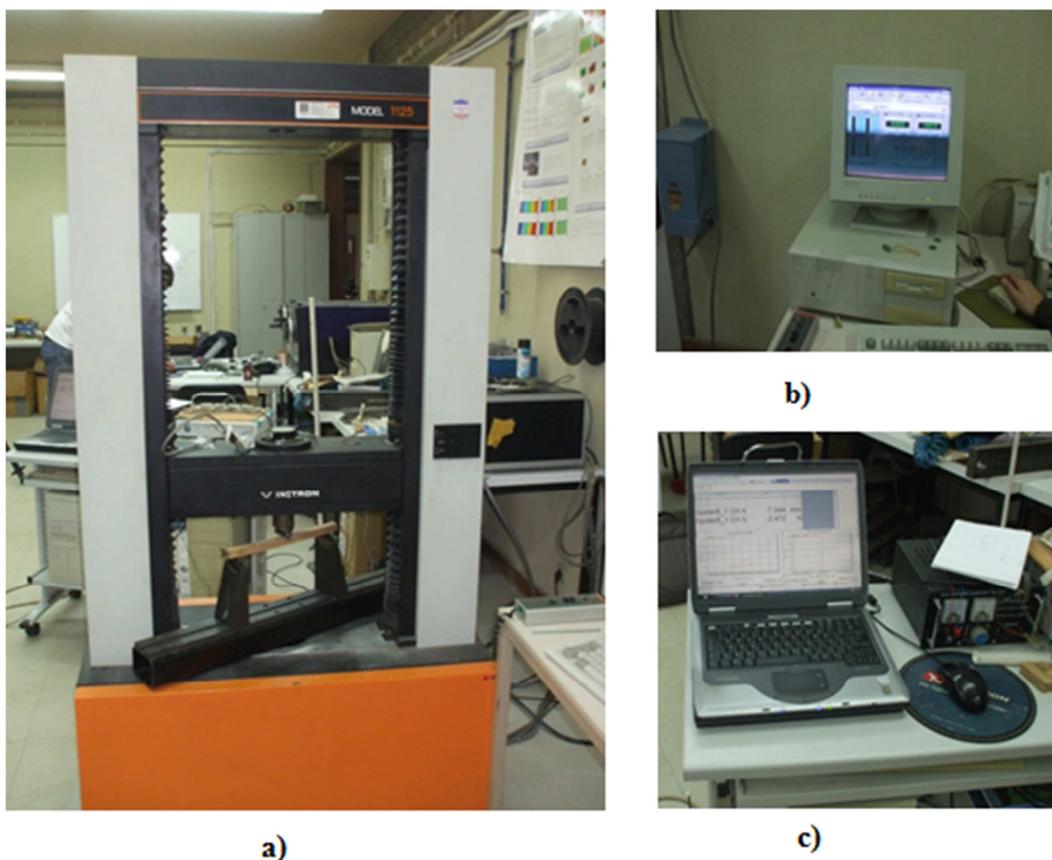


Figura 119:Equipamentos usados nos ensaios: a) máquina INSTRON 1125; b) controlo da máquina de ensaios; c) aquisição de dados de cada ensaio

6.5.1.1. Tracção Paralela às Fibras

A resistência à tracção paralela às fibras foi avaliada por meio de ensaios de tracção em prismas rectangulares de dimensões (5×20×200) milímetros, de acordo com a Figura 119, tendo sido ensaiados 6 provetes de madeira da espécie eucalipto (Figura 120 e 121).

Na preparação dos provetes de tracção, foram coladas nas extremidades, na zona de aperto das amarras de tracção, “bolachas” de madeira de Cambala, com 55 mm de comprimento e 2 mm de espessura, com recurso a cola branca (Figura 120).

Os provetes depois de fixos, executaram-se os respectivos ensaios com uma velocidade de travessão de 5mm/min, até se atingir a rotura.

No Gráfico 29e no Quadro 19 são apresentados os resultados obtidos no ensaio de tracção paralela às fibras para a determinação da tensão de rotura e do módulo de elasticidade. Os resultados apresentados no Quadro 19vão ser objecto de tratamento estatístico com o objectivo de obter o valor característico de resistência à tracção paralela ao fio.

Pela análise do Gráfico 29 constata-se que todos os provetes de eucalipto apresentam resultados muito satisfatórios. Todos os provetes atingiram a rotura para um deslocamento aproximado de 5mm, com excepção do *Provete 3* atingiu a rotura para um deslocamento aproximado de 3,2mm.



Figura 120: Dimensão dos prismas rectangulares para o ensaio de tracção paralela às fibras.



Figura 121: “Bolachas” de madeira de Cambala

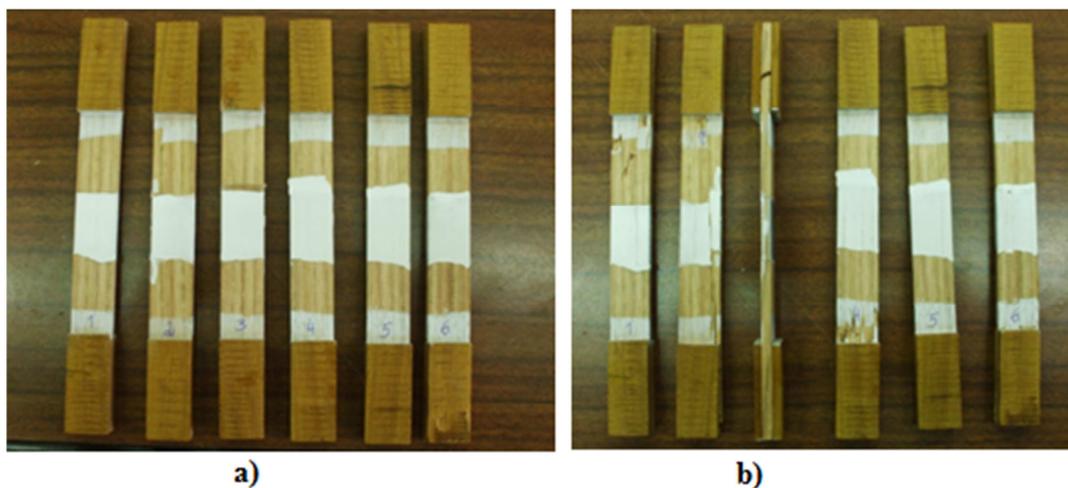


Figura 122: Provetes de Tracção Paralela às Fibras: a) antes do ensaio; b) depois do ensaio.



Figura 123: Provede do ensaio de tracção instalado na máquina INSTRON 1125.

Todos os provetes tiveram comportamentos muito parecidos, à excepção do Provede 3, que rompeu pelas amarras. Com base nos resultados é possível constatar que o material em estudo (eucalipto) apresenta um comportamento praticamente linear, em todos os provetes, entre 0-30MPa e de ± 30 MPa até à rotura, exibindo assim um comportamento praticamente bilinear.

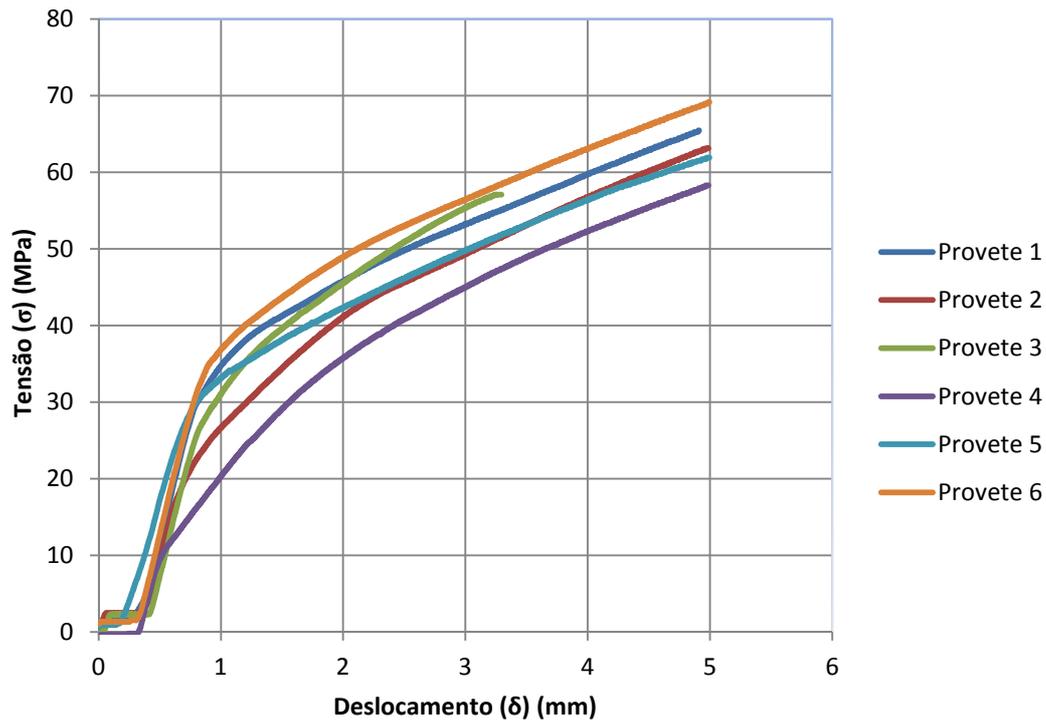


Gráfico 29: Curvas tensão versus extensões resultantes do ensaio de tracção paralela às fibras.

Quadro 19: Resultados da Tensão de Rotura (Mpa) obtidos no ensaio de tracção paralela às fibras.

Provete	Tensão de Rotura (MPa)
1	65.44
2	63.13
3	57.08
4	58.30
5	61.89
6	69.14

6.5.1.2. Flexão Estática

A resistência à flexão estática foi avaliada por meio de um ensaio de flexão em três pontos de carga, em prismas rectangulares de dimensões (20x20x340) milímetros, de acordo com a norma portuguesa NP-619 (1973) [78], tal como se apresenta na Figura 123.

O ensaio foi realizado nos 6 provetes de madeira da espécie eucalipto, segundo, figura 123, que após o posicionamento dos provetes, aplicaram-se as cargas de uma forma gradual, com uma velocidade de ensaio de 5 mm/min até se atingir a rotura.

No Gráfico 30 e no Quadro 20, são apresentados os resultados do trabalho efectuado sobre o uso do ensaio de flexão em três pontos para a determinação da tensão de rotura e do módulo de elasticidade.



Figura 124: Dimensão dos provetes para os ensaios da flexão estática.



Figura 125: Decorrer de um ensaio de flexão estática.

No gráfico 30 apresentam-se as curvas tensão–deslocamento resultantes do ensaio de flexão estática para os provetes de eucalipto, na qual se pode observar uma pequena dispersão dos valores da resistência à rotura, com excepção do *Proвете 5* que apresenta uma tensão de rotura abaixo da média dos restantes provetes.

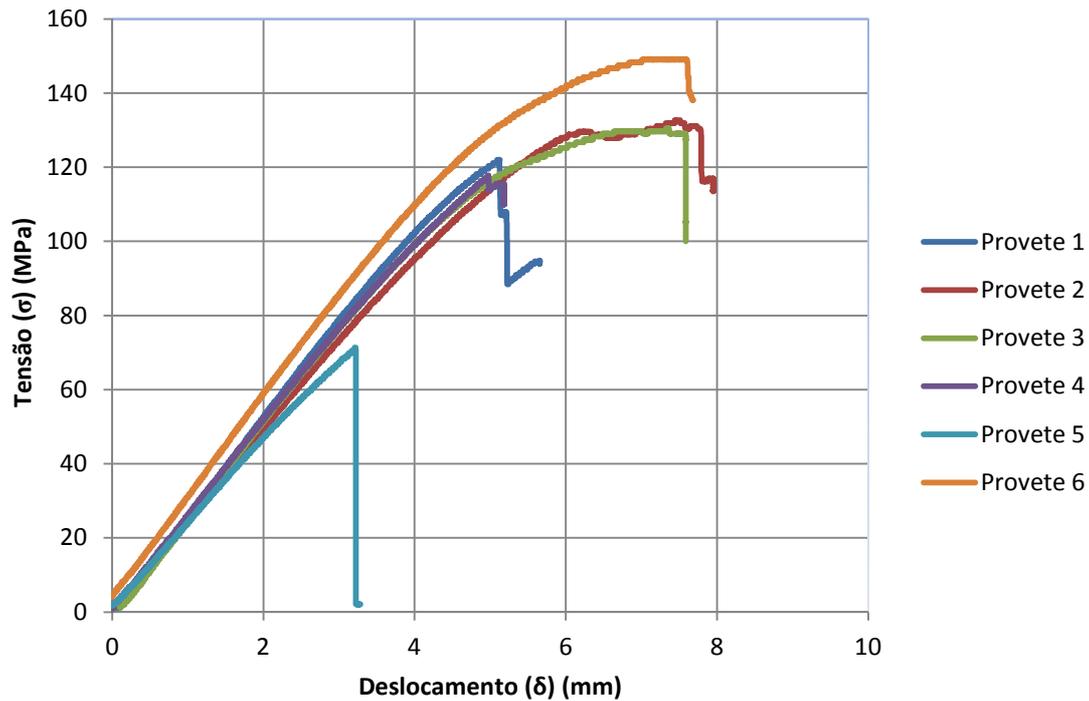


Gráfico 30: Curvas tensão versus deslocamento resultantes do ensaio de flexão estática.

No Quadro 20 são apresentados os valores de Tensão de Ruptura (MPa), obtidos com bases nos ensaios de flexão, que são objecto de tratamento estatístico antes das conclusões do presente capítulo.

Quadro 20: Tensão de Ruptura obtida através do ensaio de flexão estática (MPa).

Provete	Tensão de Ruptura (MPa)
1	121,97
2	132,70
3	130,51
4	117,79
5	71,35
6	149,05

6.5.1.3. Compressão Paralela as Fibras

A resistência à compressão paralela às fibras foi avaliada por meio de ensaios de compressão, realizados segundo a norma portuguesa NP-618 (1973) [81].

Os provetes usados para a determinação da resistência à compressão paralela às fibras, tinham uma configuração prismática rectangular de dimensões (20×20×60) milímetros, de acordo com a norma portuguesa NP-618 (1973) [81], tal como se apresenta na Figura 127.

O programa experimental teve como amostra 6 provetes (Figura 128), extraídos da viga estrutural removida do edifício objecto de estudo.

Os provetes foram posicionados na máquina de ensaios (Figura 127) e posteriormente ensaiados, através da aplicação de cargas com um deslocamento do travessão controlado de 5 milímetros por minuto, até se atingir a rotura.

Os resultados do ensaio de compressão para a determinação da tensão de rotura e do módulo de elasticidade, serão apresentados no Gráfico 31 e no Quadro 21.

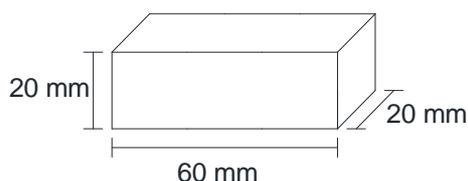


Figura 126: Dimensão dos provetes para ensaio de compressão paralela às fibras.



Figura 127: Provetes a serem usados nos ensaios compressão paralela às fibras: antes do ensaio.

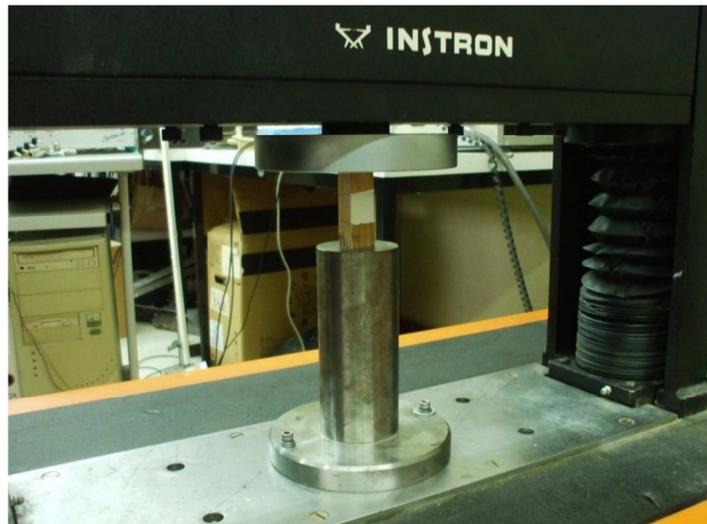


Figura 128: Ensaio de compressão paralela às fibras.

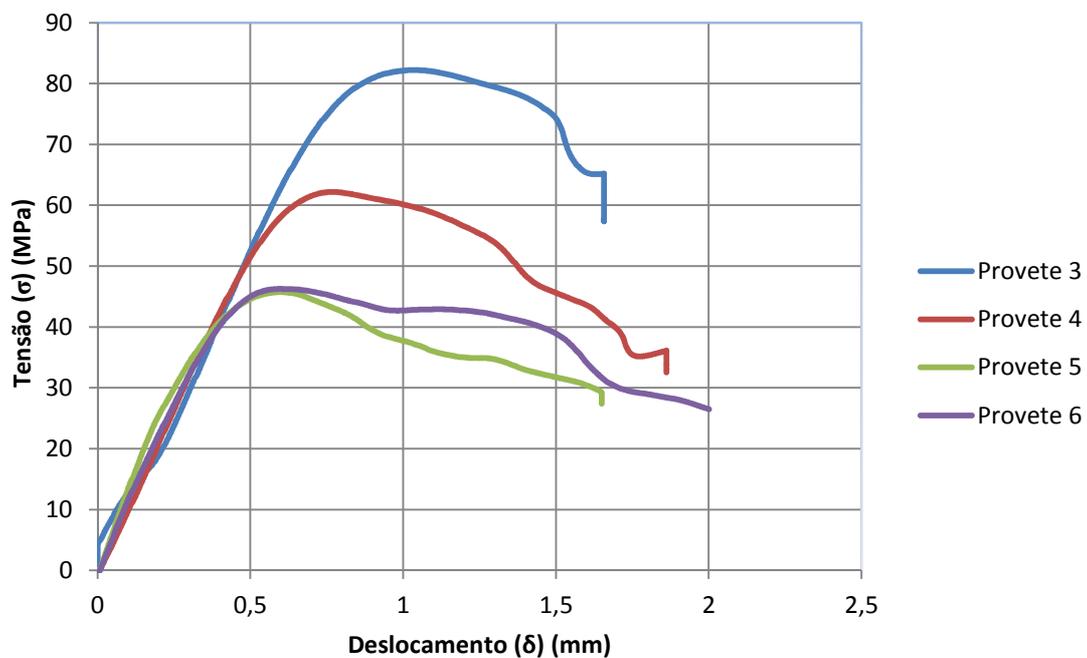


Gráfico 31: Curvas tensão versus deslocamento resultantes do ensaio de compressão paralela às fibras.

Após conclusão dos ensaios, podemos constatar que não obtivemos registo dos resultados dos *Provete 1* e *Provete 2*, pelo facto de o sistema de aquisição (Spider 8) não ter efectuado o registo, no entanto, pelos valores observados no final dos ensaios, a tensão de rotura rondava os 75 MPa, para os dois provetes.

Com base nas curvas tensão–deslocamento obtidas através dos ensaios de compressão, apresentadas no, pode constatar-se que a resistência à rotura para a

generalidade dos provetes ensaiados apresenta alguma dispersão, obtendo resultados bastante satisfatórios. Os *Provete 3* e *Provete 4* apresentam valores de tensão de rotura acima da média dos restantes provetes, que têm valores semelhantes.

No quadro seguinte apresentam-se os valores de Tensão de Rotura obtidos através do ensaio de compressão às fibras paralelas.

Quadro 21: Tensão de Rotura obtida através do ensaio de compressão às fibras paralelas.

Provete	Tensão de Rotura (MPa)
1	75*
2	75*
3	82.20
4	62.17
5	45.77
6	46.26

*Valores aproximado

6.5.2. Determinação da Massa Volúmica e do Teor de Humidade

A massa volúmica (ρ_H) dos provetes foi determinada tendo em conta a norma portuguesa NP-616 (1973) [66], através da seguinte equação (7.46):

$$\rho_H = \frac{m_H}{V_H} \quad (7.46)$$

Nos mesmos provetes determinou-se o teor de água (H), de acordo com a norma portuguesa NP-614 (1973) [80], através da seguinte expressão (7.47):

$$H = 100 \times \frac{m_h - m_s}{m_s} \quad (7.47)$$

Com a finalidade de determinar a massa volúmica e o teor de humidade, foram feitos provetes com as dimensões apresentadas na Figura 129. Os provetes utilizados,

bem como o instrumento e o equipamento utilizados para a presente análise estão expostos nas Figuras 129, 130 e 131.

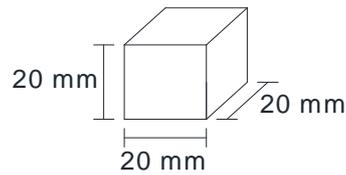


Figura 129: Dimensões dos provetes para determinação do teor de humidade.

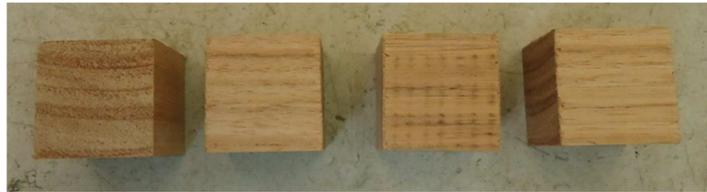


Figura 130: Provetes usados na determinação da Massa Volúmica e do Teor de Humidade.



Figura 131: Balança Digital.



Figura 132: Estufa.

O Quadro 22 apresenta os resultados da massa volúmica para todos os provetes analisados, incluindo a média da massa volúmica para cada espécie.

Quadro 22: Resultados da massa volúmica

Provete	Dimensões (mm)			Volume (cm ³)	Massa Húmida (g)	Massa Volúmica (g/cm ³)
	a	b	c			
1	20,11	20,02	19,98	8,08	5,8223	0,721
2	19,61	20,06	19,54	7,68	5,6313	0,733
3	19,57	19,87	19,56	7,61	5,6313	0,739
4	19,69	19,63	19,63	7,69	5,6457	0,734

Médias	7,77	5,6827	0,7318
--------	------	--------	--------

O Quadro 23 apresenta os resultados do teor de humidade para todos os provetes analisados, incluindo a média do teor de humidade para cada espécie.

Quadro 23: Teor de Humidade

Provete	Massa Húmida (g)	Massa Seca (g)	H (%)
1	5,8223	5,3396	9,04
2	5,6313	5,1581	9,17
3	5,6313	5,1630	9,07
4	5,6457	5,1842	8,90

Humidade média	9,05
----------------	------

O Gráfico 32 representa a massa medida ao longo do tempo dos provetes ensaiados. No mesmo gráfico é possível observar que o *Provete 1* tem uma massa superior aos restantes provetes, no entanto, o teor de humidade é praticamente igual em todos os provetes analisados.

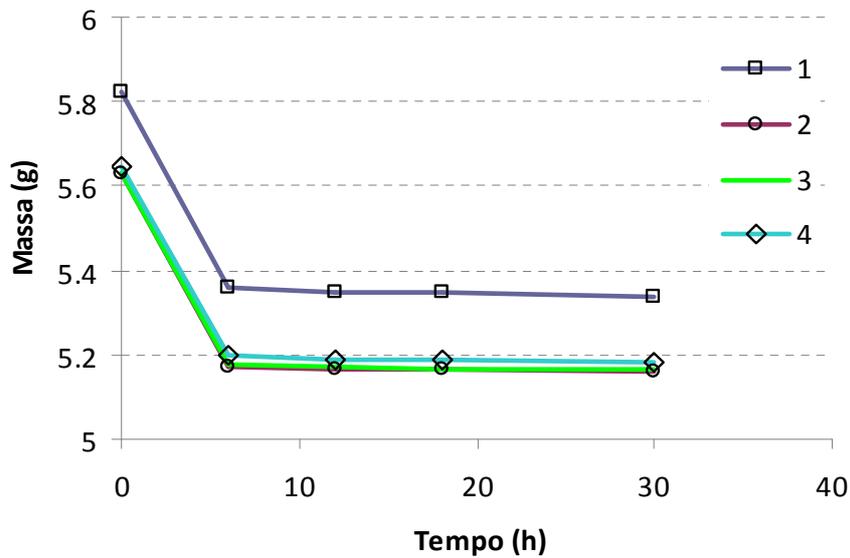


Gráfico 32: Evolução da massa humidade em função do tempo.

6.5.3. Valores característicos das propriedades mecânicas

Os valores característicos das propriedades mecânicas obtêm-se geralmente com base no percentil inferior de 5% da distribuição da Lei Normal Gaussiana.

Assim, pelo exposto, a distribuição Normal ou Gaussiana é muito utilizada em análises estatísticas. É uma distribuição simétrica em torno da sua média e em forma de sino. Depende de dois parâmetros que são a média e o desvio-padrão da distribuição.

Assim, a média, \bar{X} , de uma determinada amostra é dada pela equação (7.48):

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (7.48) \quad \bar{X} - \text{Média}$$

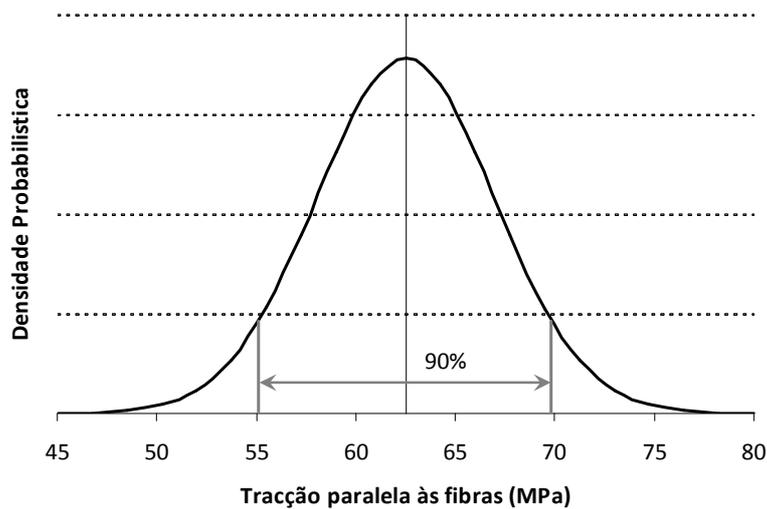
Assim, o desvio-padrão, $\sigma(x)$, de uma determinada amostra é dada pela equação (52):

$$\sigma(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (7.49) \quad \sigma(x) - \text{Desvio Padrão}$$

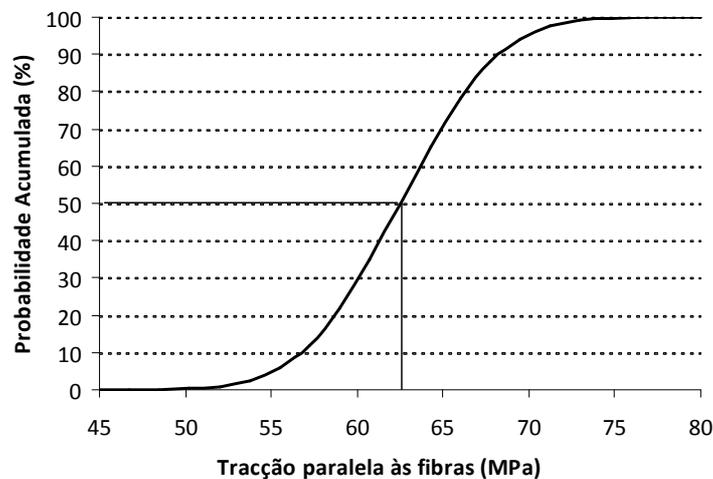
$X \sim N(\bar{X}, \sigma)$ significa que X tem uma distribuição Normal com média, \bar{X} , e desvio padrão, $\sigma(x)$. A função densidade probabilística da Lei Normal é dada pela equação (7.50):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{X})^2}{2\sigma^2}}, \quad x \in \mathfrak{R}, \quad \bar{X} \in \mathfrak{R}, \quad \sigma > 0 \quad (7.50)$$

No Gráfico 33 apresenta-se a densidade probabilística e a probabilidade acumulada para os resultados experimentais dos ensaios de tracção. Após análise estatística baseada na lei Normal, determinou-se o percentil inferior de 5%, de 55.14MPa, que corresponde ao valor característico da resistência à tracção paralela às fibras da madeira de eucalipto.



a)



b)

Gráfico 33: Tracção paralela às fibras: a) densidade probabilística; b) Probabilidade Acumulada.

No Gráfico 34 apresenta-se a densidade probabilística e a probabilidade acumulada para os resultados experimentais dos ensaios de flexão estática. Após análise estatística baseada na lei Normal, determinou-se o percentil inferior de 5%, de 77.24MPa, que corresponde ao valor característico da resistência à flexão estática da madeira de eucalipto.

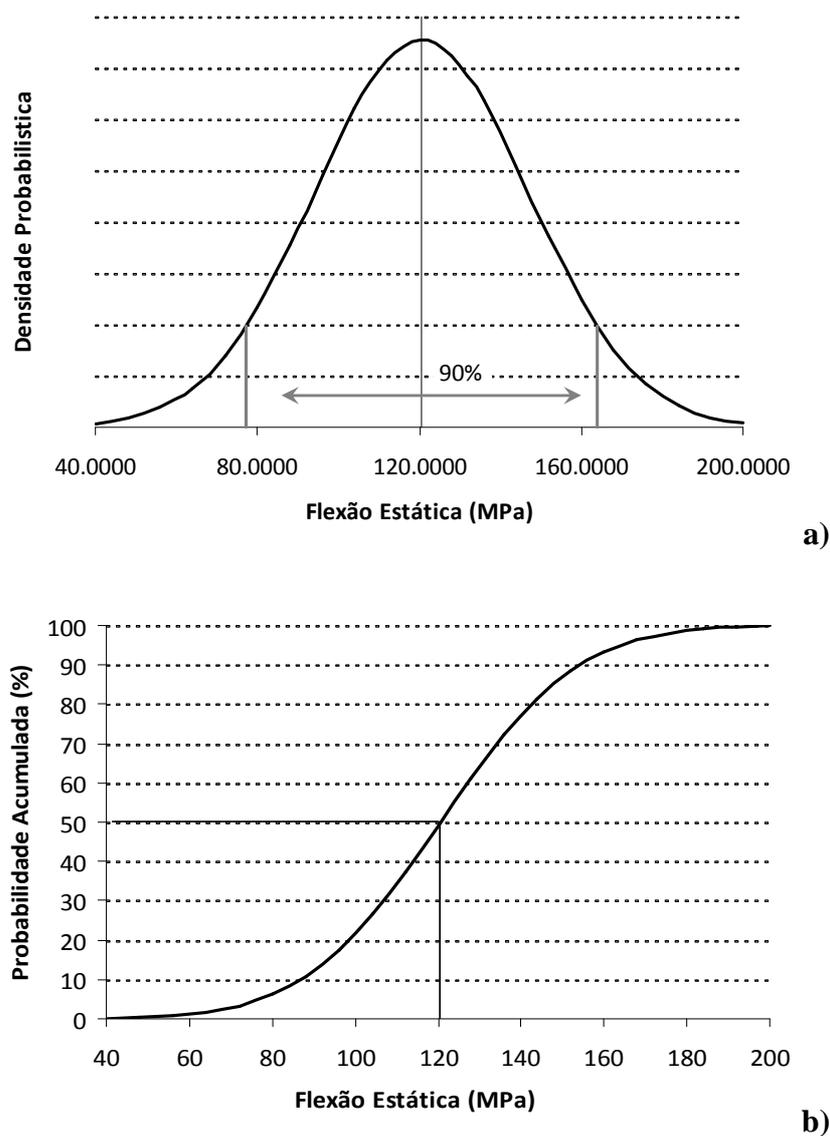
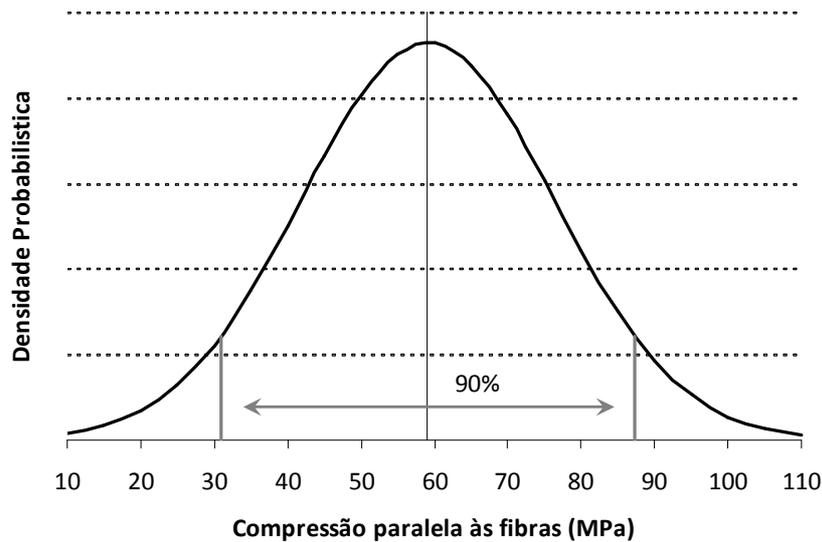
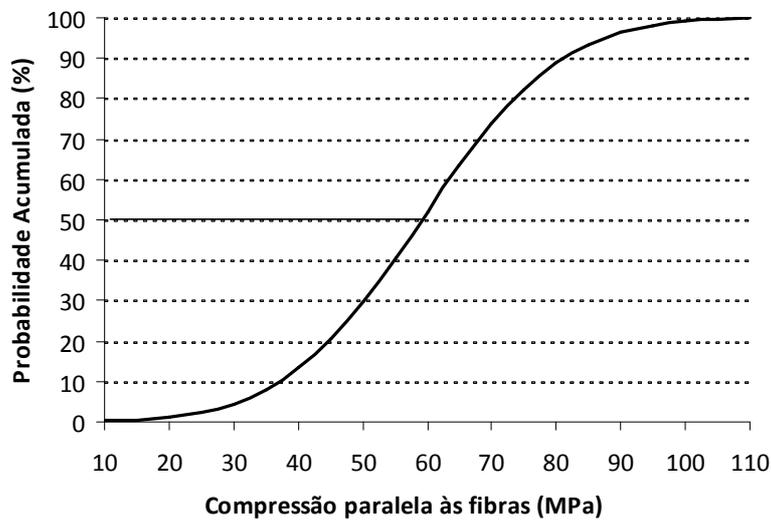


Gráfico 34: Flexão estática: a) densidade probabilística; b) Probabilidade Acumulada.

No Gráfico 35 apresenta-se a densidade probabilística e a probabilidade acumulada para os resultados experimentais dos ensaios de compressão paralela às fibras. Após análise estatística baseada na lei Normal, determinou-se o percentil inferior de 5%, de 30.92MPa, que corresponde ao valor característico da resistência à compressão paralela às fibras da madeira de eucalipto.



a)



b)

Gráfico 35: Compressão paralela às fibras: a) densidade probabilística; b) Probabilidade Acumulada.

No Gráfico 36 apresenta-se a densidade probabilística e a probabilidade acumulada para os resultados experimentais dos ensaios da massa volúmica. Após análise estatística baseada na lei Normal, determinou-se o percentil inferior de 5%, de 718.59Kg/m^3 , que corresponde ao valor característico da massa volúmica da madeira de eucalipto.

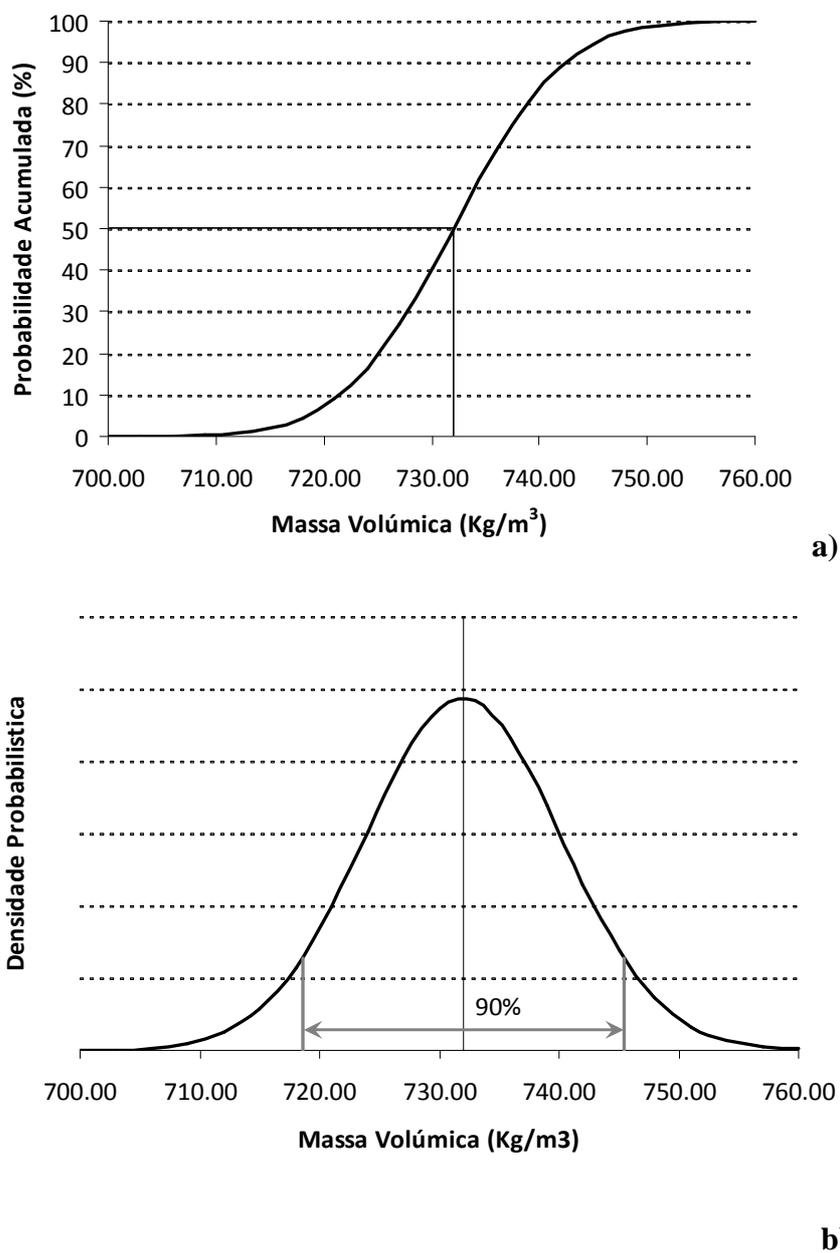


Gráfico 36: Massa volúmica: a) densidade probabilística; b) Probabilidade Acumulada.

No Quadro 24 apresentam-se algumas das propriedades para o eucalipto, baseadas nas expressões do Wood Handbook [85]. As propriedades que não foram obtidas pela via experimental e seguidas de um tratamento estatístico, foram as seguintes:

- Compressão perpendicular às fibras;
- Tracção perpendicular às fibras; e,
- Corte.

É importante referir que as fórmulas do Wood Handbook [85] utilizadas para estimar alguns valores das propriedades da madeira, têm como variável o valor característico da massa volúmica da madeira, obtido experimentalmente.

As propriedades mecânicas usadas para efeito de verificação estrutural numa possível reabilitação do edifício em estudo, são as apresentadas no Quadro 25.

Quadro 24: Valores característicos das propriedades da madeira (MPa).

	Eucalipto
Flexão estática	80,90
Compressão paralela às fibras	33,95
Tracção perpendicular às fibras	6,68
Compressão perpendicular às fibras	8,15
Corte	11,82

Quadro 25: Resumo dos valores característicos das propriedades mecânicas da madeira.

Propriedades Mecânicas	Símbolo	Eucalipto
N/mm ²		
Flexão Estática	$f_{m,g,k}$	77,24
Tracção Paralela às Fibras	$f_{t,0,g,k}$	55,14
Tracção Perpendicular às Fibras	$f_{t,90,g,k}$	6,68
Compressão Paralela às Fibras	$f_{c,0,g,k}$	30,92
Compressão Perpendicular às Fibras	$f_{c,90,g,k}$	8,15
Corte	$f_{v,g,k}$	11,82
Kg/m ³		
Massa Volúmica		
Valor característico	$\rho_{g,k}$	718,59

6.6. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Para a realização destes ensaios, só foi possível utilizar madeira, de apenas uma viga estrutural da cobertura. Os provetes foram executados, com base no aproveitamento da viga de madeira, de modo a obtermos o maior número de amostras livres de defeitos, para a execução dos ensaios.

Não foi possível preparar todos os provetes para os ensaios de flexão, de compressão e de tracção, perfeitamente orientados com as fibras paralelas às faces dos provetes. Devido ao facto da viga ter estado em serviço, esta apresentava alguns orifícios com alguma profundidade, devido á existência de pregos. Outro aspecto que foi relevante e que condicionou alguns resultados foi o facto de existirem nós em alguns dos provetes.

Com base nos resultados estatísticos obtidos com vista à obtenção das propriedades mecânicas dos materiais, verifica-se que estes são perfeitamente aceitáveis, uma vez que comparando-os com os obtidos através das expressões apresentadas na referência Wood Handbook [85], os valores são similares.

CAPÍTULO 7

PROPOSTA DE RESTAURO E REABILITAÇÃO

7.1. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO NAS FUNDAÇÕES

A intervenção nas fundações de construções pode tornar-se necessária para corrigir a forma como as forças resultantes das acções externas ou internas a que a superestrutura deve resistir são transmitidas ao terreno. [86]

7.2. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO NO PISO

A sugestão de reparação pode ser sugerida através de duas soluções distintas, uma primeira solução pode ser, reduzir o “vão” do pavimento, criando apoios intermédios, por exemplo, sendo que a segunda solução pode consistir no reforço da capacidade resistente do pavimento a que corresponde também uma maior rigidez e uma menor conformidade.

A primeira solução apresenta algumas limitações e dificuldades, relacionadas com aspectos arquitectónicos, construtivos e estruturais, sendo no entanto uma forma fácil de resolver o problema, basta pensarmos que se colocarmos uma viga de apoio no meio vão do pavimento, a deformabilidade deste reduz drasticamente.

A segunda solução consiste em reforçar a rigidez das vigas de pavimento, através de duas hipóteses distintas:

- Colocação de novas vigas, como se verifica na Figura 133, paralelas às existentes, seleccionando o material e a sua geometria, de modo a obter como resultado final o controlo pretendido da deformação do pavimento. Normalmente as vigas serão também de madeira, com altura igual à das vigas existentes, podendo fazer-se variar a espécie escolhida, em função do módulo de elasticidade, e a largura das novas vigas, ou recorrendo a vigas “artificiais” de lamelados colados.

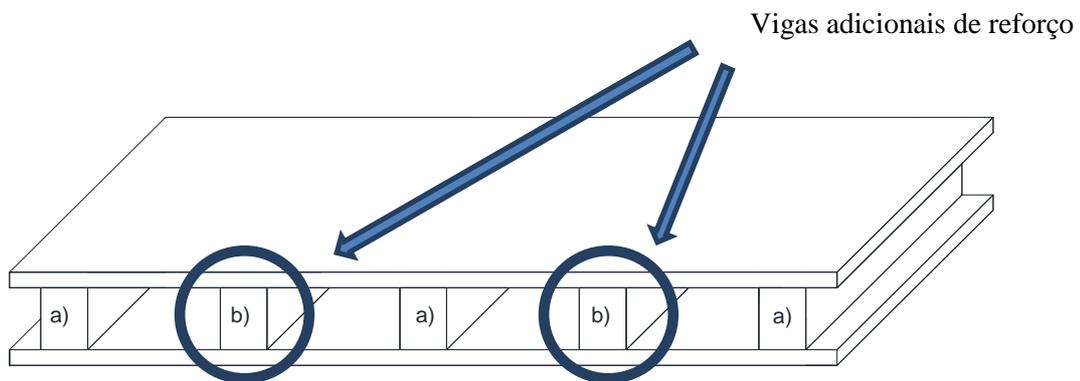


Figura 133: a) Vigas de madeira existentes; b) Vigas de madeira de reforço.

- Reforço das vigas existentes através da aplicação de chapas ou de perfis de aço pregados às vigas. Atender-se-á à relação entre o módulo de elasticidade do aço e da madeira para homogeneizar a secção composta, escolhendo, em função disso, a altura e a espessura das chapas e perfis. [87]

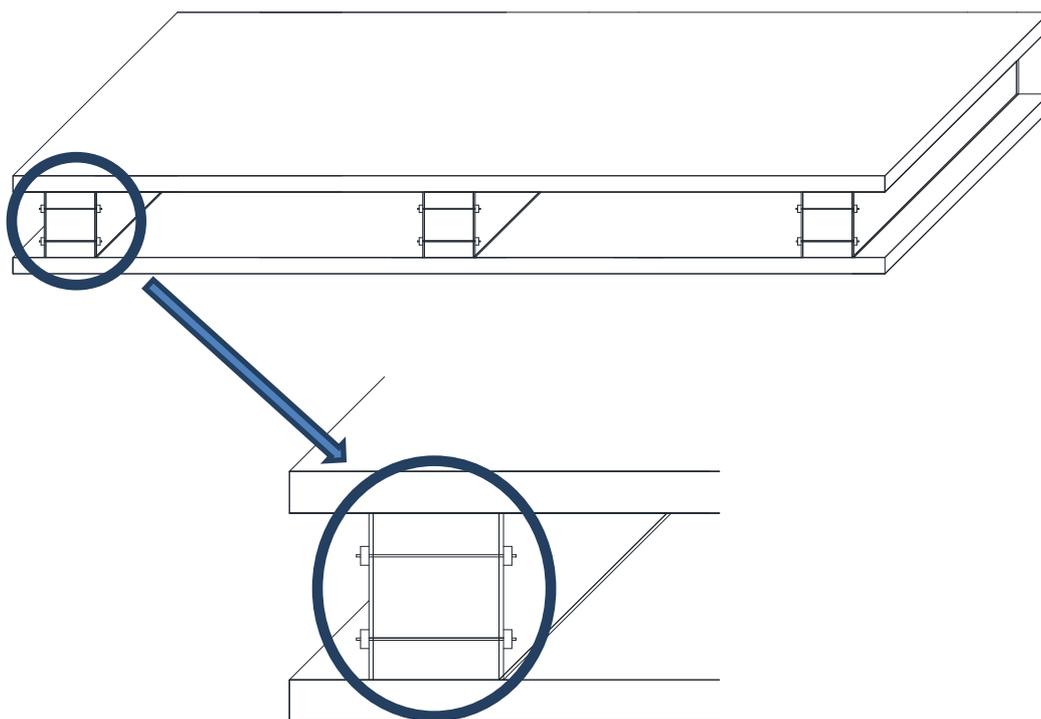


Figura 134: Reforço das vigas de madeira com chapas.

7.3. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO NAS ALVENARIAS

As características construtivas, à base de alvenaria de pedra irregular argamassada, facilitam a humedificação resultante do contacto da água da chuva com rebocos exteriores.

A humedificação que pode ser acompanhada de dissolução de sais e sua cristalização posterior dará origem á progressiva deterioração da parede, quer dos seus rebocos exteriores, quer dos seus rebocos interiores.

Tendo em conta as condições climáticas de Portugal, que apresenta períodos de chuva relativamente curtos, a espessura das paredes antigas permite normalmente a sua secagem durante a estiagem.

A solução de reparação de revestimento de paredes baseia-se, na execução de novos rebocos, com características semelhantes aos existentes. [88]

7.4. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO NAS CANTARIAS

Preceder à remoção e escovagem com escova metálica das áreas afectadas e aplicação de um produto específico biocida (para os musgos e líquenes) e de herbicida (para a remoção das plantas de maior porte) de forma a eliminar toda a colonização biológica.

Para defender os paramentos das escorrências das águas, colocar dispositivos de recolha e drenagem de água, tais como caleiras e tubos de queda. No soco de alvenaria aplicar um hidrófugo de forma a reforçar a sua impermeabilização. [89]

7.5. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO NOS SOBRADOS

7.5.1. Instalação de dispositivos de melhoria da ligação entre pisos e paredes antigas de alvenaria

A ligação dos pisos de madeira às paredes principais de alvenaria é melhorada através da instalação de dispositivos de ligação especialmente concebidos. Melhora o comportamento sísmico do edifício [90].

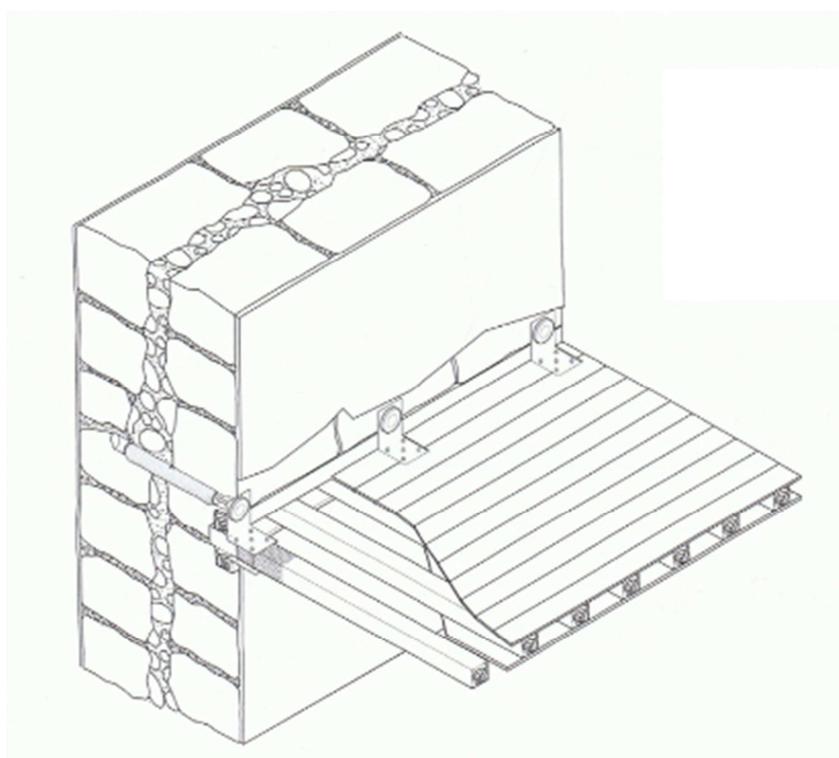


Figura 135: Ligação madeira/alvenaria [FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]

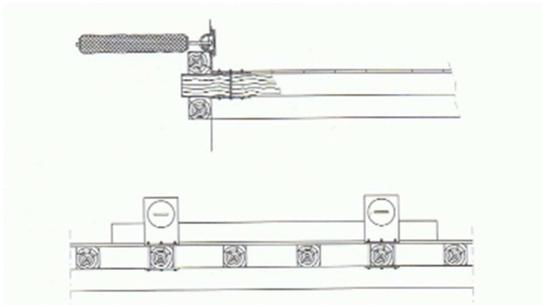


Figura 136: Ancoragens de manga injectada
[FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]

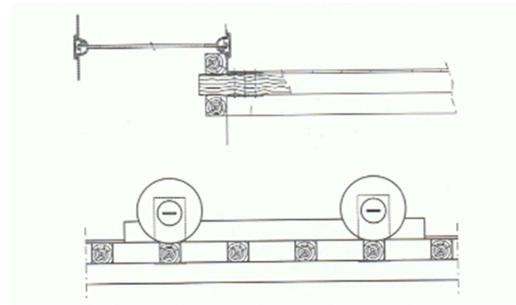


Figura 137: Pratos de distribuição na face exterior da parede [FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]

7.5.2. Substituição de troços de elementos estruturais de madeira por próteses com elementos de ligação

O reforço dos elementos de madeira é feito por substituição da parte deteriorada por madeira nova, ligada à existente por meio de varões ou chapas metálicas ou de material compósito selados com resina de epóxico em furos ou caixas previamente executados. Deve ser assegurada a boa ventilação da madeira.

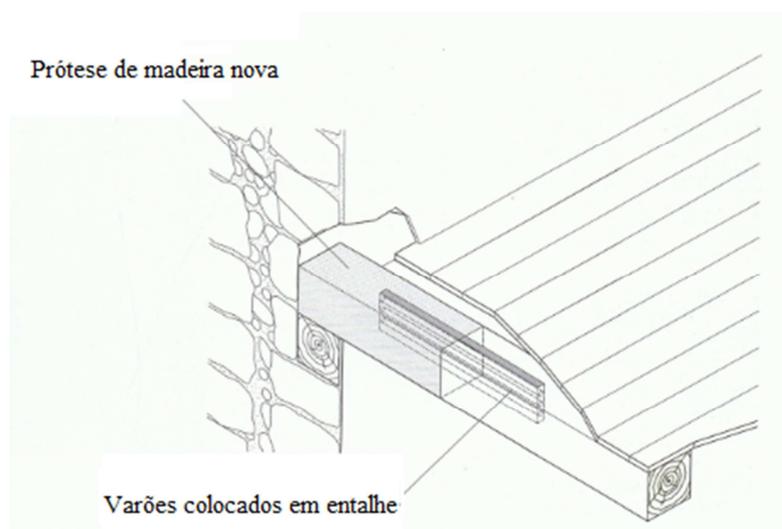


Figura 138: Reconstituição da secção sem elementos de ligação [FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]

As próteses de madeira nova devem ser de características idênticas à original.

Os varões são colocados em entalhe, na face superior, preenchido com produtos de colagem epoxídicos [90].

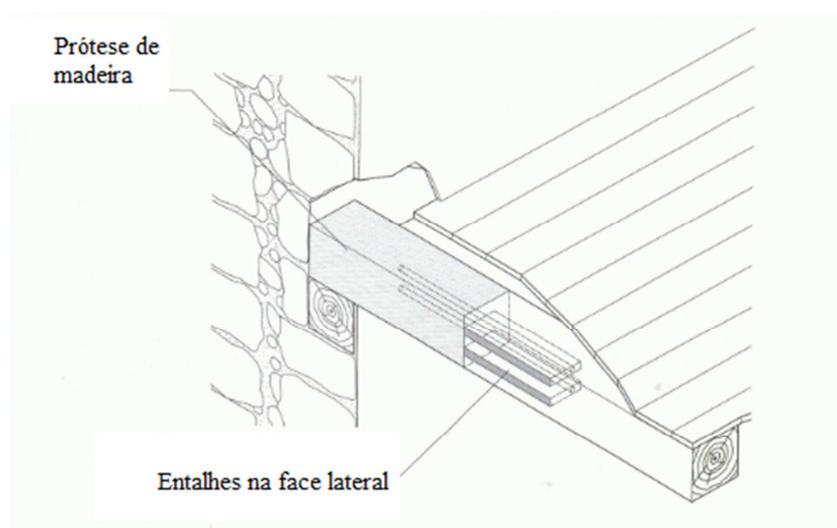


Figura 139: Reconstituição da secção com elementos de ligação [FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]

As próteses de madeira nova, com varões de ligação pré-colados.

Os entalhes na face lateral, para encaixe dos varões são preenchidos com produtos de colagem epoxídicos [90]

7.5.3. Melhoria das características acústicas

Em pavimentos de edifícios antigos, os tectos falsos poderão ser realizados a partir de uma estrutura de madeira, sob o tecto existente e fixada às paredes de compartimentação, seguindo-se a colocação de mantas isolantes sobre a nova estrutura, garantindo-se que não fiquem esmagadas entre esta e o tecto existente. O tecto ficará acabado através de placas de estafe ou de gesso cartonado. Esta solução pode aumentar o isolamento acústico entre 5 e 10dB até mais [91].

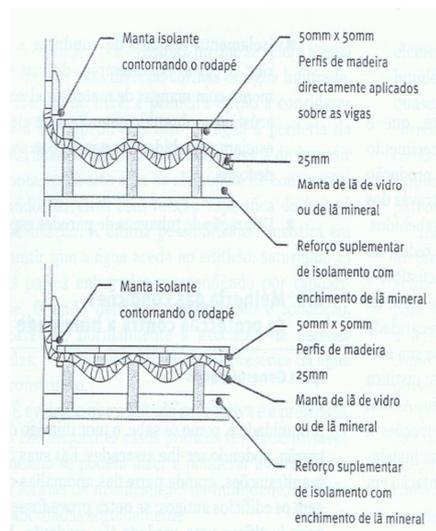


Figura 140:Reforço do isolamento acústico de pavimentos [FONTE: Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção]

7.6. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO EM TABIQUES

Proceder á remoção do reboco, depois do estuque removido, analisar as ripas de madeira e retirar todas as deterioradas, sendo estas substituídas por madeira sã.

Enchimento entre ripas, com argamassa tradicional de enchimento, o “pardo”.

Camada “argamassa de estender”, com argamassa também tradicional, com o traço e a constituição idênticas aos originais.

7.6.1. Dispositivos de amortecimento sísmico

Esta técnica de reabilitação estrutural não tem significado para o edifício, caso de estudo, no entanto é importante para a consolidação de conhecimentos do autor.

São introduzidos na estrutura dispositivos destinados a melhorar a sua capacidade de dissipar a energia sísmica. Podem ser constituídos por diagonais de metal ou material compósito, dotados de amortecedores, ou por painéis completos incorporando amortecedores [92].

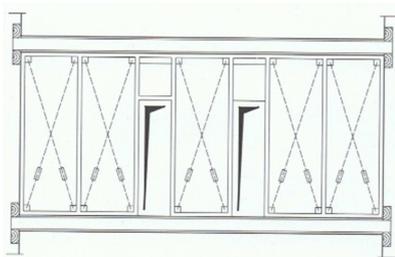


Figura 141: Painéis de dissipação de energia
[FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]

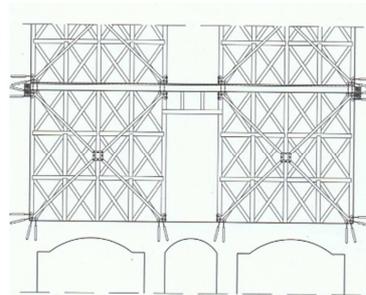


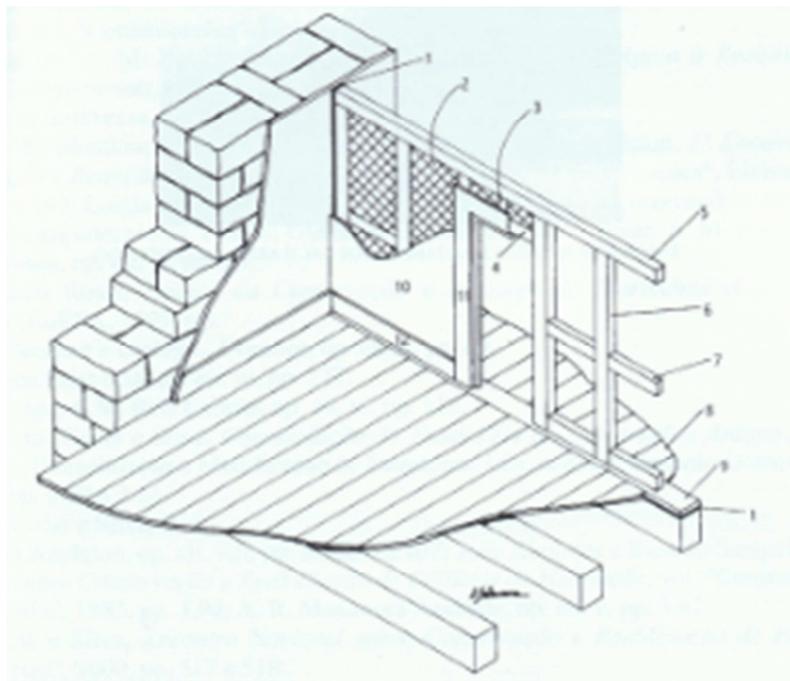
Figura 142: Quadro de dissipação de energia
[FONTE: Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos]

Redução dos esforços na superestrutura do edifício, melhorando o seu comportamento sísmico.

Tem o inconveniente de ser uma tecnologia emergente, com elevada tecnicidade e com necessidade de cuidado no efeito estético final.

7.6.2. Melhoria das características acústicas

Para o isolamento térmico e acústico, coloca-se, entre prumos de madeira, lã de rocha [93].

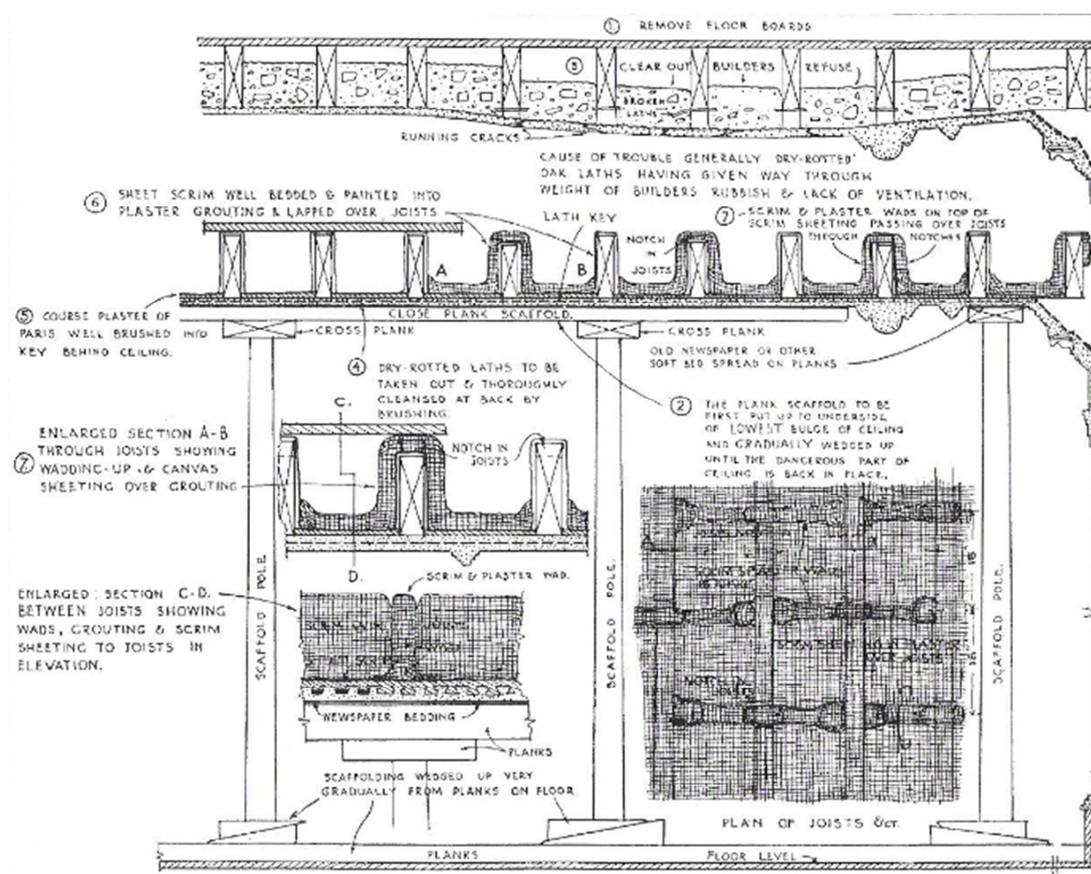


- | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1 – Tira de neoprene; | 5 – Frechal; | 9 – Ripa; |
| 2 – Isolamento térmico ou acústico; | 6 – Prumo; | 10 – Gesso cartonado; |
| 3 – Pendural da Porta; | 7 – Travessanhos; | 11 – Aro fixo ao vão; |
| 4 – Verga; | 8 – Soalho; | 12 – Rodapé |

Figura 143: Construção de Tabique com isolamento [FONTE: A construção Vernácula do Alvão]

7.7. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO EM TECTOS

A armação do tecto de gesso é constituída por vigas em madeira, onde o fasquiado é pregado. Esta “armação” encontra-se num elevado grau de degradação devido ao apodrecimento do fasquiado. Depois de se retirarem os detritos acumulados durante anos, deverão ser aspiradas com todo o cuidado nas zonas do fasquiado, iniciando-se a consolidação do tecto de gesso. Após uma malha de furos de 2mm, a partir da face interior do tecto, deverão ser introduzidos arames de cobre, que fixarão o gesso solto ao fasquiado. Por sua vez, superiormente e após fixação do arame deverão ser executadas “linhadas” (gesso e linho ou estafe) de consolidação de todo o fasquiado, cujo resultado representa uma espécie de “armação leve” altamente agregadora e consolidante [94], [95].



- 1 – Remover tábuas do soalho
- 2 – Pressionar armação (de andaimes) de pranchões (longitudinal e transversal)
- 3 – Remover detritos de construção

- 4 – Remoção de ripas de madeira deterioradas e limpa-las completamente por trás com escova (saneá-las)
- 5 – Aplicar e apertar bem estuque de Paris nas chaves no fardar do tecto (inserir o estuque nos espaços intermédios entre ripas)
- 6 – Tela de estafe bem apertada contra o tecto e cobertura com uma pintura à base de gesso e sobreposta às vigas
- 7 – Estafe e enchimento de estuque (feltro + estuque) por cima da tela de estafe, cobrindo as vigas através dos entalhes (entalhes nas vigas)

Figura 144: Execução de Linhadas [FONTE: Plastering Plain & Decorative]

7.8. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO NA ESTRUTURA DE MADEIRA DA COBERTURA

Deformabilidade excessiva da cobertura, não é fácil proceder a operações simples de reparação e reforço.

A reposição da cobertura da cobertura na sua geometria original implica a aplicação de escoramentos activos, mobilizando-se forças ascendentes que inevitavelmente danificarão a cobertura.

Far-se-á então em melhores condições a reconstituição completa da estrutura de cobertura, aproveitando, algum do melhor material existente (madeiramento).

Deve cuidar-se com especial atenção, as características da madeira a repor e também a forma de execução dos nós das asnas, com incidência especial nos apoios das paredes. [96]

7.9. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO NAS ESCADAS

Como a principal anomalia das escadas incide principalmente no uso das mesma, a solução de reparação passará por lixar, e encher algumas pequenas fendas com uma argamassa

composta de pó de madeira e resina epóxica a fim de regularizar os degraus. Por fim serão envernizadas para voltarem a ter o brilho inicial.

7.10. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO EM REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS

Proceder a remoção do reboco cimentício; aplicação de argamassa de cal e areia de traço 1:2 ou 1:3, com aditivação com pozolana ou metacaulino (estes traços referentes às camadas finais dos rebocos, após o salpicado e o emboço).

De seguida executar uma nova caiação:

- Proporcionar à parede um humedecimento adequado, e aplicar um tratamento com água de cal, e deixar este secar até ao dia seguinte;
- Humedecer novamente a parede e aplicar a primeira demão muito fina de leite de cal e deixar este novamente secar de um dia para o outro;
- No dia seguinte aplicar novamente uma nova demão muito fina de leite de cal, e tornar a deixar a secar para o outro dia. Antes de esta demão ser efectuada, o paramento pode ser novamente humedecido caso seja necessário;
- Por fim realizar um novo humedecimento e fixação da superfície com água de cal.

Em alternativa à caiação pode-se aplicar sobre o paramento exterior rebocado, o acabamento à base de barramento de cal e areia fina de traço 1:1, com espessura de poucos milímetros, constituindo uma solução de grande durabilidade, boa resistência mecânica e óptima aderência ao reboco de base e uma muito boa impermeabilização à água da chuva e permeabilidade ao vapor de água.

Para defender os paramentos das escorrências das águas, colocar dispositivos de recolha e drenagem de águas pluviais, tais como caleiras e tubos de queda [97].

7.11. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO NAS CAIXILHARIAS

A infiltração de água através de caixilharias exteriores constitui um importante foco de anomalias, a começar pela degradação das partes fixas e móveis das caixilharias. É muito importante a acção da água da chuva infiltrada através da caixilharia exterior nas estruturas de pavimentos, na medida em que são afectadas zonas críticas dos apoios entre estes e as paredes, pois a humedificação periódica da madeira, associada à época e aos dias de chuva, favorece a proliferação dos ataques dos fungos de podridão e dos insectos xilófagos

Para a eliminação das causas destas anomalias deve actuar-se directamente na caixilharia, incluindo no conjunto de tarefas previstas o tratamento das deficiências nos elementos envolventes da caixilharia, nomeadamente nas molduras de cantaria e nas suas ligações aos aros.

Como ocorreram infiltrações através da caixilharia, a intervenção a realizar irá incluir a substituição parcial ou integral dos elementos danificados. Não se deve deixar em vão que as infiltrações podem ser devidas a causas de fácil detecção e resolução, por isso, deve recorrer-se a um carpinteiro experiente para viabilizar o estado de conservação dos elementos de madeira.

Os furos de drenagem devem ser limpos; esta operação, é de simples execução, salientando que é uma anomalia extremamente frequente e com consequências muito negativas, quer quanto à falta de drenagem da água da chuva infiltrada através de outros elementos danificados, como quanto a incapacidade de drenar a água condensada, no Inverno na superfície interior dos vidros.

A intervenção sobre a caixilharia de madeira pode assumir um carácter de uma reparação ou de integral substituição, esta última possibilidade é escolhida para grandes

intervenções, uma vez que a reparação cuidada de uma caixilharia de madeira muito danificada pode ser mais dispendiosa do que a sua substituição integral. [98]

7.12. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO NOS ELEMENTOS EM FERRO

As superfícies dos metais ferrosos têm de ser limpas antes de qualquer tratamento de protecção. A limpeza é importante de modo a remover a ferrugem e todos os outros elementos estranhos que possam inibir a adesão adequada das camadas de protecção que serão aplicados sobre eles. Desengorduramento com solventes e uma imersão em soluções muito ácidas ou básicas é a prática industrial normal quando se trata de objectos de dimensões limitadas.

8.12.1. Tinta

Trata-se do tratamento mais comum de protecção de metais ferrosos e o mais eficiente.

Tintas a óleo de linhaça foram universalmente utilizadas, para ser depois substituídas por tintas alquídicas, com base em misturas de óleos naturais e sintéticos de secagem de resinas. Hoje, tintas de poliuretano e tintas acrílicas (ou uma mistura deles) para substituir os agentes alquídicos, quando uma resistência às intempéries superior é necessário [99].

As cores provem dos minerais, de algumas plantas e também de alguns animais, as cores mais sólidas são as que provem do reino mineral. Misturando tintas de diversas cores podem obter-se outras compostas, mas é indispensável prestar grande atenção à mistura, porque há cores sólidas que ao misturarem-se dão produtos pouco estáveis, em consequência das reacções químicas a que deu lugar a sua junção [100].

7.13. SUGESTÃO DE REPARAÇÃO EM SISTEMAS E INSTALAÇÕES

7.13.1. Sugestão de reparação na rede de abastecimento de água

A solução mais eficaz, passa pela, substituição integral ou de partes significativas da rede.

Pelo seu diâmetro, as tubagens das redes de abastecimento e distribuição de água são facilmente encobertas por detrás de rodapés técnicos, ou aproveitando os armários e outros equipamentos de cozinhas e casas de banho. Poderá usar-se a tubagem em aço galvanizado, sendo importante garantir a protecção térmica das tubagens de água quente, com o duplo objectivo de reduzir as perdas de aquecimento e de evitar o aquecimento inadequado de elementos de construção, podendo ter como consequência a deterioração de materiais de acabamento ou, no caso das paredes do próprio reboco.

Quando as tubagens tiverem de atravessar elementos de madeira, não pode esquecer-se a necessidade de proteger os elementos de madeira contra a eventualidade de derrames de água, a impermeabilização das zonas atravessadas ou o reforço das próprias tubagens nos atravessamentos, podem constituir soluções para o problema [101].

7.13.1. Sugestão de reparação na instalação eléctrica

A solução mais eficaz passaria pela substituição integral da rede eléctrica, tendo em conta a desactualização da mesma em importantes aspectos de segurança e também porque a vida moderna traz mais exigências em diversos pequenos e médios electrodomésticos. A colocação da nova rede deverá ser exterior aos elementos de construção existentes, resumindo assim ao mínimo o número de pontos de abertura de roços. As intervenções devem ter em conta os padrões de eficiência e segurança que são utilizados para as instalações de edifícios novos [101].

CAPÍTULO 8

CONCLUSÃO FINAL E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

É importante realizar um estudo prévio sobre as características originais dos edifícios históricos a intervir, do seu estado de conservação e segurança, para que as acções de restauro que se possam efectuar nesses edifícios não alterem a sua autenticidade e estilo, de acordo com as indicações recomendadas em cartas e convenções internacionais de restauro. A intervenção de conservação, restauro ou reabilitação de um edifício histórico, é antecedida pelo estabelecimento de um diagnóstico de anomalias construtivas do edifício histórico que se baseia na realização de diferentes análises e estudos, e na interpretação dos resultados obtidos, conducentes à determinação do seu estado de conservação. Essas análises e estudos agrupam-se nos seguintes tipos: estudos históricos, arqueológicos e documentais sobre o edifício; caracterização construtiva do edifício; diagnóstico de anomalias.

Os estudos históricos, arqueológicos e documentais do edifício, objecto de intervenção, permitem determinar a importância dos valores históricos, artístico e construtivo do edifício, a cronologia das diferentes fases de construção e remodelação e, ainda, os sistemas construtivos inerentes. Este tipo de estudo engloba diferentes estudos.

A análise de documentos históricos, através da consulta de arquivos, bibliotecas, fotografias históricas, etc. A análise histórico-artística, fornece informações sobre a singularidade histórica e aspectos artísticos do edifício, ou valores relacionados com a tradição e identidade cultural, através da ornamentação, heráldica, estilos, simbolismos,

etc. A análise histórico-constructiva, indica os materiais e sistemas constructivos que foram utilizados na construção do edifício. A análise histórico-arqueológica, é o estudo do subsolo, das fachadas e do estado físico dos materiais e elementos constructivos através de análises físico-químicas dos materiais arqueológicos.

A descrição constructiva do edifício histórico, inclui a sua actual situação técnica e funcional que é estabelecida pelo estudo de vários aspectos. A descrição constructiva do edifício, indica os critérios do projecto, os materiais e o estado de conservação geral, baseia-se em levantamentos geométricos e fotografias de pormenores constructivos. O estudo dos sistemas constructivos utilizados no edifício engloba fundações, elementos estruturais, fachadas, paredes divisórias, abóbadas, coberturas, carpintaria, serralharia, revestimentos, acabamentos, instalações e acessibilidades. A análise dos aspectos ambientais, abrange os geográficos, climáticos e de enquadramento urbano. O estudo da história da construção do edifício, refere aspectos como as datas de construção, intervenções efectuadas sobre o edifício, ao longo da sua vida e modificações funcionais.

A análise dos processos patológicos do edifício, inclui diferentes estudos. A origem do processo patológico, refere as causas directas e indirectas e a evolução do processo, refere o início, a periodicidade e o termo das manifestações patológicas. Os sintomas são identificados, seguidos de exames e sondagens, necessários para a compreensão da origem dos problemas e, conseqüentemente, das causas dos processos patológicos. Todas estas informações devem ser sistematizadas em fichas de diagnóstico que auxiliam a análise do comportamento global do edifício. Devem ser considerados os seguintes elementos: fundações, estruturas de alvenaria ou de madeira, fachadas, tabiques, serralharia, coberturas, revestimentos, acabamentos, portas e janelas, instalações e elementos decorativos.

O diagnóstico dum edifício histórico implica uma análise exaustiva dos dados e informação obtidos pelos estudos referidos anteriormente. O objectivo do diagnóstico é fazer uma interpretação correcta desses dados e dessa informação. Para isso é necessário dominar o conhecimento da “arte de construir” tradicional e das anomalias de edifícios antigos, assim como de soluções técnicas adequadas para o restauro, conservação ou reabilitação correcta do edifício histórico. Por esse motivo, é necessária a participação conjunta de engenheiros, arquitectos, historiadores, arqueólogos, e outros especialistas.

O prognóstico, baseia-se num estudo breve do edifício e zona envolvente, geralmente, através duma inspecção visual e dum estudo prévio dos documentos existentes. Permite o estabelecimento duma hipótese que será submetida a estudos técnicos e científicos do edifício. O diagnóstico, determina o valor histórico e cultural do edifício, o seu desempenho estrutural e construtivo, em termos físicos, químicos e mecânicos, identifica as anomalias construtivas, estruturais e não estruturais, os processos patológicos e as soluções recomendáveis. O pós-diagnóstico, permite, durante as obras de intervenção, obter novos dados que podem mudar as conclusões iniciais.

A avaliação do estado de conservação dum edifício, passa pela análise transversal dos dados, coordenando os diferentes diagnósticos parciais efectuados pelos diferentes profissionais. Após esta etapa são definidas as possíveis intervenções.

As intervenções de restauro, conservação, manutenção ou reabilitação, devem ser implementadas de acordo com o diagnóstico e com o resultado dos estudos efectuados sobre o edifício histórico. Devem ser respeitados os valores arqueológicos, arquitectónicos e técnicos, e deve-se identificar, com facilidade, a intervenção e os novos elementos construtivos introduzidos.

Em edifícios históricos, o diagnóstico deverá basear-se, essencialmente, em ensaios não destrutivos. Os ensaios não destrutivos possuem desvantagens tais como:

- É necessário, em muitos casos, a interpretação dos resultados por pessoas capacitadas ou com experiência, pois quando a correlação essencial entre a propriedade medida e a de interesse não está claramente provada ou a experiência é limitada, podem ocorrer discrepâncias quanto à interpretação dos resultados;
- Alguns dos ensaios são mais qualitativos do que quantitativos, pois não medem directamente as falhas existentes, nem mesmo indirectamente, em alguns casos. Podem, contudo, revelar danos ou falhas.

As vantagens deste tipo de ensaios são:

- Os ensaios, normalmente, são realizados no local onde existem os problemas, não deixando margem para dúvidas quanto à sua representatividade;

- Permitem inspeções repetidas no mesmo local ao longo do tempo, o que torna possível acompanhar a evolução do desgaste ou dano, facilitando assim a correlação destes com as condições de serviço;
- Normalmente o equipamento de ensaio é portátil, sendo grande parte deles capazes de testar e qualificar o material a ser ensaiado rapidamente e em algumas situações até de forma automática.
- Quando comparados com os ensaios destrutivos, este tipo de ensaios possuem um custo mais baixo, além de serem mais rápidos e necessitarem de menos mão-de-obra.

Referencias Bibliográficas

- [1] - **CÓIAS**, Vítor, *Guia Prático Para a Conservação de Imóveis*, Edições Dom Quixote; Lisboa 2004; pp. 305 a pp.316.
- [2] - **CÓIAS**, Vítor, *Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos*, Edições Argumentum, Lisboa, 2007; pp. 354 a pp. 364.
- [3] - **CÓIAS**, Vítor, *Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos*, Edições Argumentum, Lisboa, 2007, op. cit. [2], pp. 30.
- [4] – Câmara Municipal de Felgueiras, <http://www.cm-felgueiras.pt>
- [5] – Plano Director Municipal do Concelho de Felgueiras - Câmara Municipal de Felgueiras, <http://www.cm-felgueiras.pt>
- [6] – Google maps, <http://maps.google.com/>
- [7] **CASACA**, J., *et al.* (2000). *Topografia Geral*. Lidel – Edições Técnicas, Lisboa.
- [8] **NEVES**, Manuel João Niza das - Técnicas de Recalçamento e Reforço de Fundações
- [9] **LEITÃO**, Luiz Augusto – Curso Elementar de Construções, CAPITULO IV, Carpintaria de Obra Branca
- [10] **LEITÃO**, Luiz Augusto – Curso Elementar de Construções, CAPITULO II, Alvenarias
- [11] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAPITULO II, Edifícios Antigos, Caracterização Construtiva, Cantarias

- [12] **SEGURADO**, João Emílio dos Santos – Trabalhos de Carpintaria Civil,
- [13] **LEITÃO**, Luiz Augusto – Curso Elementar de Construções, CAPITULO III, Madeiramento, Gaiolas, Frontaes, Tabiques e Vigamentos
- [14] **LEITÃO**, Luiz Augusto – Curso Elementar de Construções, CAPITULO IV, Carpintaria de Obra Branca, Soalhos e tectos
- [15] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAPITULO II, Edifícios Antigos, Caracterização Construtiva, Cobertura de edifícios antigos, Edições Orion
- [16] **LEITÃO**, Luiz Augusto – Curso Elementar de Construções, CAPITULO III, Madeiramento, Escadas
- [17] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAPITULO II, Edifícios Antigos, Caracterização Construtiva, Revestimento e acabamentos em edifícios antigos, Edições Orion
- [18] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAPITULO II, Edifícios Antigos, Caracterização Construtiva, Caixilharias, Edições Orion
- [19] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAPITULO II, Edifícios Antigos, Caracterização Construtiva, Elementos de Ferro, Edições Orion
- [20] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAPITULO II, Edifícios Antigos, Caracterização Construtiva, Instalações de Edifícios Antigos, Edições Orion
- [21] **CÓIAS**, Vítor - Inspeções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios, *Monitorização da abertura de fissuras e fendas com o Fissurómetro simples*
- [22] **CÓIAS**, Vítor - Inspeções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios, *Avaliação da porosidade por meio do ensaio de Karsten*
- LEUVEN**, K. U. - Meting van de Waterabsorptie door de Pijpmetode, Civil Engineering Department publication

[23] **ANJOS**, M. do Vale, *A Estatuária de Pedra dos Jardins do Palácio de Queluz / formas de degradação, enquadramento, tratamento e avaliação*, Tese de Mestrado em Recuperação do Património Arquitectónico e Paisagístico pela Universidade de Évora, Publicação do LNEC, 2008]

[24] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias em Fundações*, Edições Orion

[25] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias em pavimentos*, Edições Orion

[26] **ANJOS**, M. do Vale, *A Estatuária de Pedra dos Jardins do Palácio de Queluz / formas de degradação, enquadramento, tratamento e avaliação*, Tese de Mestrado em Recuperação do Património Arquitectónico e Paisagístico pela Universidade de Évora, Publicação do LNEC, 2008]

[27] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias em Cantarias*, Edições Orion

[28] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias vigamentos*, Edições Orion

[29] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias em tectos*, Edições Orion

[30] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias em tectos de Madeira*, Edições Orion

[31] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias em coberturas*, Edições Orion

[32] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias em Escadas*, Edições Orion

[33] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias em Escada*, Edições Orion

[34] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias em Revestimentos*, Edições Orion

[35] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias em elementos em ferro*, Edições Orion

[36] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP III, Anomalias em Edifícios Antigos, *Anomalias em Instalações*, Edições Orion

[37] **COELHO**, Ana Zulmira; **TORGAL**, F. Pacheco; **JALAI**, Said – “A Cal na construção”, Guimarães 2009 CAP II, *Produção da Cal*

[38] **SALAVESSA**, Maria Eunice da Costa - “Estudo do desempenho de estuques referidos na literatura técnica do séc. XV ao séc. XIX / Sua importância na conservação do património arquitectónico e no desenvolvimento de eco-estuques”; Relatório de Estágio no LNEC, Processo 0803/11/17798, do LNEC, Setembro de 2011, data em que terminou o relatório de estágio, actualmente em fase de correcção, para publicação em 2013.

SALAVESSA, Maria Eunice da Costa; **SHAHSAVANDI**, Arman; **TORGAL**, F. Pacheco; **JALALI**, Said – “Causes of Decay of the Aveleiras House Decorative Plasters (in Torre de Moncorvo) Conferência HMC2010, “2nd Historic Mortars Conference & RILEM TC 203-RHM Repair Mortars for Historic Masonry Final Workshop”, Praga, Checoslováquia, 22-24 Setembro, 2010.

CLAUDEL, J., **LAROQUE**, L., *Pratique de l'Art de Construire Maçonnerie, Terrace et Platerie*, Dalmond et Dunat Editeurs, 2^{ème} Edition, Paris, 1859, pp. 129 a 131.

LEITÃO, Luiz Augusto, Arma de Engenharia – Curso Elementar de Construção, elaborado segundo o programa da Escola Central da mesma Arma, Imprensa Nacional, Lisboa, 1896, pp. 4.

SEGURADO, João Emílio dos Santos, *Acabamentos das Construções: Estuques, Pinturas, etc.*, Biblioteca de Instrução Profissional fundada por Thomaz Bordalo Pinheiro, 5ªed., vol VIII, Lisboa, 1949, pp. 215.

[39] **COELHO**, Ana Zulmira; **TORGAL**, F. Pacheco; **JALAI**, Said – “A Cal na construção”, CAP IV, *Argamassa com Cal: Propriedades e Durabilidade*

[40] **NARDY**, A.J.R; **MACHADO**, F.B - “Mineralogia Óptica”, CAP II.

[41] **TORGAL**, F. Pacheco; **JALAI**, Said – “O Gesso na Construção Civil”, CAP III, *Propriedades Físicas e Mecânicas*

[42] **D’ORAZIO** M, **STAZI** A. Dynamic of moisture transfer in ancient plasters. *Journal of Cultural Heritage*; 2006; 7.

[43] **TORRACA**, G. *Lectures on Materials Science for Architectural Conservation*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, United States, ISBN: 978-09827668-3-5; 2009.

[44] **QUAGLIARINI**, E; **LENCI** S; **SERI**, E. On the damage of frescoes and stuccoes on the lower surface of historical flat suspended light vaults. *Journal of Cultural Heritage*; 2011; doi: 10.1016/J.culher.2011.11.008.

[45] **DIAS**, Alfredo, **CRUZ**, Helena, **MACHADO**, José Saporiti, **CUSTÓDIO**, João, **PALMA**, Pedro, *Avaliação, Conservação e Reforço de Estruturas de Madeira*, Editora Verlag Dashofer, Lisboa, 2009; pp. 5.

[46] **CACHIM**, Paulo Barreto, *Construções em Madeira – A Madeira como material de construção*, Edições Publindústria; pp. 59.

[47] **DIAS**, Alfredo, **CRUZ**, Helena, **MACHADO**, José Saporiti, **CUSTÓDIO**, João, **PALMA**, Pedro, *opus cit.* [1]; pp. 6 a pp.7.

[48] - *Opus cit.* [19]; pp. 87.

[49] - **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.* [2]; pp. 144.

[50] - **DIAS**, Alfredo, **CRUZ**, Helena, **MACHADO**, José Saporiti, **CUSTÓDIO**, João Eduardo Pereira, **PALMA**, Manuel Coutinho, *opus cit.* [1], pp. 41 a pp.42.

[51] - **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.*[2]; pp. 142 a pp. 143.

[52] - *Opus cit.* [19]; pp. 90 a pp.91.

[53] - **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.* [2]; pp. 140 a pp. 142.

[54] - **DIAS**, Alfredo, **CRUZ**, Helena, **MACHADO**, José Saporiti, **CUSTÓDIO**, João Eduardo Pereira, **PALMA**, Manuel Coutinho, *opus cit.* [1], pp. 43 a pp.44.

[55] - **MONTEMOR**, M. F. G. Costa, **COSTA**, A. J. Silva, **NEVES**, J. M. Coelho, **COLAÇO**, R. A. Cordeiro, **CRUZ**, H. M. Pires, **SEQUEIRA**, L. M. R. Nunes, **GIL**, L. M. Cabral, **AMARAL**, P. M. G. Abrunhosa, **FERNANDES**, J. Cruz, **RODRIGUES**, A. C. Martins, **FREDERICCI**, Catia, **GONÇALVES**, M. C. H. Baptista, **DIOGO**, A. J. B. Correia, **FERNANDES**, J. C. S. Santos, **SIMOES**, A. M. Pereira, **MARGARIDO**, F. M. R. Cruz, *Materiais de Construção – Guia de Utilização*, Editora Loja da Imagem, Lisboa, 2005; pp. 89 a pp.90.

[56] - **DIAS**, Alfredo, **CRUZ**, Helena, **MACHADO**, José Saporiti, **CUSTÓDIO**, João Eduardo Pereira, **PALMA**, Manuel Coutinho, *opus cit.* [1], pp. 39 a pp.40.

[57] - **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.*[2]; pp. 138 a pp. 139.

[58] - *Opus cit.* [19]; pp. 88.

[59] - **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.* [2]; pp. 144 a pp. 148.

[60] **FEIO**, Artur, **LOURENÇO**, Paulo B., “Possibilidades e Aplicações de Ensaios Não Destrutivos”, in Encontro Sobre a Madeira e as Suas Aplicações Nobres – Bem utilizar a madeira, Lisboa, 22 de Novembro, 2005.

[61] **VALLE**, Ângela, **LOURENÇO**, Paulo B., **Brites**, Ricardo D., “Uso da Perfuração Controlada na Avaliação de Degradação da Madeira em Edificações Antigas – Estudo de caso”, in 10º Encontro Brasileiro em Estruturas de Madeira - EBRAMEM, São Pedro, 30 de Julho a 2 de Agosto, 2006.

[62] **VALLE**, Ângela, **TEREZO**, Rodrigo Figueiredo, **TELES**, Carlos Dion de Melo, *Revista Ciência e Tecnologia de Materiais de Construção Civil - Uso de técnicas não*

destrutivas no diagnóstico de patologias em estruturas de madeira, Volume 1, Novembro, 2004.

[63] **LLADRÓ**, Rafael Capuz, **BARRA**, Rafael Diez, **BOTELHO**, Jerónimo, **FARIA**, J. Amorim, “*Avaliação da Capacidade Resistente de Estruturas com recurso a Ensaios in-situ*”, in *2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios*, Porto, 20-21 Março, 2006.

[64] **ILHARCO**, Tiago, **PAUPÉRIO**, Esmeralda, **GUEDES**, João Miranda, **ARÊDE**, António, **COSTA**, Aníbal, “*Ensaios in situ e Laboratoriais em Pavimentos de Madeira – O caso de um Edifício de Início de séc. XX da Cidade do Porto*”, in *3º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios*, Porto, 18-20 Março, 2009.

[65] **ILHARCO**, Tiago, *Pavimentos de madeira em edifícios antigos - Diagnóstico e intervenção estrutural*, Dissertação de Mestrado, FEUP, Porto, 2008; pp.105 a pp.106.

[66] NP-616 (1973) *Madeiras. Determinação da massa volúmica*.

[67] Normas Europeias EN 408

[68] **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.* [2]; pp. 60 a pp. 61 e pp.83 a pp84.

[69] **DIAS**, Alfredo, **CRUZ**, Helena, **MACHADO**, José Saporiti, **CUSTÓDIO**, João, **PALMA**, Pedro, *opus cit.* [1]; pp. 10.

[70] **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.* [2]; pp. 88 a pp. 90.

[71] **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.* [2]; pp. 87 a pp. 88.

[72] **PEREIRA**, João Luís Esteves, *Comportamento Mecânico da Madeira em Tracção nas Direcções de Simetria Material*, Dissertação de Mestrado em Tecnologias das Engenharias, Vila Real, 2005.

[73] **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.*[2]; pp. 90.

[74] **MADISON**, WI, *Wood Handbook—Wood as an engineering material*. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999.

[75] **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.* [2]; pp. 97. a pp. 99.

- [76] NP-623 (1973) *Madeiras. Ensaio de corte.*
- [77] **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.* [2]; pp. 93. a pp. 96.
- [78] NP-619 (1973) *Madeiras. Ensaio de flexão estática.*
- [79] **CACHIM**, Paulo Barreto, *opus cit.*[2];
- [80] – NP – 614 (1973) *Madeira.* Determinação do Teor de Água
- [81] – NP 618 (1973) *Madeiras.* Ensaio de Compressão
- [82] – NP 620 (1973) *Madeiras.* Ensaio de Flexão
- [83] – NP 621 (1973) *Madeiras.* Ensaio de Tração
- [84] – NP 622 (1973) *Madeiras.* Ensaio de Fendimento
- [85] **MADISON**, WI, *Wood Handbook—Wood as an engineering material.* Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999.
- [86] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP IV, Critérios para a resolução das anomalias construtivas e reabilitação dos edifícios antigos, *Consolidação e reforço de estruturas e fundações*
- [87] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP IV, Critérios para a resolução das anomalias construtivas e reabilitação dos edifícios antigos, *Pavimentos de madeira*
- [88] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP IV, Critérios para a resolução das anomalias construtivas e reabilitação dos edifícios antigos, *Reabilitação de paredes exteriores*
- [89] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP IV, Critérios para a resolução das anomalias construtivas e reabilitação dos edifícios antigos, *Elementos de cantaria*
- [90] **COIAS**, Vitor – Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos

[91] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP IV, Critérios para a resolução das anomalias construtivas e reabilitação dos edifícios antigos,

[92] **COIAS**, Vitor – Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos

[93] **SALAVESSA**, Eunice – A construção Vernácula do Alvão, 2002

[94] **MESTRE**, Vitor – Palácio Marques da Fronteira/ Recuperação e Restauro, Estruturas de Madeira / Reabilitação e Inovação, Edição GEOCORPA, 2000

[95] **MILLAR**, William; **BANKART**, George – Plastering Plain & Decorative; UK e USA, Donhead Publishing Ltd. 2009

[96] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP IV, Critérios para a resolução das anomalias construtivas e reabilitação dos edifícios antigos, *Coberturas*

[97] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP IV, Critérios para a resolução das anomalias construtivas e reabilitação dos edifícios antigos, *Revestimentos*

[98] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP IV, Critérios para a resolução das anomalias construtivas e reabilitação dos edifícios antigos, *Caixilharias*

[99] **TORRACA**, Giorgio – Lectures on Materials Science for Architectural Conservation

[100] **SEGURADO**, João Emílio dos Santos – Acabamentos das Construções, Volume III, 1949 Lisboa

[101] **APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e tecnologias de intervenção, CAP IV, Critérios para a resolução das anomalias construtivas e reabilitação dos edifícios antigos, *Reabilitação de instalações especiais em edifícios antigos*

