

# Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu



## RESUMO

Numa fase em que a reabilitação urbana se afirma como um dos pilares de futuro do setor da construção, torna-se cada vez mais notório o desconhecimento e até desinteresse de profissionais ligados a essa área, relativamente aos métodos construtivos adotados antes da massificação do betão enquanto principal componente da construção.

Os Centros Históricos, e muitas aldeias periféricas ou rurais estão repletas de edifícios onde a construção em alvenaria de pedra e tabique predomina, sendo muitas vezes a sua reabilitação negligenciada em detrimento de novas construções.

O principal objetivo desta dissertação é dar a conhecer alguns edifícios localizados no Centro Histórico de Viseu, incidindo sobretudo nas paredes de tabique e na sua interação com a restante estrutura.

O conhecimento aqui partilhado foi obtido através de visitas a quatro edifícios, todos deles em contexto de obra.

De modo a adquirir informação revelante, foram realizadas medições exaustivas, reportagens fotográficas, pormenorização a duas e três dimensões de aspetos construtivos considerados importantes, recolha de materiais e ensaios, *in situ* e em laboratório.

Através da informação que se apresenta pretende-se dar a conhecer o tabique como uma solução construtiva que dá garantias em termos estruturais, que em muitos casos conserva as suas qualidades e dos seus elementos constituintes quase inalteradas, não sendo por isso necessária a sua substituição por outro tipo de parede.



## ABSTRACT

In a phase in which urban rehabilitation stands as one of the future cornerstones of the construction sector, becomes increasingly notorious the lack of knowledge and even disinterest of the construction professionals regarding the construction methods adopted before the massification of concrete as the main component of construction.

The Historic Centers, and many rural or peripheral villages are packed with buildings where construction of stone masonry and “tabique” prevails, being many times their rehabilitation neglected in prejudice of new constructions.

The main goal of this dissertation is to let know some buildings located in the Historic center of Viseu, focusing mainly in “Tabique” walls and their interaction with the remaining structure.

The knowledge shared in this document was obtained through visits to four buildings, all of them in work context.

In order to obtain relevant information, were realized detailed measurements, photographic reporting, detailing in 2 and 3 dimensions of constructive aspects considered important, collecting materials and finally *in situ* and lab tests.

Through the information here exhibited it is intended to let know “tabique” as one constructive solution which gives structural guarantees, that in many cases preserves its qualities and of its constituents almost unchanged, being therefore unnecessary their substitution for another type of wall.



## **PALAVRAS-CHAVE**

Paredes de Tabique  
Alvenaria  
Sistemas construtivos  
Reabilitação  
Ensaio Experimentais  
Ligações  
Inspeção  
Argamassas



## **KEY WORDS**

“Tabique” Walls  
Masonry  
Building Systems  
Rehabilitation  
Experimental tests  
Links  
Inspection  
Mortars



## AGRADECIMENTOS

Esta dissertação é o resultado final de um trabalho que não teria sido possível concretizar sem a colaboração de várias pessoas e instituições a quem deixo uma palavra de apreço:

Ao meu orientador, professor José Padrão, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu (ESTGV), do Instituto Politécnico de Viseu (IPV) pelo apoio, incentivo, disponibilidade, transmissão de conhecimento e interesse despertado pelo tema.

À Sociedade de Reabilitação Urbana – Viseu Novo, em especial ao Eng.º Rui Santos e Eng.ª Ana Almeida, por permitirem o acesso aos edifícios estudados e pela disponibilidade demonstrada na partilha de conhecimento e material fotográfico.

Às empresas (Irmãos Almeida Cabral, Soares e Figueiredo Lda. e Vítor Pedro Jesus Rocha Lda.) a cargo dos trabalhos e seus colaboradores pela disponibilidade, compreensão, esclarecimentos e apoio prestado na recolha e transporte de materiais.

Ao Diogo Vicente, Márcio Costa e Susana Matos, pela ajuda prestada nas inspeções realizadas aos edifícios.

Ao LESE (Laboratório de Engenharia Sísmica e Estrutural) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pela disponibilidade demonstrada para a execução dos ensaios com o resistógrafo.

Ao técnico Nelson Santos do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu e ao Luís Cabral pela ajuda na preparação das amostras dos conectores mecânicos.

Aos Engenheiros José Salgueiro e Serafim Oliveira docentes do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu pela ajuda na execução e interpretação dos ensaios de tração, análise microestrutural e dureza.

Ao técnico Carlos Silva e ao Engenheiro Marcelo Oliveira do Departamento de Engenharia de Madeiras da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu pela ajuda na preparação e realização dos ensaios às madeiras.

Ao técnico Marco Vinhanova do Departamento de Engenharia Civil da Escola Superior de Tecnologia e Gestão pelo auxílio prestado na preparação das amostras de argamassa ensaiadas.

Ao Rui Augusto pelo apoio prestado na formatação do documento final

Aos meus amigos e familiares pelo apoio prestado.

Em especial, aos meus pais, pelo sacrifício para me fazer chegar aqui e sobretudo, por acreditarem em mim.

Muito obrigado.

## INDICE GERAL

INDICE GERAL .....	xi
INDICE DE FIGURAS .....	xvi
INDICE DE QUADROS .....	xxi
INDICE DE TABELAS .....	xxiii
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia.....	2
1.4 Organização do trabalho .....	3
2 Descrição dos Edifícios .....	5
2.1 Enquadramento.....	5
2.2 Descrição do Edifício (Ed. 1) .....	6
2.2.1 Descrição da solução arquitetónica .....	6
2.2.2 Descrição da solução estrutural e aspetos construtivos .....	7
2.2.2.1 Paredes Exteriores .....	8
2.2.2.1.1 Paredes de alvenaria.....	8
2.2.2.1.2 Paredes de Tabique .....	9
2.2.2.2 Paredes Interiores .....	10
2.2.2.2.1 Paredes de alvenaria.....	10
2.2.2.2.2 Paredes de Tabique .....	11
2.2.2.3 Revestimentos .....	11
2.2.2.3.1 Paredes de tabique exteriores.....	11
2.2.2.3.2 Paredes de tabique interiores .....	13
2.2.2.4 Pavimentos .....	14
2.2.2.5 Cobertura e beirado .....	15
2.3 Descrição do Edifício 2 (Ed. 2) .....	17
2.3.1 Descrição da solução arquitetónica .....	17
2.3.2 Descrição da solução estrutural e aspetos construtivos .....	18
2.3.2.1 Paredes Exteriores .....	18

2.3.2.2	Paredes Interiores .....	19
2.3.2.3	Pavimentos .....	20
2.4	Descrição do Edifício 3 (Ed.3) .....	23
2.4.1	Descrição da solução arquitetónica .....	23
2.4.2	Descrição da solução estrutural e aspetos construtivos .....	23
2.4.2.1	Paredes exteriores .....	23
2.4.2.2	Paredes Interiores .....	25
2.4.3	Pavimentos .....	25
2.4.3.1	Cobertura .....	26
2.5	Descrição do Edifício 4 (Ed.4) .....	26
2.5.1	Descrição da solução arquitetónica .....	26
2.5.2	Descrição da solução estrutural e aspetos construtivos .....	27
2.5.2.1	Paredes Exteriores .....	28
2.5.2.2	Paredes interiores .....	28
2.5.2.3	Pavimentos .....	30
2.5.2.4	Cobertura .....	31
2.6	Considerações Finais .....	32
3	Análise técnica e pormenorização construtiva de paredes de tabique .....	33
3.1	Caracterização geométrica de paredes de tabique .....	34
3.2	Tipologia de paredes de tabique .....	38
3.3	Diagonais em paredes de tabique .....	47
3.3.1	Disposição das diagonais nas paredes de tabique .....	47
3.3.2	Análise à influência das diagonais no comportamento geral dos edifícios ...	62
3.3.2.1	Edifício 1 .....	66
3.3.2.2	Edifício 2 .....	69
3.4	Ligações de paredes de tabique - Estudo, caracterização e pormenorização .....	73
3.4.1.1	Ligações Inferiores .....	73
3.4.1.1.1	Transição Tabique – Alvenaria .....	73
3.4.1.1.2	Transição Tabique – Tabique .....	76
3.4.1.1.3	Apoio a vigas de pavimento ou outros elementos .....	76
3.4.1.2	Ligações Superiores .....	79
3.4.1.2.1	Sem ligação .....	79

3.4.1.2.2	Ligação a frechal.....	80
3.4.1.3	Ligações com conectores ou chapas metálicas .....	83
3.4.1.3.1	Ligação de paredes de tabique ortogonais .....	84
3.4.1.3.2	Ligação a paredes de alvenaria de pedra ortogonais.....	86
3.4.1.3.3	Ligação de paredes de tabique ortogonais – Chapa metálica nos frechais	88
3.4.1.3.4	Ligação frechal – Parede de alvenaria .....	90
3.4.1.3.5	Ligação de frechal à estrutura do pavimento .....	91
3.5	Conectores metálicos.....	93
3.5.1.1	Outros aspetos construtivos.....	98
3.5.1.1.1	Configuração construtiva das aberturas .....	98
3.5.1.1.2	Aderência dos revestimentos das paredes de tabique .....	99
3.5.1.1.3	Tipos de revestimento – análise estatística .....	101
3.5.1.1.4	Esbelteza das paredes de tabique .....	103
3.5.1.1.5	Encontro de parede de tabique com parede de alvenaria de tijolo – extremidade .....	104
3.5.1.1.6	Parede de tabique com diagonais entre pisos sobre parede de tijolo	105
3.5.1.1.7	Alinhamento vertical de paredes de tabique .....	106
3.6	Considerações Finais .....	107
4	Ensaio.....	111
4.1	Conectores e chapas metálicas .....	112
4.1.1	Descrição dos Ensaio .....	112
4.1.1.1	Ensaio de Tração .....	112
4.1.1.2	Ensaio de Microdureza de Vickers.....	113
4.1.1.3	Análise Microestrutural.....	114
4.1.2	Apresentação e Análise de Resultados .....	114
4.1.2.1	Ensaio de Tração .....	114
4.1.2.2	Ensaio Microdureza Vickers .....	116
4.1.2.2.1	Correlação da tensão de cedência à tração vs. Dureza de Vickers ..	117
4.1.2.3	Análise Microestrutural.....	119
4.2	Madeira.....	121
4.2.1	Descrição dos Ensaio Realizados.....	121

4.2.1.1	Ensaio do Resistógrafo.....	122
4.2.1.2	Ensaio de Flexão Estática.....	122
4.2.1.3	Dureza .....	123
4.2.1.4	Ensaio de Compressão Axial.....	123
4.2.2	Preparação das Amostras.....	123
4.2.3	Realização dos Ensaios e Apresentação dos Resultados.....	125
4.2.3.1	Ensaio do Resistógrafo.....	125
4.2.3.2	Ensaio de Flexão Estática.....	126
4.2.3.3	Ensaio de Compressão Axial.....	133
4.2.3.4	Ensaio de Dureza.....	138
4.2.4	Análise dos Resultados.....	140
4.3	Argamassas.....	141
4.3.1	Descrição do Ensaio .....	142
4.3.2	Preparação das amostras.....	142
4.3.3	Realização dos ensaios e apresentação dos resultados .....	144
4.3.3.1	Resultados das amostras do Ed.1 .....	146
4.3.3.2	Resultados das amostras do Ed.3 .....	152
4.3.4	Análise dos Resultados.....	154
5	Conclusão .....	157
5.1	Considerações finais.....	157
5.2	Desenvolvimentos futuros .....	160
	Apêndice A – Medição das paredes (tratamento estatístico por piso –Ed.1) .....	162
	Apêndice B (Medição das paredes (tratamento estatístico por piso –Ed.2) .....	163
	Anexo A – Peças desenhadas dos edifícios estudados .....	165
	REFERÊNCIAS .....	173



## INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Localização dos edifícios estudados (imagem retirada de <a href="https://maps.google.pt">https://maps.google.pt</a> ) .....	6
Figura 2-2: Vista geral da fachada principal e edifício adossado ao alçado lateral direito ...	7
Figura 2-3: Pormenor Viga inclinada pertencente a estrutura de cobertura antes da ampliação.....	7
Figura 2-4: Identificação em corte dos principais elementos caracterizados .....	8
Figura 2-5: Alvenaria dos pisos 0 e 1 (Alçado Lateral Esquerdo) .....	9
Figura 2-6: Parede de tabique exterior e frechal em castanho.....	9
Figura 2-7: Parede dupla e aspeto geral do alçado lateral direito.....	10
Figura 2-8: Parede interior de alvenaria existente no Piso -1 .....	10
Figura 2-9: Parede interior de tabique do Ed.1 .....	11
Figura 2-10: Utilização telha cerâmica como revestimento exterior de uma parede de tabique .....	12
Figura 2-11: Argamassa de cimento existente no alçado posterior .....	12
Figura 2-12: Tabique revestido com argamassa de cimento aderida com malha de galinheiro .....	13
Figura 2-13: Revestimentos das paredes interiores de tabique do Ed.1 .....	14
Figura 2-14: Corte dos pavimentos observados no Ed.1 .....	15
Figura 2-15: Pormenores estrutura da cobertura .....	16
Figura 2-16: Pormenores do beirado .....	16
Figura 2-17: Fachada Principal e Posterior do Ed.2.....	17
Figura 2-18: Pormenores indicativos de ampliação do Ed.2 ao longo da sua vida útil.....	17
Figura 2-19: Identificação em corte dos principais elementos caracterizados (Ed.2).....	18
Figura 2-20: Pormenores paredes laterais Ed.2 .....	18
Figura 2-21: Parede de tabique com frechal a meio vão .....	19
Figura 2-22: Tipos de revestimentos e enchimentos observados no Ed.2.....	19
Figura 2-23: Pormenores pavimentos do Ed.2 .....	20
Figura 2-24: Pormenores da laje de betão .....	21
Figura 2-25: Pormenores estrutura do teto do Ed.2.....	22
Figura 2-26: Pormenores construtivos da cobertura do Ed.2 .....	22
Figura 2-27: Fachada principal do Ed.3 (imagem retirada de <a href="https://maps.google.pt">https://maps.google.pt</a> ) .....	23
Figura 2-28: Paredes exteriores do Ed.3.....	24
Figura 2-29: Telha e argamassa utilizadas como revestimento exterior .....	24
Figura 2-30: Diferentes tipos de revestimento utilizados nas paredes interiores de tabique do Ed.3.....	25
Figura 2-31: Revestimento dos tetos do Ed.3.....	25
Figura 2-32: Fachada principal do Ed.4 .....	26
Figura 2-33: Soluções construtivas distintas observadas no Ed.4.....	27

Figura 2-34: Identificação em corte dos principais elementos caracterizados (Ed.2).....	27
Figura 2-35: Paredes interiores de alvenaria de pedra.....	28
Figura 2-36: Vários tipos de tabique encontrados no Ed.4.....	28
Figura 2-37: Aspeto dos revestimentos das diferentes paredes de tabique existentes no Ed.4 .....	29
Figura 2-38: Zonas de transição entre paredes ortogonais .....	29
Figura 2-39: Zonas de transição vertical alvenaria-tabique.....	30
Figura 2-40: Revestimento do teto em ripado de madeira.....	30
Figura 2-41: Pormenores do teto da caixa de escadas em tabique .....	31
Figura 2-42: Pormenores da cobertura do Ed.4.....	32
Figura 3-1: Principais dimensões a ter em conta nas paredes de tabique.....	39
Figura 3-2: Fasquios - tipos de secção transversal (Pinto, 2013).....	39
Figura 3-3: Pregagem entre fiadas e entre tábuas verticais da mesma fiada .....	46
Figura 3-4: N° casos observados vs. Distância à extremidade da parede mais próxima.....	55
Figura 3-5: Localização das diagonais e alinhamentos do Ed.1.....	63
Figura 3-6: Localização das diagonais e alinhamentos do Ed.2.....	65
Figura 3-7: Disposição 3D das diagonais segundo a direção XX, do Ed.1.....	67
Figura 3-8: Disposição 3D das diagonais segundo a direção YY, do Ed.1.....	68
Figura 3-9: Disposição 3D das diagonais segundo a direção XX, do Ed.2.....	70
Figura 3-10: Disposição 3D das diagonais segundo a direção YY, do edifício 2.....	71
Figura 3-11: Ligações inferiores entre tabique e alvenaria – Caso 1 .....	74
Figura 3-12: Ligações inferiores entre tabique e alvenaria – Caso 2 .....	74
Figura 3-13: Ligações inferiores entre tabique e alvenaria – Caso 3 .....	75
Figura 3-14: Ligações inferiores entre tabique e alvenaria – Caso 4 .....	75
Figura 3-15: Ligações inferiores tabique-tabique – Caso 1.....	76
Figura 3-16: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 6.....	76
Figura 3-17: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 7.....	77
Figura 3-18: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 8.....	77
Figura 3-19: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 9.....	78
Figura 3-20: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 10.....	78
Figura 3-21: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 11.....	79
Figura 3-22: Ligações superiores - tabique sem ligação - Caso 1.....	79
Figura 3-23: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 2.....	80
Figura 3-24: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 3.....	80
Figura 3-25: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 4.....	81
Figura 3-26: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 5.....	82
Figura 3-27: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 6.....	82
Figura 3-28: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 7.....	83
Figura 3-29: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 8.....	83
Figura 3-30: Ligação de paredes de tabique ortogonais: Caso 1 e Caso 2.....	86
Figura 3-31: Conectores metálicos dos Ed.1 e Ed.3.....	94

Figura 3-32: Esquema dos conectores metálicos (Pinto, 2013) .....	96
Figura 3-33: Pormenores de aberturas nas paredes de tabique do Ed.1 .....	99
Figura 3-34: Aderência entre as argamassas e os elementos de madeira .....	100
Figura 3-35: Pormenores do revestimento exterior com telha cerâmica .....	103
Figura 4-1 Pregos e chapas metálicas utilizados nos ensaios .....	113
Figura 4-2: Preparação do ensaio de dureza de Vickers.....	114
Figura 4-3: Procedimento análise microestrutural .....	114
Figura 4-4: Diagrama Tensão ( $\sigma$ ) X Extensão ( $\epsilon$ ) .....	115
Figura 4-5: Diagrama Tensão ( $\sigma$ ) X Extensão ( $\epsilon$ ) .....	115
Figura 4-6: Diagrama Tensão ( $\sigma$ ) X Extensão ( $\epsilon$ ) .....	115
Figura 4-7: Imagens da microestrutura dos pregos .....	120
Figura 4-8: Frechais de pinho e castanho .....	121
Figura 4-9: Máquina de ensaios SERVOSIS ME-405 .....	122
Figura 4-10: Ensaio do Resistógrafo .....	122
Figura 4-11: Fases da maquinação dos provetes .....	124
Figura 4-12: Material utilizado na determinação da humidade dos provetes.....	125
Figura 4-13: Material utilizado na determinação da humidade dos provetes.....	125
Figura 4-14: Ensaio do Resistógrafo – apresentação de resultados.....	126
Figura 4-15: Ensaio à flexão estática e respetivas roturas.....	127
Figura 4-16: Tipos de rotura em barras submetidas ao ensaio de flexão estática .....	127
Figura 4-17: Ensaio de flexão estática – Amostras de Pinho .....	128
Figura 4-18: Ensaio de flexão estática – Amostras de Castanho.....	129
Figura 4-19 - Rotura do provete C10 .....	132
Figura 4-20: Exemplo de alguns tipos de rotura observados .....	133
Figura 4-21: Modos de rotura à compressão axial (Carvalho, 1996) .....	134
Figura 4-22: Ensaio de Compressão Axial – Amostras de Pinho.....	135
Figura 4-23: Ensaio de Compressão Axial – Amostras de Castanho .....	135
Figura 4-24: Tipos de argamassa utilizados nas paredes de tabique .....	141
Figura 4-25: Aspeto das amostras de argamassa recolhidas no Ed.1 .....	142
Figura 4-26: Preparação das amostras .....	143
Figura 4-27: Processo de colagem dos prismas às amostras .....	144
Figura 4-28: Aspeto da amostra de argamassa pronta para ensaiar.....	144
Figura 4-29: Prensa de ensaios e sistema de aquisição de dados .....	144
Figura 4-30: Aspeto geral das amostras após a rotura.....	145
Figura 4-31: Aspeto das amostras na zona de rotura.....	146
Figura 4-32: Ensaio compressão uniaxial: Força vs. Deslocamento (lote 1) .....	146
Figura 4-33: Ensaio compressão uniaxial: Força vs. Deslocamento (lote 2) .....	147
Figura 4-34: Ensaio compressão uniaxial: Força vs. Deslocamento (lote 3) .....	147
Figura 4-35: Ensaio compressão uniaxial: Força vs. Deslocamento (lote 4) .....	148
Figura 4-36: Curva de relação entre a tensão de rotura à compressão e o rácio de esbelteza .....	152

Figura 4-37: Ensaio compressão uniaxial: Força vs. Deslocamento (Ed.3)..... 153



## INDICE DE QUADROS

Quadro 3-1: Configuração das paredes de tabique interiores.....	34
Quadro 3-2: Configuração das paredes de tabique exteriores .....	36
Quadro 3-3: Tipos de parede de tabique.....	40
Quadro 3-4: Pormenorização da disposição das diagonais em paredes de tabique.....	53
Quadro 3-5: Ligação de paredes de tabique ortogonais – Casos observados.....	85
Quadro 3-6: Ligação a paredes de alvenaria de pedra ortogonais - Casos observados .....	87
Quadro 3-7: Ligação de paredes de tabique ortogonais – Chapa metálica nos frechais .....	89
Quadro 3-8: Ligação frechal - parede de alvenaria - Casos observados .....	90
Quadro 3-9: Ligação de frechal a estrutura do pavimento – Casos observados.....	92
Quadro 3-10: Principais utilizações dos conectores metálicos.....	94
Quadro 3-11: Encontro de parede de tabique com parede de alvenaria tijolo – extremidade .....	105
Quadro 3-12: Parede de tabique com diagonais entre pisos sobre parede de tijolo .....	106
Quadro 3-13: Sobreposição de paredes de tabique no plano vertical – Alinhamento Y2 do Ed.1.....	107



## INDICE DE TABELAS

Tabela 2-1: Dimensões médias das vigas principais dos pisos do Ed.1 .....	14
Tabela 3-1: Percentagem de Paredes com diagonais .....	38
Tabela 3-2: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 1.....	42
Tabela 3-3: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 2.....	43
Tabela 3-4: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 3.....	43
Tabela 3-5: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 4.....	45
Tabela 3-6: Caracterização dimensional do parâmetro $\beta$ dos fasquios do Ed.1 .....	45
Tabela 3-7: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 5.....	46
Tabela 3-8: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 6.....	46
Tabela 3-9: Caso 1 – Dimensão das diagonais .....	54
Tabela 3-10: Caso 1 – Dimensões médias das paredes .....	54
Tabela 3-11: Caso 2 – Dimensões das diagonais .....	55
Tabela 3-12: Caso 2 - Dimensões auxiliares .....	55
Tabela 3-13: Caso 4 - Dimensões das diagonais .....	56
Tabela 3-14: Caso 4 - Dimensões auxiliares .....	56
Tabela 3-15: Caso 5 - Dimensões das diagonais .....	56
Tabela 3-16: Caso 5 - Dimensões Auxiliares .....	56
Tabela 3-17: Caso 7 - Dimensões das diagonais .....	57
Tabela 3-18: Caso 7 - Dimensões auxiliares .....	57
Tabela 3-19: Caso 8 - Dimensões das diagonais .....	57
Tabela 3-20: Caso 8 - Dimensões auxiliares .....	57
Tabela 3-21: Caso 9 - Dimensões das diagonais .....	57
Tabela 3-22: Caso 9 - Dimensões auxiliares .....	58
Tabela 3-23: Caso 11 - Dimensões das diagonais .....	58
Tabela 3-24: Caso 11 - Dimensões auxiliares .....	58
Tabela 3-25: Caso 12 - Dimensões das diagonais .....	59
Tabela 3-26: Caso 12 - Dimensões auxiliares .....	59
Tabela 3-27: Caso 14 - Dimensões das diagonais .....	59
Tabela 3-28: Caso 14 - Dimensões auxiliares .....	60
Tabela 3-29: Caso 15 – Dimensões das diagonais .....	60
Tabela 3-30: Caso 15 – Dimensões auxiliares.....	60
Tabela 3-31: Caso 16 – Dimensões das diagonais .....	60
Tabela 3-32: Caso 16 - Dimensões auxiliares .....	61

Tabela 3-33: Caso 17 – Dimensões das diagonais .....	61
Tabela 3-34: Caso 17 – Dimensões auxiliares.....	61
Tabela 3-35: Caso 18 – Dimensões das diagonais .....	61
Tabela 3-36: Caso 18 – Dimensões auxiliares.....	61
Tabela 3-37: Dimensões dos frechais – Caso 3.....	81
Tabela 3-38: Dimensão do frechal – Caso 4 .....	81
Tabela 3-39: Dimensão do frechal – Caso 5 .....	82
Tabela 3-40: Dimensões das chapas – Caso 3.....	86
Tabela 3-41: Outras dimensões – Caso 3 .....	86
Tabela 3-42: Dimensões das chapas – Caso 4.....	86
Tabela 3-43: Outras dimensões – Caso 4 .....	86
Tabela 3-44: Dimensões das chapas – Caso 3.....	88
Tabela 3-45: Outras dimensões – Caso 3 .....	88
Tabela 3-46: Dimensões das chapas – Caso 4.....	88
Tabela 3-47: Outras dimensões – Caso 4 .....	88
Tabela 3-48: Dimensões das chapas – Caso 1 .....	90
Tabela 3-49: Outras dimensões – Caso 1 .....	90
Tabela 3-50: Dimensões das chapas – Caso 2.....	90
Tabela 3-51: Outras dimensões – Caso 2 .....	90
Tabela 3-52: Dimensões das chapas – Caso 1 .....	91
Tabela 3-53: Outras dimensões – Caso 1 .....	91
Tabela 3-54: Dimensões das chapas – Caso 1 .....	93
Tabela 3-55: Outras dimensões – Caso 1 .....	93
Tabela 3-56: Dimensões das chapas – Caso 2 (1) .....	93
Tabela 3-57: Dimensões das chapas – Caso 2 (2).....	93
Tabela 3-58: Outras dimensões – Caso 2 .....	93
Tabela 3-59: Dimensões das chapas – Caso 3.....	93
Tabela 3-60: Outras dimensões – Caso 3 .....	93
Tabela 3-61: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 1 .....	96
Tabela 3-62: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 2.....	97
Tabela 3-63: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 3.....	97
Tabela 3-64: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 4.....	97
Tabela 3-65: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 5.....	97
Tabela 3-66: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 6.....	97
Tabela 3-67: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 7.....	97
Tabela 3-68: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 8.....	98
Tabela 3-69: Tipos de revestimento existentes nas paredes interiores de tabique do Ed.1101	
Tabela 3-70: Tipos de revestimento existentes na face interior das paredes exteriores de tabique do Ed.1 .....	102
Tabela 3-71: Tipos de revestimento existentes nas faces exteriores das paredes exteriores de tabique do Ed.1 .....	103

Tabela 3-72: Espessura total e esbelteza de paredes de tabique (Ed.1).....	104
Tabela 4-1: Tratamento estatístico dos valores da tensão de rotura à tração e módulo de elasticidade dos grupos de amostras .....	116
Tabela 4-2: Valores médios do ensaio de dureza – Secção transversal do prego .....	117
Tabela 4-3: Valores médios do ensaio de dureza – Secção transversal do prego .....	117
Tabela 4-4: Dureza de Vickers das amostras ensaiadas .....	118
Tabela 4-5: Comparação de valores da tensão resistente à tração obtidos pelo método convencional e pela conversão da dureza de Vickers.....	118
Tabela 4-6: Tipos de rotura observadas nos ensaios à flexão estática.....	127
Tabela 4-7: Teor em água dos provetes utilizados no ensaio à flexão estática .....	129
Tabela 4-8: Densidade média obtida e densidade de referência das espécies utilizadas como comparação .....	130
Tabela 4-9: Representação estatística dos resultados obtidos através do ensaio de flexão estática .....	130
Tabela 4-10: Comparação entre os valores de tensão de rotura obtidos e de referência – Flexão Estática.....	132
Tabela 4-11: Módulo de Elasticidade aparente dos provetes .....	133
Tabela 4-12: Análise estatística dos modos de rotura à compressão axial.....	133
Tabela 4-13: Teor em água dos provetes utilizados no ensaio à compressão axial.....	136
Tabela 4-14: Representação estatística dos resultados obtidos através do ensaio de compressão axial.....	136
Tabela 4-15: Comparação entre os valores de tensão de rotura obtidos e de referência – Compressão Axial .....	137
Tabela 4-16: Teor em água dos provetes utilizados no ensaio à dureza.....	138
Tabela 4-17: Representação estatística dos resultados obtidos através do ensaio de dureza .....	138
Tabela 4-18: Comparação entre o número de dureza da amostra estudada e as espécies de referência .....	139
Tabela 4-19: Representação estatística da cota de dureza das amostras estudadas.....	139
Tabela 4-20: Tensões de Rotura e Rácio de esbelteza – Lote 1 .....	149
Tabela 4-21: Tensões de Rotura e Rácio de esbelteza – Lote 2 .....	149
Tabela 4-22: Tensões de Rotura e Rácio de esbelteza – Lote 3 .....	149
Tabela 4-23: Tensões de Rotura e Rácio de esbelteza – Lote 4 .....	149
Tabela 4-24: Análise estatística dos parâmetros fundamentais do ensaio de rotura à compressão – Ed.1 .....	150
Tabela 4-25: Tensões de Rotura e Rácio de esbelteza – Ed.3 .....	153
Tabela 4-26: Análise estatística dos parâmetros fundamentais do ensaio de rotura à compressão – Ed.3 .....	154



# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento

A presente dissertação de mestrado tem como objeto de estudo as paredes de tabique, nomeadamente a diversidade da sua técnica construtiva, as propriedades e características dos materiais utilizados na sua construção e o seu papel no comportamento estrutural dos edifícios antigos. Pretende-se também iniciar um processo de criação de uma base de dados com parâmetros relativos às principais dimensões das paredes de tabique, desde a sua dimensão geral, com a caracterização da presença ou não de aberturas (vãos de portas e janelas) até à dimensão dos seus elementos constituintes, passando pelas dimensões e caracterização de elementos de ligação e de apoio. Esta primeira abordagem pretende ser a base para que, no futuro, seja criada uma base de dados efetiva subordinada a este tipo de elemento construtivo, tão presente nos edifícios antigos de Portugal.

De acordo com Oliveira (1992) a origem das paredes de tabique é anterior ao século XVII, tendo atingido o seu apogeu no século XIX (Cardoso, 2013). Este processo construtivo faz parte da arquitetura vernácula portuguesa, estando bem presente no território nacional, com maior incidência no nordeste de Portugal (Cardoso, 2013; Carvalho, 2009).

Com a introdução do betão armado na construção, a técnica do tabique bem como a aplicação da madeira na construção caiu em desuso (Ribeiro, 2014). Existem, no entanto, inúmeros edifícios do nosso país em que esta técnica ainda se encontra implantada. Com a recente aposta na reabilitação do património edificado, sobretudo dos centros históricos degradados, surge também a oportunidade de conhecer de perto esta técnica construtiva,

estudando-a, caracterizando-a e partilhando a informação obtida, de modo a sensibilizar as diversas entidades envolvidas nos processos de reabilitação desses imóveis e preservar e divulgar o conhecimento adquirido sobre esta técnica construtiva.

## **1.2 Objetivos**

Esta tese tem como objetivo o estudo e caracterização das paredes de tabique. Ao longo dos últimos anos têm sido realizados diversos trabalhos sobre as paredes de tabique de edifícios antigos existentes na cidade de Viseu, dos quais se destacam Pinto (2013), Domingues (2014) e Godinho (2014).

O tabique, apesar de ser uma técnica construtiva antiga e em desuso, apresenta características muito diversas, ao nível da sua constituição, das características dos seus materiais, da sua interligação com outros elementos, do seu papel no comportamento geral das estruturas e, inclusive, dos seus fatores de degradação.

Dada esta diversidade, a presente dissertação de mestrado incidirá na diferenciação das paredes em função das suas características dimensionais, no estudo das propriedades mecânicas dos elementos constituintes das paredes de tabique, na divulgação de pormenores construtivos observados, no estudo dos tipos de ligações existentes nessas paredes, no seu papel estrutural e finalmente no estudo da influência das tábuas diagonais no comportamento das paredes de tabique e da própria estrutura no seu todo.

## **1.3 Metodologia**

De modo a ser possível atingir os objetivos propostos foi necessário efetuar o acompanhamento de intervenções de reabilitação realizadas em edifícios antigos do centro histórico da cidade de Viseu. Com efeito, aproveitando obras de reabilitação a decorrer nessa área da cidade foi possível desenvolver uma campanha exaustiva de caracterização geométrica das paredes de tabique e dos seus elementos constituintes, recolher amostras para a realização de ensaios laboratoriais de caracterização dos materiais, efetuar levantamentos de pormenores construtivos, realizar registos fotográficos, etc. Na maioria dos casos estes procedimentos só foram possíveis acontecer porque essas obras de reabilitação implicavam o desmonte / demolição de grande parte das paredes de tabique, em alguns casos, ou a remoção das argamassas de enchimento e de revestimento, permitindo o acesso à estrutura de madeira.

Para a caracterização dos materiais procederam-se a ensaios à madeira proveniente de frechais, a argamassas de revestimento e a conetores metálicos e chapas metálicas utilizadas nas ligações entre as paredes de tabique e outros elementos construtivos.

Na caracterização das madeiras realizaram-se ensaios com o resistógrafo *in situ* a vários elementos existentes num dos edifícios estudados. Adicionalmente foram realizados três tipos de ensaio (compressão, flexão e dureza) a dois tipos de madeira distintos (Pinho e Castanho) nos laboratórios do Departamento de Engenharia das Madeiras da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viseu.

As argamassas foram sujeitas a ensaios de compressão uniaxial nos laboratórios do Departamento de Engenharia Civil da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viseu.

As cavilhas e chapas metálicas foram ensaiadas à tração. Em complemento foi realizada uma análise microestrutural, incluindo a determinação da sua dureza. Analogamente correlacionaram-se as durezas obtidas com a resistência à tração determinada.

Em função do que foi observado, procedeu-se ainda à pormenorização bi e tridimensional de vários pormenores construtivos considerados importantes e de interesse para a futura criação de uma base de dados dedicada ao estudo e caracterização de paredes de tabique.

Desse estudo faz parte o estudo da disposição das aberturas nas paredes de tabique, a existência de diagonais e a sua localização espacial, procurando perceber a sua influência no comportamento geral das paredes de tabique e, de forma geral, no comportamento global da estrutura.

## **1.4 Organização do trabalho**

O trabalho que a seguir se apresenta foi estruturado em cinco capítulos distintos.

No Capítulo 1 procede-se a uma breve introdução do tema, com a definição dos objetivos que deram origem a este trabalho e da metodologia utilizada para o concretizar.

No Capítulo 2 apresenta-se uma descrição dos vários edifícios de onde foi obtida informação e/ou material imprescindível para o desenvolvimento deste trabalho.

O Capítulo 3 é dedicado aos pormenores construtivos, onde é dado destaque aos diversos tipos de parede de tabique encontrados, às diferentes disposições das tábuas diagonais, à sua influência no comportamento das paredes de tabique e de toda a estrutura, de uma forma geral, aos tipos de ligações entre as paredes de tabiques e entre estas e outros

elementos estruturais (paredes de alvenaria e estrutura dos pavimentos, por exemplo) e ainda o estudo da influência das aberturas nestas paredes.

O Capítulo 4 trata dos ensaios de caracterização realizados aos principais materiais constituintes das paredes de tabique (madeira, elementos metálicos e argamassa).

Finalmente no Capítulo 5 apresentam-se as conclusões obtidas e a proposta de trabalhos futuros que complementem a informação de seguida apresentada.

## **2 Descrição dos Edifícios**

### **2.1 Enquadramento**

Neste capítulo será feita uma apresentação e descrição dos quatro edifícios que serviram de caso de estudo à presente dissertação.

No âmbito do protocolo existente entre o Departamento de Engenharia Civil e a Viseu Novo SRU – Sociedade de Reabilitação Urbana, foi possível acompanhar os trabalhos de demolição e de reabilitação que decorreram em edifícios situados no Largo de S. Teotónio/Travessa das Escadinhas da Sé, nº24 e 25, na rua Direita nº 275 e na Calçada da Vigia.

Para além dos edifícios mencionados, surgiu ainda a oportunidade de acompanhar a demolição de um edifício situado na praça D. Duarte nº 11 e 13, pertencente a uma entidade privada.

De modo a simplificar a designação, entendeu-se denominar os edifícios segundo a seguinte regra: o edifício situado no Largo de S. Teotónio/Travessa das Escadinhas da Sé, nº24 e 25 como Ed.1, o da rua Direita nº 275 como Ed.2, o da praça D. Duarte nº 11 e 13 como Ed.3, e o edifício da Rua da Calçada como Ed.4. A ordem das designações corresponde à ordem em que os edifícios foram visitados e estudados.

É de referir que os edifícios mencionados se localizam no Centro Histórico de Viseu e que

em todos eles existiam paredes de tabique. Na Figura 2-1 apresenta-se uma perspetiva aérea do Centro Histórico de Viseu, com a localização e identificação dos edifícios estudados.



Figura 2-1: Localização dos edifícios estudados (imagem retirada de <https://maps.google.pt>)

De seguida, será feita uma breve descrição de cada um dos edifícios, completando as mesmas com algumas imagens.

Uma vez que o edifício situado no Largo de S. Teotónio/Travessa das Escadinhas da Sé, nº 24 e 25 (Ed.1) foi aquele onde houve a possibilidade de realizar um acompanhamento mais exaustivo da demolição, a sua caracterização será mais extensa que a dos restantes.

## 2.2 Descrição do Edifício (Ed. 1)

### 2.2.1 Descrição da solução arquitetónica

O edifício foi construído no século XIX e é constituído por um sistema misto de alvenaria de pedra e madeira, muito comum à época. Nas figuras 2-2.a) e 2-2.b) é possível observar a sua fachada principal e parte da sua envolvente, na atualidade e numa fase antecedente ao colapso parcial do edifício adossado ao alçado lateral direito de Ed.1.



a) Fachada principal do Ed.1 (Janeiro de 2015)



b) Fachada principal do Ed.1 (Setembro de 2009) – imagem retirada de (<https://www.google.pt/maps>)

Figura 2-2: Vista geral da fachada principal e edifício adossado ao alçado lateral direito

O edifício é constituído por cinco pisos: quadro deles acima da cota de soleira, que se destinavam a habitação mas se encontravam desabitados, e um abaixo da cota de soleira, onde funcionava um estabelecimento comercial. Por uma questão de economia de espaço no corpo principal do texto, as plantas de arquitetura dos edifícios foram remetidas para anexo.

Este edifício foi demolido, apenas se mantendo as alvenarias exteriores de alvenaria de pedra. Durante o acompanhamento da demolição foi possível observar indícios que mostram que os pisos 2 e 3 foram construídos numa fase posterior aos restantes.

Na Figura 2-3 é visível uma viga de madeira inclinada, que faria parte da estrutura de apoio à cobertura antes da ampliação do edifício através da construção dos últimos pisos elevados.



Figura 2-3: Pormenor Viga inclinada pertencente a estrutura de cobertura antes da ampliação

### 2.2.2 Descrição da solução estrutural e aspetos construtivos

Neste subcapítulo pretende-se dar a conhecer os aspetos estruturais mais relevantes que foi possível estudar durante o acompanhamento dos trabalhos levados a cabo no imóvel. Deste modo, será feita uma caracterização das paredes do edifício, exteriores e interiores, dos

tipos de argamassa utilizadas no revestimento dessas paredes, na configuração de tetos, pavimentos e cobertura.

Na Figura 2-4 é possível ver os cortes AA e BB do Ed.1, tendo sido assinalados os vários elementos construtivos a que se dará ênfase ao longo deste subcapítulo.

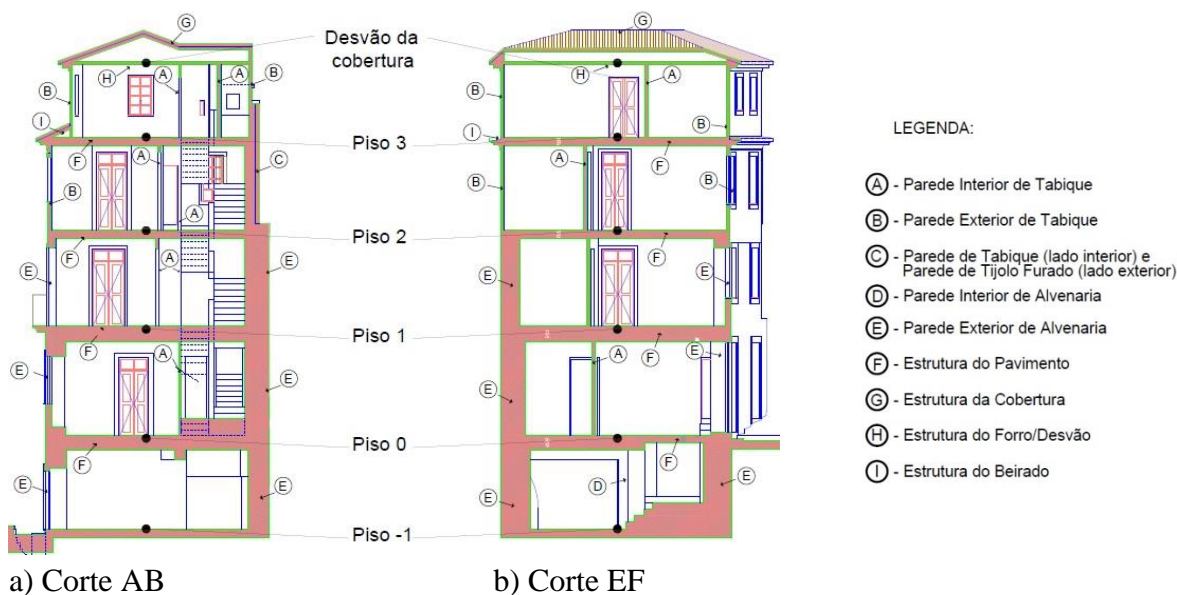


Figura 2-4: Identificação em corte dos principais elementos caracterizados

## 2.2.2.1 Paredes Exteriores

### 2.2.2.1.1 Paredes de alvenaria

O Ed.1 estava adossado a dois edifícios contíguos, no seu alçado lateral direito e alçado posterior. Refira-se que este tipo de situações, sobretudo nas paredes de alvenaria, implicava muitas vezes que as paredes de meação tivessem um papel importante no comportamento estrutural das duas estruturas envolvidas.

No caso do alçado lateral direito o edifício contíguo tinha, até há poucos anos, ligação vertical com o edifício em estudo, até uma cota aproximada do pavimento do 3º piso. O alçado posterior encontrava-se adossado a um edifício contíguo até cerca de um metro acima da cota do pavimento do 2º piso.

No decorrer do acompanhamento dos trabalhos de demolição / reabilitação realizados no edifício constatou-se que todas as paredes exteriores dos primeiros 3 pisos do edifício (piso -1, 0 e 1) eram constituídas por alvenaria de pedra.



Figura 2-5: Alvenaria dos pisos 0 e 1 (Alçado Lateral Esquerdo)

### 2.2.2.1.2 Paredes de Tabique

Verificou-se que, nos pisos 2 e 3, se optou pela construção de paredes exteriores de tabique. Essa solução era geralmente adotada em obras de ampliação ou em edifícios com múltiplos pisos elevados, onde se tornava mais difícil e exigente do ponto de vista estrutural a execução de uma solução em alvenaria de pedra.

Regra geral, os fatores que levavam a esta tomada de decisão eram: a capacidade económica do proprietário, a facilidade de execução e a adoção de uma solução menos exigente do ponto de vista estrutural.

As paredes exteriores, enquanto estruturas individuais, quando comparadas com as paredes interiores, não apresentavam diferenças dimensionais significativas dos seus elementos constituintes (ver capítulo 3). No entanto, nas paredes exteriores a madeira utilizada nos frechais era de qualidade superior (castanho) (Figura 2-6) à utilizada nos frechais das paredes interiores (pinho). Essa característica pode ser justificada pelo facto dessas paredes se encontrarem mais expostas a agentes de degradação vindos do exterior (atmosféricos, biológicos) e conseqüentemente, seria necessário garantir que o tipo de madeira utilizado nesses elementos era menos suscetível a sofrer com essa exposição.



a) Frechal em castanho



b) Parede de tabique exterior com frechal em castanho

Figura 2-6: Parede de tabique exterior e frechal em castanho

No alçado lateral direito, com começo ao nível do piso 2, existia uma parede de tabique ‘protegida’ por uma parede de tijolo cerâmico furado que distava da primeira cerca de 20 centímetros, sendo o espaço selado superiormente por um rufo (Figura 2-7).

Uma vez que se sabe que até há pouco tempo, uma das faces do piso colapsado do edifício contíguo partilhava a parede meeira com o Ed.1, é de crer que a parede de tijolo tenha sido a solução encontrada para salvaguardar a parede de tabique após o colapso.



a) Parede dupla (tabique + alvenaria de tijolo furado)



b) Aspeto geral da parede meeira

Figura 2-7: Parede dupla e aspeto geral do alçado lateral direito

### 2.2.2.2 Paredes Interiores

#### 2.2.2.2.1 Paredes de alvenaria

No que concerne às paredes interiores, apenas se verificou a existência de uma parede em alvenaria de pedra. Essa parede de alvenaria situava-se, sensivelmente, a meio vão e era paralela à fachada principal, desenvolvendo-se ao longo do pé direito do Piso -1 (Figura 2-8).

Presume-se que a sua existência e localização se justifique pela necessidade de um elemento de elevada rigidez capaz de dissipar as cargas existentes na zona central do edifício e provenientes dos pisos superiores.



Figura 2-8: Parede interior de alvenaria existente no Piso -1

### 2.2.2.2.2 Paredes de Tabique

Durante o acompanhamento dos trabalhos de demolição parcial do Ed.1, verificou-se que as paredes interiores de tabique, para além de desempenharem um papel em termos de compartimentação do edifício detinham também uma enorme importância em termos da estabilidade estrutural do edifício.

De um modo geral, as paredes de tabique do Ed.1 apresentavam um ‘esqueleto’ (estrutura de madeira) bastante similar. Na Figura 2-9 pode observar-se uma das paredes de tabique existentes no edifício.



Figura 2-9: Parede interior de tabique do Ed.1

Por forma a caracterizar as paredes de tabique, foram feitas medições exaustivas das diversas dimensões dos elementos que as constituem, estudo do tipo de ligação do tabique aos restantes elementos da estrutura, bem como recolha de material para efetuar ensaios que nos permitam descrever com exatidão as propriedades dos materiais, cujo estudo será abordado no capítulo 4.

### 2.2.2.3 Revestimentos

#### 2.2.2.3.1 Paredes de tabique exteriores

Relativamente às soluções de revestimento utilizadas nas paredes de tabique exteriores foram encontradas várias soluções distintas.

O revestimento de uma parede de tabique engloba o espaço livre entre o fasquiado e a camada de regularização aplicada sobre o mesmo fasquiado.

Esta camada de regularização, por norma, é constituída por dois materiais diferentes, o interior, regra geral, de constituição similar ao utilizado entre fasquiados e a camada mais exterior por uma argamassa mais dura.

No alçado posterior e alçado lateral direito, ao nível do piso 3 do edifício, utilizaram-se telhas fixas às tábuas costaneiras por pregagem. A sobreposição das telhas era feito de acordo com o método capa canal. Basicamente este método consiste na aplicação de telhas

canudo, em filas verticais, intercaladas segundo o plano horizontal de acordo com a Figura 2-10.



a) Alçado Posterior do Edifício – Piso 3



b) Método capa canal

Figura 2-10: Utilização telha cerâmica como revestimento exterior de uma parede de tabique

Entre fasquiados, e sob as telhas, existia também uma argamassa de origem terrosa, da qual não foi possível obter amostras.

No alçado posterior, ao nível do piso 2, observou-se a existência de uma argamassa de cimento aplicada diretamente sobre o tabique. Essa argamassa, que constituía um trabalho de reparação posterior à aplicação da telha cerâmica, já se encontrava degradada, existindo zonas onde a madeira estava completamente exposta ao exterior (Figura 2-11).



Figura 2-11: Argamassa de cimento existente no alçado posterior

As restantes paredes exteriores de tabique tinham como revestimento uma argamassa à base de cimento, nitidamente de melhor qualidade que a utilizada no alçado posterior. É de notar que nessas paredes, para além da argamassa de cimento propriamente dita, era utilizada malha de galinheiro fixa ao tabique por pregagem nas tábuas verticais (Figura 2-12).



Figura 2-12: Tabique revestido com argamassa de cimento aderida com malha de galinheiro

### 2.2.2.3.2 Paredes de tabique interiores

Os tipos de revestimento encontrados nas paredes de tabique interiores foram bastante diversos, como se ilustra na Figura 2-13.

O revestimento terroso com palha (Figura 2-13.a)), de todos os apresentados, era o que estava presente num maior numero de paredes e do qual foi possível recolher uma maior quantidade de amostras. É de referir que para além da terra e palha, a zona mais exterior do revestimento (cerca de 1 cm), era constituído por uma argamassa de maior rigidez, presumivelmente de cal, que permitiu obter amostras como as que se observam.

O revestimento sem palha (Figura 2-13.b)), também observado em algumas paredes, diferenciava-se do primeiro por ter uma cor mais clara, provavelmente por ter uma constituição mais à base de cal, aparentar uma maior rigidez e adesão à estrutura de madeira da parede.

Na Figura 2-13.c) observa-se uma parede em tabique com revestimento em cimento reforçado com malha de galinheiro que terá sido uma solução de reabilitação utilizada nas paredes que se foram degradando, embora se tenha constatado que a referida malha nem sempre foi utilizada.

O revestimento em cimento surgiu também associado a paredes onde se pretendia aplicar mosaico cerâmico (Figura 2-13.f).

Por último, destacam-se duas situações observadas, nomeadamente o caso de uma reabilitação parcial onde o revestimento variava ao longo da própria parede (Figura 2-13.d) e o caso de pedaços de telha cerâmica embebidos no revestimento de origem terrosa (Figura 2-13.e). É de referir que no segundo caso, os pedaços de telha cerâmica foram encontrados predominantemente no espaço existente entre tábuas verticais, também designado por enchimento.



Figura 2-13: Revestimentos das paredes interiores de tabique do Ed.1

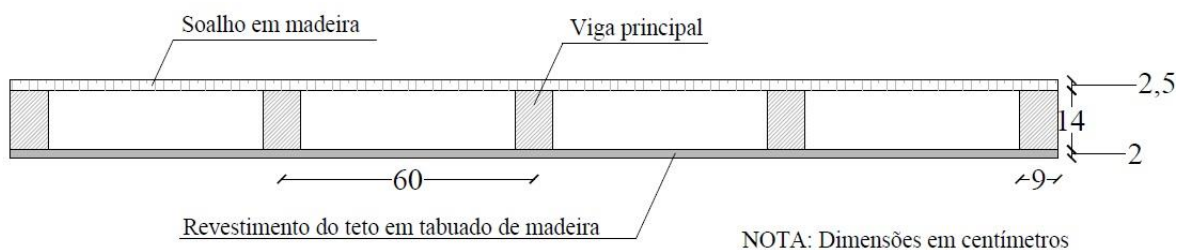
#### 2.2.2.4 Pavimentos

Os pavimentos apresentavam uma estrutura constituída por vigas de madeira, sendo revestidos por um soalho de madeira. Nas zonas húmidas (cozinha e casas de banho) constatou-se que era aplicada uma camada com cerca de 5 cm de cimento diretamente sobre o soalho. Relativamente aos tetos verificou-se a utilização de tabuado em madeira na cave, no Piso 2 e no Piso 3. Nos Pisos 0 e 1 o revestimento dos tetos era materializado por estuque sob fasquiado.

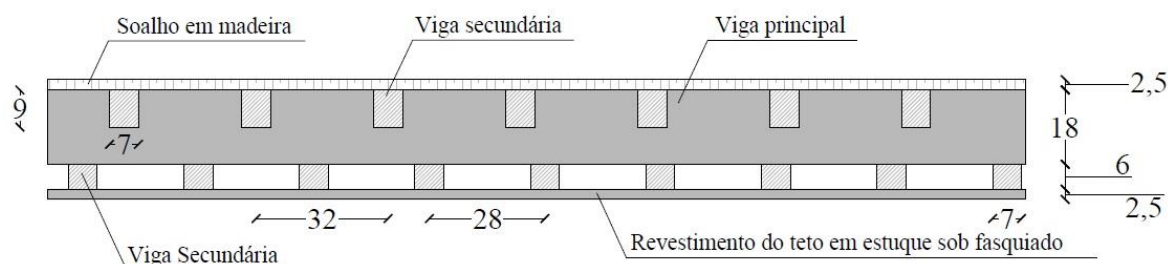
Apresenta-se na Tabela 2-1 os valores médios das vigas principais dos vários pisos do Ed.1. As dimensões *b* e *h* correspondem à base e altura (em centímetros) da secção transversal da viga respetivamente. A dimensão *d* representa o espaçamento médio (em metros) entre as vigas principais do respetivo piso. Na Figura 2-14 apresentam-se esquemas representativos dos pavimentos do Ed.1.

Tabela 2-1: Dimensões médias das vigas principais dos pisos do Ed.1

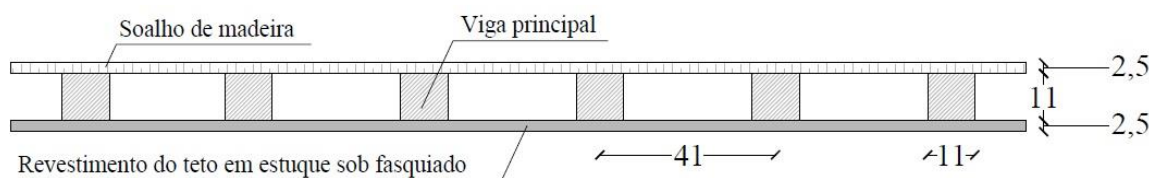
	b (cm)	h (cm)	d (m)
Piso 0	9,44	14,11	0,60
Piso 1	16,90	18,40	1,12
Piso 2	10,82	11,54	0,41
Piso 3	10,20	10,28	0,38



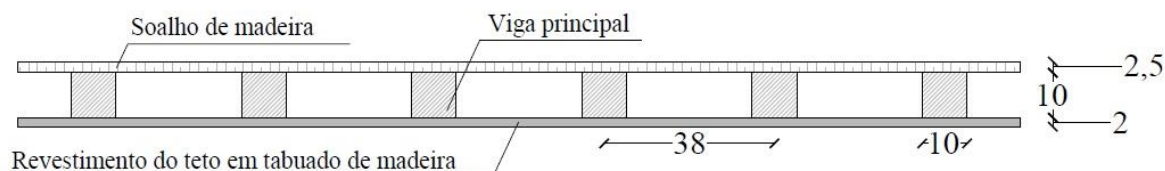
a) Pavimento Piso 0



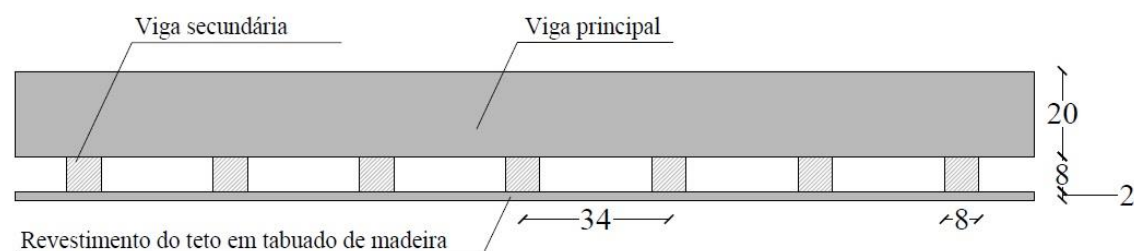
b) Pavimento Piso 1



c) Pavimento Piso 2



d) Pavimento Piso 3



e) Pavimento do desvão

Figura 2-14: Corte dos pavimentos observados no Ed.1

### 2.2.2.5 Cobertura e beirado

Relativamente à cobertura, esta era constituída por um sistema tipo asna, que quando comparado a outros edifícios da mesma época se revelava uma construção pouco cuidada.

Na Figura 2-15 é possível observar alguns pormenores que retratam o sistema construtivo que compõe a estrutura de cobertura, constituída por elementos bastante irregulares e com ligações entre os vários elementos bastante confusa.



Figura 2-15: Pormenores estrutura da cobertura

Uma vez que o 3º piso tinha uma área inferior ao 2º piso, foi construído um beirado que aproveitava a chegada das vigas de suporte do pavimento até ao frechal da parede de tabique do piso 2. Sobre essas vigas foi apoiado um outro elemento de madeira que funcionava como cinta, que por sua vez servia de suporte a caibros colocados com uma determinada inclinação e que ligavam à parede de tabique do Piso 3 (Figura 2-16.a)). Por último, ripas fixadas aos caibros, asseguravam o suporte da telha bem como a fixação das caleiras através de elementos metálicos (Figura 2-16.b)).



a) Estrutura do beirado

b) Pormenor do beirado: ripas e fixação metálica

Figura 2-16: Pormenores do beirado

## 2.3 Descrição do Edifício 2 (Ed. 2)

### 2.3.1 Descrição da solução arquitetónica

Este edifício situa-se na Rua Direita nº 275, e à semelhança do Ed.1, é uma construção mista de alvenaria e madeira. A edificação era constituída por duas zonas distintas, um ‘núcleo principal’, com rés-do-chão e três pisos elevados, delimitado pela fachada principal e por uma parede de alvenaria, ilustrada na Figura 2-17.b). Acrescia a este ‘núcleo principal’ um prolongamento do edifício ao longo da sua fachada posterior, aparentando ser uma zona construída posteriormente e de forma faseada, de acordo com as necessidades de quem ali habitou. Este anexo era de muito fraca qualidade.

Em grande parte do rés-do-chão e num meio piso existente na zona traseira do edifício, funcionava um estabelecimento comercial, sendo o remanescente destinado a habitação.



a) Fachada Principal do Ed.2



b) Fachada Posterior do Ed.2 após demolição parcial



c) Fachada Posterior do Ed.2 antes da demolição

Figura 2-17: Fachada Principal e Posterior do Ed.2

Durante as visitas ao edifício foi possível observar sinais de ampliação em altura do edifício ao longo dos anos, prática bastante comum à época (Figura 2-18).



a) Pormenor ampliação através de construção de parede de tabique



a) Pormenor ampliação através de sobreposição de paredes de tabique

Figura 2-18: Pormenores indicativos de ampliação do Ed.2 ao longo da sua vida útil

### 2.3.2 Descrição da solução estrutural e aspetos construtivos

Neste subcapítulo apresentam-se as principais características da solução estrutural do Ed.2. Na Figura 2-19 apresentam-se os cortes AB e EF do edifício com a localização e designação de vários elementos tratados ao longo deste subcapítulo.

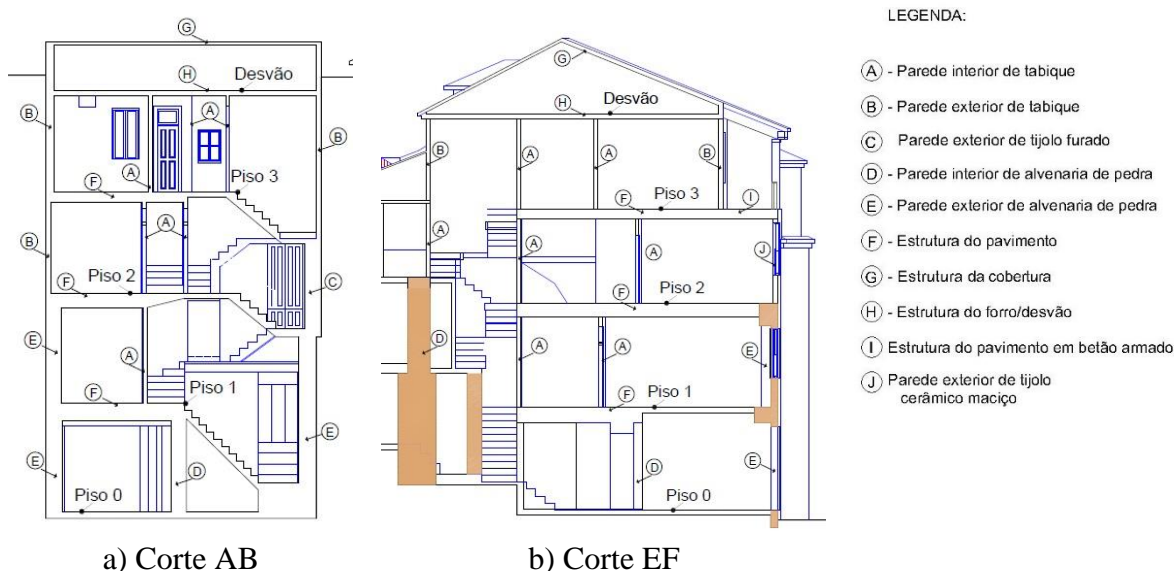


Figura 2-19: Identificação em corte dos principais elementos caracterizados (Ed.2)

#### 2.3.2.1 Paredes Exteriores

A fachada principal do edifício era constituída por alvenaria de pedra nos pisos 0 e 1, por tijolo maciço cozido no piso 2 e por tabique no último piso. A fachada posterior do edifício era materializada por alvenaria de pedra nos dois primeiros pisos e em parte do 2º piso. As restantes zonas dessa fachada eram constituídas por paredes de tabique. As paredes laterais à semelhança das fachadas principal e posterior iniciavam-se em alvenaria, sendo posteriormente substituídas por paredes de tabique (Figuras 2-20). Verificou-se ainda que a parede de tabique do alçado lateral esquerdo encontrava-se ligada a uma parede meira de tijolo maciço cozido (Figura 2-20).



Figura 2-20: Pormenores paredes laterais Ed.2

### 2.3.2.2 Paredes Interiores

Constatou-se que as paredes interiores do edifício, com exceção de um núcleo de alvenaria de pedra existente no rés-do-chão, na zona da caixa de escadas, eram paredes de tabique. Constatou-se ainda que algumas das paredes dos pisos 2 e 3 apresentavam os frechais desencontrados dos níveis do pavimento (Figura 2-21).



Figura 2-21: Paredes de tabique com frechal a meio vão

Relativamente aos materiais utilizados como revestimento das paredes de tabique verificou-se que o enchimento, independentemente do revestimento utilizado, era sempre concretizado recorrendo às argamassas tradicionais das paredes de tabique, designadamente à base de terra e palha.

Por sua vez, os revestimentos identificados variaram entre argamassa à base de terra e palha com um acabamento de espessura reduzida com uma argamassa de aspeto calcário (Figura 2-22.a)), cimento (Figura 2-22.b)) e azulejo aplicado sob uma base cimentícia (Figura 2-22.c)).



a) Paredes de tabique revestidas integralmente com argamassa de terra e palha



b) Paredes de tabique com enchimento em argamassa tradicional e revestimento em cimento



c) Paredes de tabique com enchimento em argamassa tradicional e revestimento com azulejo

Figura 2-22: Tipos de revestimentos e enchimentos observados no Ed.2

### 2.3.2.3 Pavimentos

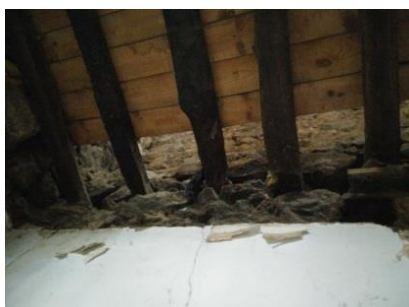
Os pavimentos, constituídos por soalho de madeira, eram compostos por vigas principais, igualmente de madeira, que se desenvolviam paralelamente à fachada principal e apoiavam nas paredes laterais, sendo que nalguns pisos, a meio vão, os frechais das paredes interiores de tabique, perpendiculares a essas vigas, funcionavam como apoio intermédio (Figura 2-23.b)). Também perpendicularmente às vigas principais desenvolviam-se as vigas de suporte do soalho que apoiavam sobre as primeiras, ou nas zonas extremas, na alvenaria ou no tabique. Na Figura 2-23.d) ilustra-se um pormenor de uma forma de apoio de vigas em paredes extremas, utilizando um elemento em madeira que cobre a diferença de cota entre a parede de alvenaria e a viga, encaminhando carga da viga para a alvenaria. Não tendo sido possível confirmar, a viga parece encaixar na parede de tijolo.



a) Vigamento do Ed.2



b) Viga principal apoiada sobre frechal



c) Apoio vigas de suporte do soalho na alvenaria



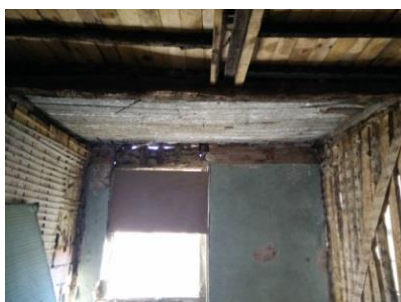
d) Apoio das vigas de suporte em parede de tabique

Figura 2-23: Pormenores pavimentos do Ed.2

Tal como já foi referido, ao nível do 3º piso do edifício existia uma varanda. Embora esta resultasse de um recuo da parede de fachada, o pavimento nessa zona especifica era em betão, criando-se na zona de transição desse elemento, uma compatibilização entre dois materiais construtivos pouco comum (Figura 2-24.a)). Na Figura 2-24.b) é possível observar a viga que delimita a transição betão-madeira e que ao mesmo tempo recebe a carga da parede de fachada do piso superior com uma flexão bastante significativa. Ainda na mesma figura podem observar-se elementos que aparentam ser tábuas de soalho utilizados como uma espécie de cofragem permanente do betão.

Na figura 2-24.c) exibe-se um pormenor de barrotes de madeira colocados perpendicularmente à fachada, possivelmente com o intuito de efetuar um travamento da laje de betão e da própria estrutura do pavimento de madeira adjacente (impedindo rotações).

Por último, nas figuras 2-24.d) e 2-24.e) pode observar-se o que aparenta ser um assentamento da própria laje, relativamente aos elementos de madeira, e a deformação de uma das paredes de tabique sobre a qual a laje apoiava.



a) Transição betão-madeira



b) Transição betão-madeira



c) Pormenor do pavimento de madeira, junto ao betão



d) Pormenor da cedência da viga de madeira



e) Deformação do tabique

Figura 2-24: Pormenores da laje de betão

Relativamente aos tetos, estes eram constituídos por um revestimento em tabuado de madeira, que geralmente estava ligado a vigas de menor dimensão que por sua vez eram fixas por pregagem às vigas principais (Figura 2-.25.a)). No caso específico do desvão da cobertura, o revestimento do teto era fixo diretamente às vigas de cobertura.



a) Pormenor do teto



b) Pormenor do teto

Figura 2-25: Pormenores estrutura do teto do Ed.2

Por último, a estrutura da cobertura, tal como a estrutura dos pavimentos, era apoiada nas laterais do edifício. No denominado ‘núcleo principal’ a estrutura de madeira formava duas vertentes e era revestida por telha cerâmica, verificando-se que o fasquio da parede de tabique do desvão da cobertura de uma das fachadas laterais estava colocado paralelamente às vertentes da cobertura (Figura 2-26). A área restante era revestida com chapas metálicas. No entanto, a estrutura de suporte era de madeira, alguma da qual manifestamente mais recente do que a observada no ‘núcleo principal’ (Figura 2-26).



Figura 2-26: Pormenores construtivos da cobertura do Ed.2

## 2.4 Descrição do Edifício 3 (Ed.3)

### 2.4.1 Descrição da solução arquitetónica

Este edifício localiza-se na Praça Dom Duarte nº 11 e 13, tendo apenas sido possível acompanhar parte dos trabalhos de demolição. No total era composto por cinco pisos, dos quais quatro eram elevados. Não foram observados sinais de obras de ampliação. Na Figura 2-27 apresenta-se uma imagem da sua fachada principal.



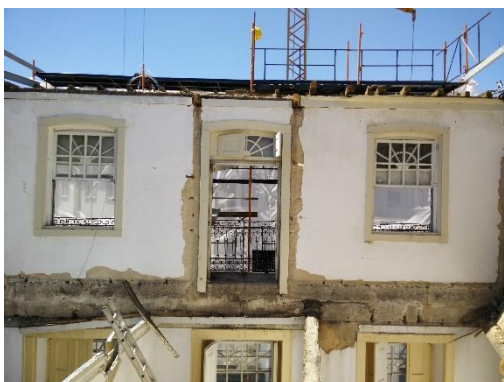
Figura 2-27: Fachada principal do Ed.3 (imagem retirada de <https://maps.google.pt>)

### 2.4.2 Descrição da solução estrutural e aspetos construtivos

Em virtude de não ter sido possível obter as plantas do edifício em formato digital não se apresentam os cortes do edifício com a respetiva identificação dos principais elementos da estrutura. As plantas serão no entanto disponibilizadas para consulta nos anexos deste documento.

#### 2.4.2.1 Paredes exteriores

Na construção das paredes exteriores do edifício foram utilizados vários materiais distintos (Figura 2-28). Predominava a alvenaria de pedra, que foi utilizada em toda a extensão da fachada principal. Na fachada posterior, até à cota do pavimento do piso 3 a parede era de alvenaria de pedra, sendo a restante executada em tijolo cerâmico maciço. No alçado lateral direito a parede era de alvenaria de pedra até ao piso 4, sendo complementado por uma zona em tijolo maciço. No alçado lateral esquerdo era em alvenaria de pedra até ao piso 2, existindo nos restantes pisos paredes de tabique.



a) Alçado Principal



b) Alçado Lateral Direito



c) Alçado Posterior



d) Alçado Lateral Esquerdo

Figura 2-28: Paredes exteriores do Ed.3

As paredes exteriores em tabique eram revestidas interiormente por argamassa tradicional, que apresentava uma cor clara e pequenas quantidades de palha na sua constituição. Do seu lado exterior era utilizada telha (Figura 2-29), recorrendo ao método mencionado na descrição do Ed.1 com aplicação de argamassa entre as tábuas verticais e os espaços deixados pelas telhas.



Figura 2-29: Telha e argamassa utilizadas como revestimento exterior

### 2.4.2.2 Paredes Interiores

As paredes interiores, tanto quanto foi possível observar, eram maioritariamente revestidas com argamassas terrosas. Foram identificadas argamassas com e sem palha, de cor mais escura e mais clara, e numa das paredes, argamassa sem palha com um aspeto argiloso (imagem do canto inferior esquerdo da Figura 2-30). Também se observaram paredes revestidas com azulejo e gesso cartonado (Figura 2-30).



Figura 2-30: Diferentes tipos de revestimento utilizados nas paredes interiores de tabique do Ed.3

### 2.4.3 Pavimentos

As vigas principais do pavimento eram, na sua maioria, paralelas à fachada principal e apoiavam nas paredes laterais do edifício. Em alguns casos estas vigas desempenham simultaneamente o papel de frechal de uma parede de tabique sob si existente.

O revestimento dos tetos era em tabuado de madeira (Figura 2-31) fixo a travessas perpendiculares às vigas principais cuja união se efetuava através de pregagem

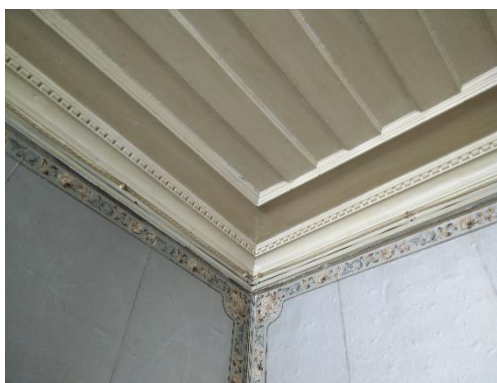


Figura 2-31: Revestimento dos tetos do Ed.3

Por último, importa salientar, que contrariamente ao verificado nos Ed.1 e 2, não foram encontradas diagonais neste edifício, evidenciando uma diferença no método construtivo adotado, destacando-se o cuidado nas ligações entre paredes e pavimentos e as ligações das paredes de tabique às paredes de alvenaria recorrendo a chapas metálicas chumbadas à alvenaria e fixas por pregagem nos tabiques.

### **2.4.3.1 Cobertura**

Na altura em que foi visitada a obra já não foi possível observar a estrutura da cobertura, podendo apenas dizer-se que tal como as anteriores a sua estrutura era formada por elementos de madeira tipo asna.

## **2.5 Descrição do Edifício 4 (Ed.4)**

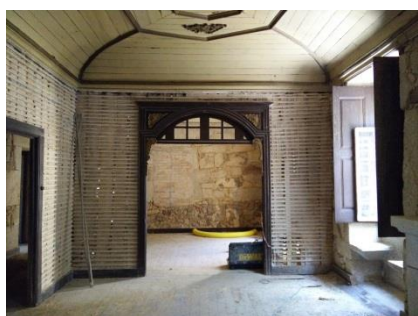
### **2.5.1 Descrição da solução arquitetónica**

Este edifício, situado na Calçada da Vigia (Figura 2-32), e cuja construção remonta ao século XVIII está a ser reabilitado para futuramente funcionar como espaço museológico, destacando-se dos restantes por ser o de construção mais nobre (mais cuidada).



Figura 2-32: Fachada principal do Ed.4

Com um total de quatro pisos (cave, rés-do chão e dois pisos elevados), o edifício apresentava duas zonas distintas. Uma onde predominava a alvenaria de pedra (Figura 2-33.a)) e outra onde a alvenaria de pedra era substituída por alvenaria de tijolo (Figura 2-33.b)), sendo possível que esta última tenha sido construída numa fase posterior. Em ambos os casos existiam paredes de tabique que neste edifício teriam fundamentalmente um papel de compartimentação. Ainda na Figura 2-33.b) é possível observar duas chapas metálicas que efetuam a ligação entre o tabique e a alvenaria de tijolo.



a) Alvenaria de pedra e tabique



b) Alvenaria de tijolo e chapas metálicas

Figura 2-33: Soluções construtivas distintas observadas no Ed.4

### 2.5.2 Descrição da solução estrutural e aspetos construtivos

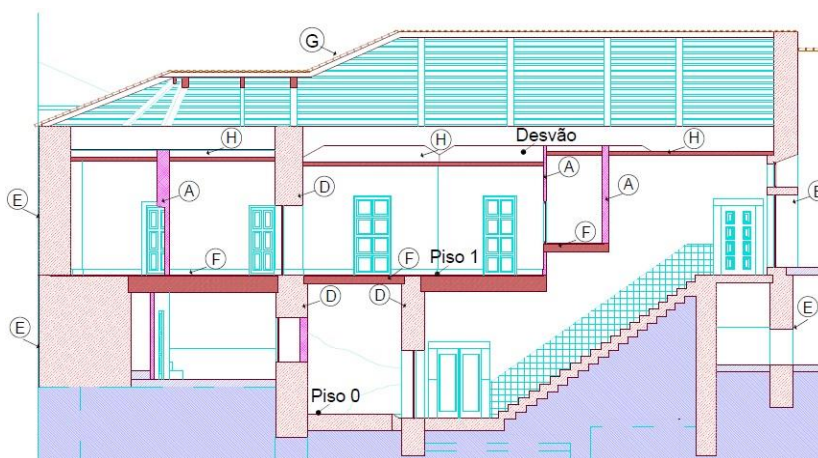
Apresentam-se de seguida os cortes do edifício (Figura 2-34) com os diferentes elementos de que se falará neste subcapítulo devidamente assinalados.



a) Corte AB

LEGENDA:

- (A) - Parede interior de tabique
- (D) - Parede interior de alvenaria
- (E) - Parede exterior de alvenaria
- (F) - Estrutura do pavimento
- (G) - Estrutura da cobertura
- (H) - Estrutura do forro/desvão



b) Corte CD

Figura 2-34: Identificação em corte dos principais elementos caracterizados (Ed.2)

### 2.5.2.1 Paredes Exteriores

Relativamente às paredes exteriores, estas alternavam entre alvenaria de pedra e alvenaria de tijolo cerâmico (ver Figuras 2-33 e 2-34). A pedra era predominante, sendo o material utilizado em todas as paredes de alvenaria da cave e rés-do-chão. O tijolo cerâmico foi observado no Piso 1, mais especificamente na zona do edifício que aparenta ter sido construída numa fase posterior.

### 2.5.2.2 Paredes interiores

Relativamente às paredes interiores (Figura 2-35) verificou-se que existiam diversas paredes interiores de alvenaria de pedra, a maioria das quais terminava à cota do piso 1, sendo que uma delas percorria todo o pé direito do edifício e servia inclusive de apoio à estrutura da cobertura.



Figura 2-35: Paredes interiores de alvenaria de pedra

As paredes de tabique deste edifício mereceram atenção especial pois constatou-se que existiam paredes de três épocas diferentes, uma vez que apresentavam características visivelmente distintas. Na Figura 2-36 podem observar-se os três tipos de paredes analisadas, lado a lado, correspondendo a da direita (pequeno janelo) à mais antiga, a central (junto à porta) à de idade intermédia e a da esquerda à mais recente.



Figura 2-36: Vários tipos de tabique encontrados no Ed.4

Para além do aspeto geral da parede (Figura 2-37), também a constituição do seu revestimento/enchimento se demonstrou variável em função da sua idade, surgindo também alguns vestígios de cimento em pequenas áreas que terá sido aplicado como medida de reabilitação.



a) Revestimento do tabique mais antigo



b) Revestimento do tabique de idade intermédia



c) Revestimento do tabique mais recente

Figura 2-37: Aspeto dos revestimentos das diferentes paredes de tabique existentes no Ed.4

Relativamente à ligação entre paredes, para além da já mencionada utilização de chapas metálicas na zona de alvenaria de tijolo, não foi possível observar outros tipos de ligação entre alvenaria e tabique, nem entre os próprios tabiques (Figura 2-38).



a) Encontro alvenaria-tabique



b) Encontro de duas paredes de tabique

Figura 2-38: Zonas de transição entre paredes ortogonais

Foram também observadas algumas situações de transição vertical entre alvenaria e tabique, verificando-se a inexistência de qualquer elemento de transição entre os dois tipos de parede (Figura 2-39).



a) Transição alvenaria-tabique  
(Piso 0)



b) Transição alvenaria-tabique  
(Caixa de escadas)

Figura 2-39: Zonas de transição vertical alvenaria-tabique

### 2.5.2.3 Pavimentos

Não foi possível estudar a estrutura dos pavimentos. No entanto pode-se afirmar que nos pisos elevados eram constituídos por um vigamento de madeira maciça, sobre o qual se apoiava o soalho de madeira.

Os tetos, tanto quanto foi possível observar, eram revestidos em tabuado de madeira adornado (Figura 2-40), à exceção da zona da caixa de escadas, onde foi criada uma estrutura em tabique apoiada nas paredes laterais e cujo objetivo seria diminuir o vão vertical existente naquela zona do edifício (Figura 2-41).



Figura 2-40: Revestimento do teto em ripado de madeira



Figura 2-41: Pormenores do teto da caixa de escadas em tabique

#### 2.5.2.4 Cobertura

Apenas foi possível observar a estrutura da cobertura de forma parcial. Era constituída por um sistema de asnas de madeira sobre as quais apoiava a estrutura de vigas de madeira onde assentavam as telhas cerâmicas.

Estas asnas apoiavam nas paredes de alvenaria do alçado principal e posterior. A restante estrutura não estava visível. No entanto, atendendo ao rigor observado e à linearidade do próprio edifício presume-se que a estrutura siga o padrão observado e apresentado na Figura 2-42.





Figura 2-42: Pormenores da cobertura do Ed.4

## 2.6 Considerações Finais

Neste capítulo descrevem-se um conjunto de edifícios que foi possível acompanhar ao longo do desenvolvimento da presente dissertação.

Tal como foi referido anteriormente, o detalhe apresentado na caracterização de cada um dos edifícios é função do tempo despendido no acompanhamento de cada um dos edifícios e das próprias restrições existentes nos mesmos.

Refira-se que as características dimensionais, geométricas e de ligação das paredes de tabique foram estudadas nos quatro edifícios e serão aprofundadas no capítulo 3.

É de salientar que sendo os edifícios tão diferentes quanto à qualidade e nobreza da sua arquitetura, em todos eles existiam paredes onde se aplicava a técnica de tabique, demonstrando que esta era uma técnica construtiva bastante apreciada à época de construção dos edifícios. A utilização de materiais locais e o conhecimento dos técnicos que operavam na sua construção seriam também fatores importantes.

### **3 Análise técnica e pormenorização construtiva de paredes de tabique**

Neste capítulo pretende-se dar a conhecer de uma forma transversal vários aspetos construtivos relacionados com as paredes de tabique.

Com efeito, consultada a bibliografia existente, constata-se que ainda existe uma lacuna muito grande em relação à divulgação dos vários tipos de paredes de tabique existente, dos seus elementos constituintes em particular e da forma como elas se ligavam à restante estrutura (paredes de alvenaria de pedra e pavimentos de madeira).

Inicialmente procede-se a uma breve caracterização de paredes de tabique em função das suas características geométricas e arquitetónicas, com particular enfoque para a existência de vãos, qual o seu tipo (janela, porta) e o seu número.

Posteriormente, apresenta-se uma tipificação das diferentes paredes de tabique que foram sendo conhecidas ao longo deste trabalho. Para se efetuar essa tipificação teve-se em consideração as características geométricas e dimensionais dos seus elementos (tábuas verticais, fasquios, etc.).

No subcapítulo 3 estuda-se o papel das diagonais nas paredes de tabique, as diferentes formas (conhecidas e prováveis) como são aplicadas e o seu papel nos edifícios estudados onde estas estavam presentes em grande quantidade (Ed.1 e Ed.2).

O subcapítulo 4 é dedicado ao estudo das ligações de paredes de tabique com os restantes elementos da estrutura, normalmente realizadas com chapas metálicas. Serão ainda estudadas as diversas ligações ao nível dos pavimentos (topos inferior e superior das paredes).

### 3.1 Caracterização geométrica de paredes de tabique

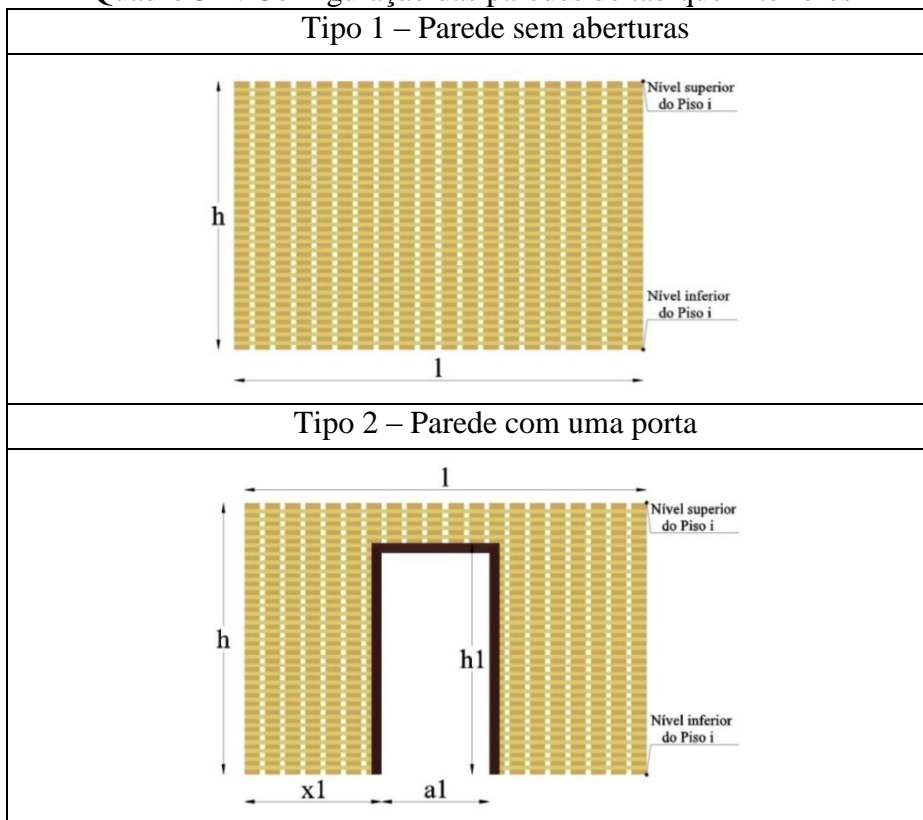
Outro dos aspetos sobre o qual incidiu o estudo das paredes de tabique foi a sua caracterização geométrica. Para isso numa primeira fase procedeu-se à identificação dos vários tipos de parede em função do número e disposição de aberturas (portas, janelas) nestes elementos, para se estabelecer algum padrão de construção. Esses casos foram depois divididos em dois grupos distintos, dependendo se pertenciam a paredes interiores ou exteriores de tabique.

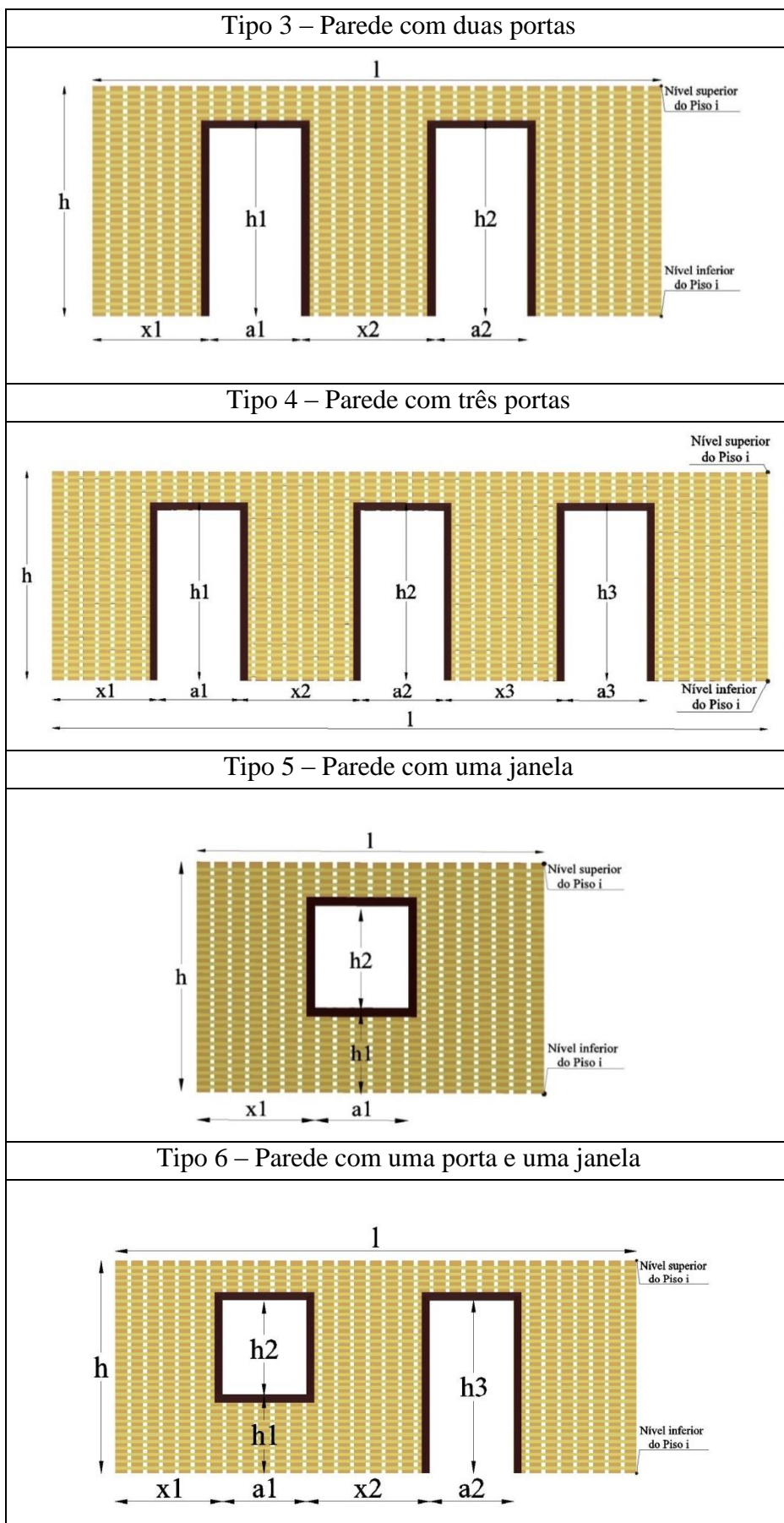
Tendo em conta as diferentes situações observadas nas visitas aos edifícios estudados, procedeu-se à pormenorização das mesmas, como se apresenta nos Quadros 3-1 e 3-2. Importa dizer que as situações aqui apresentadas apenas ilustram as situações observadas, pelo que, não cobrem seguramente a totalidade de possibilidades existentes.

Através das medições realizadas *in situ* e das plantas de arquitetura foi possível estudar vários parâmetros geométricos das paredes de tabique, dos quais se destacam o seu comprimento total ( $l$ ), altura total ( $h$ ), distância entre vãos e de vãos aos extremos da parede ( $x_i$ ), altura dos vãos e altura entre o nível do piso e o vão ( $h_i$ ), espessura total ( $E$ ) e espessura das tábuas verticais ( $e$ ). Todas as medidas foram medidas de extremidade a extremidade, exceto em zonas de encontro de tabique ortogonais, onde se optou por medir os parâmetros ' $l$ ' e ' $x_i$ ' ao eixo da parede.

No Quadro 3-1 apresentam-se os tipos de parede observados nas paredes interiores de tabique dos edifícios estudados.

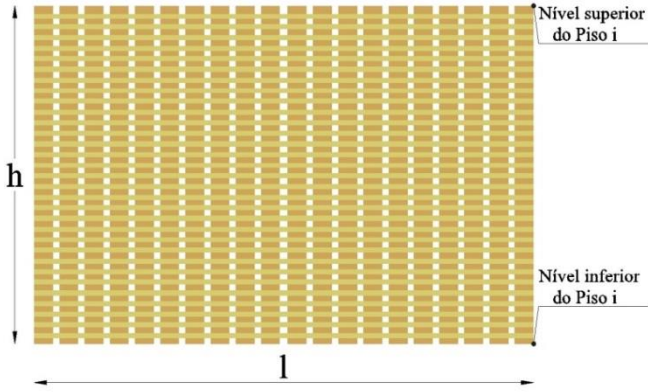
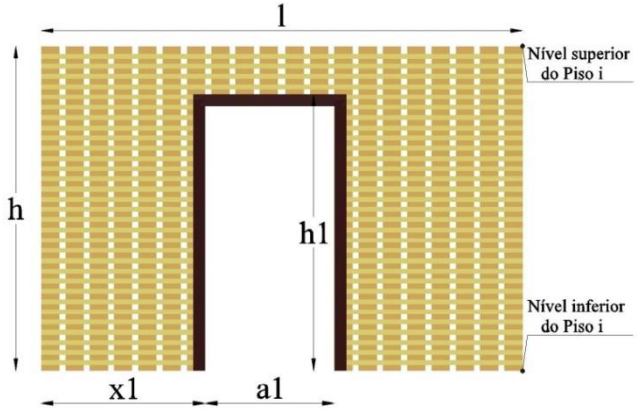
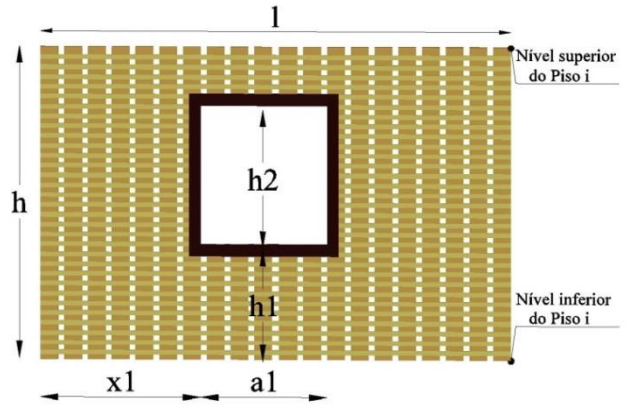
Quadro 3-1: Configuração das paredes de tabique interiores

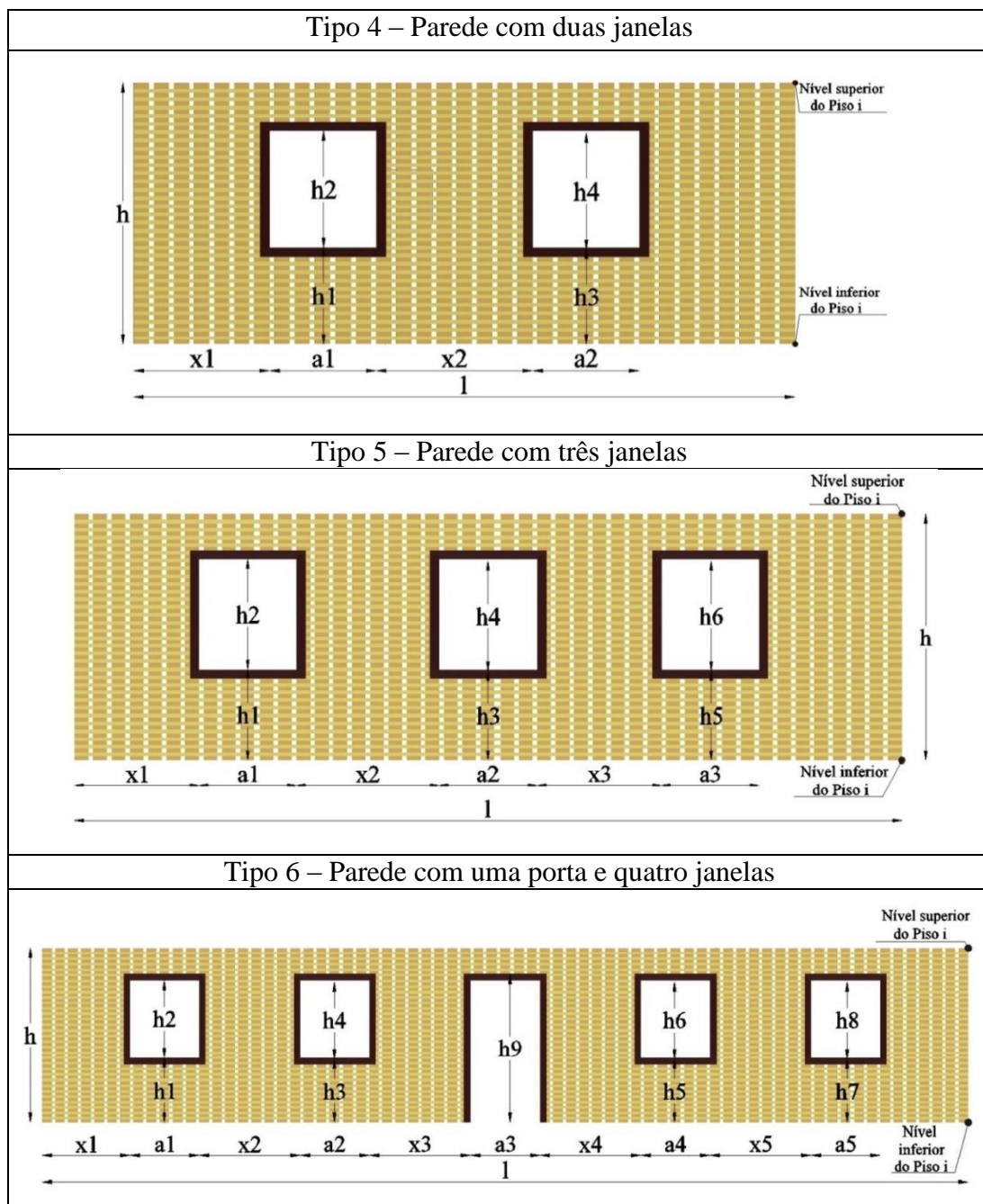




Procede-se agora à apresentação das diversas disposições das aberturas observadas nas paredes exteriores de tabique (Quadro 3-2).

Quadro 3-2: Configuração das paredes de tabique exteriores

Tipo 1 – Parede sem aberturas

Tipo 2 – Parede com uma porta

Tipo 3 – Parede com uma janela




No total do trabalho foram identificadas e estudadas 109 paredes de tabique, embora não tenha sido possível estudar em todas a sua constituição nem efetuar medições aos seus elementos constituintes. Nas paredes que não foi possível estudar as dimensões, o trabalho resumiu-se à informação recolhida nas plantas de arquitetura.

Constatou-se que as paredes exteriores tinham em média um comprimento superior ao das interiores. O valor médio do comprimento das paredes exteriores andava próximo dos 6 metros e a sua variação era pequena, quer houvesse, ou não aberturas. Esta dimensão está diretamente relacionada com a dimensão do lote onde se insere o imóvel, normalmente de pequena largura. A maioria dos edifícios onde se pode encontrar o tabique é construída em banda.

Nas paredes interiores, observou-se que o valor médio do comprimento é crescente em função do aumento de aberturas. Paredes interiores sem aberturas apresentavam um comprimento médio de 2,80 metros, enquanto paredes com duas ou mais aberturas apresentavam valores médios superiores a 6 metros.

Tendo-se verificado que nas paredes observadas, 79 no total, existiam inúmeras tábuas diagonais, procedeu-se à quantificação da percentagem de paredes onde elas existiam (Tabela 3-1), sendo que em várias paredes era frequente existir mais do que uma. Dada a grande percentagem de tábuas diagonais foi realizado um estudo mais aprofundado, que resultou na compilação de dados que se apresenta no item 3.3 deste capítulo.

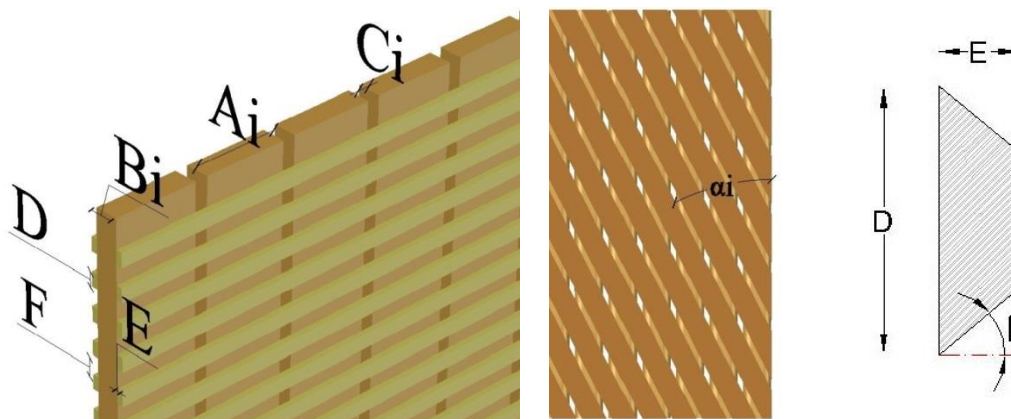
Tabela 3-1: Percentagem de Paredes com diagonais

Presença de diagonais	
Sim (%)	Não (%)
45,57	54,43

### 3.2 Tipologia de paredes de tabique

Um dos aspetos que sobressai relativamente às paredes de tabique, é a diversidade do seu método construtivo e das características dos seus elementos. Sendo uma solução construtiva que já tem séculos de existência essa diversidade pode dever-se à evolução do método construtivo, à maior ou menor facilidade de acesso às materiais primas, ao tipo de ferramentas utilizadas e até ao poder económico do dono de obra. Tendo em consideração estes aspetos, foram identificados seis tipos de parede que apresentavam alguma característica diferenciadora. Acresce aos cinco casos observados nos edifício aqui estudados, uma parede dupla identificada anteriormente por (Pinto, 2013) e (Ribeiro, 2014), mas que fazia parte de um edifício construído no centro histórico de Viseu.

Foi realizado um levantamento exaustivo das suas características, nomeadamente da dimensão e disposição dos seus elementos construtivos. Os quatro primeiros casos dizem respeito a paredes de tabique simples e os dois últimos a paredes duplas de tabique. Os casos foram identificados quer em paredes interiores quer em paredes exteriores. As dimensões e a disposição dos elementos foram posteriormente compiladas numa base de dados, da qual resultou a elaboração de tabelas resumo, por tipo de paredes, de forma a tentar definir dimensões padrão de paredes de tabique.



Legenda:  $A_i$  – Largura das tábuas da fiada nº  $i$ ;  $B_i$  -Espessura das tábuas da fiada nº  $i$ ;  $C_i$  – Espaçamento das tábuas da fiada nº  $i$ ;  $D$  – Largura da face exterior do fasquio;  $E$  – Espessura do fasquio;  $F$  – Espaçamento entre fasquios;  $\alpha$  – ângulo que a fiada de tábuas forma com o plano vertical;  $\beta$  – ângulo do entalhe dos fasquios trapezoidais

Figura 3-1: Principais dimensões a ter em conta nas paredes de tabique

Na Figura 3-1 apresenta-se um esquema geral de uma parede de tabique com os diversos parâmetros medidos e posteriormente alvo de tratamento estatístico dos dados obtidos.

Refira-se que numa parede de tabique simples o índice  $i$  atribuído a vários parâmetros da Figura anterior é dispensável, nas paredes duplas o índice inicia-se na fiada de maior espessura e termina na de espessura menor.

Relativamente aos fasquios podem ser divididos segundo a sua secção transversal: trapezoidais (Figura 3-2.a)), de chanfro simples (Figura 3-2.b)) ou retangulares (Figura 3-2.c)). O papel do fasquio era sobretudo de contribuir para a aderência das argamassas à parede. A criação dos entalhes servia igualmente para aumentar essa aderência.

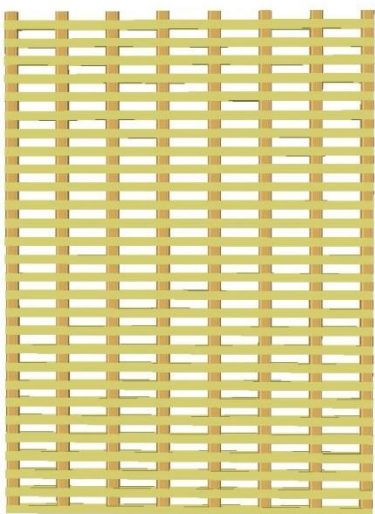

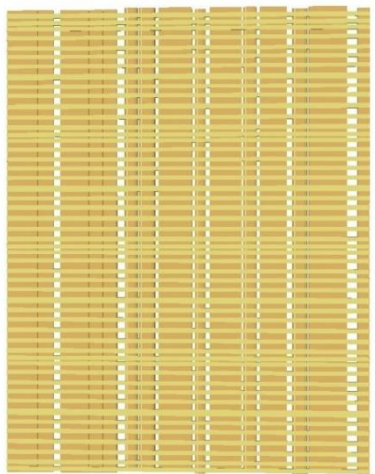

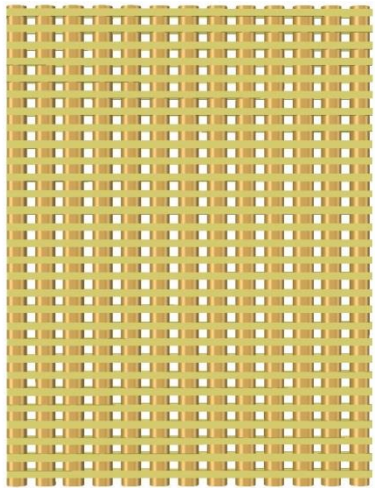



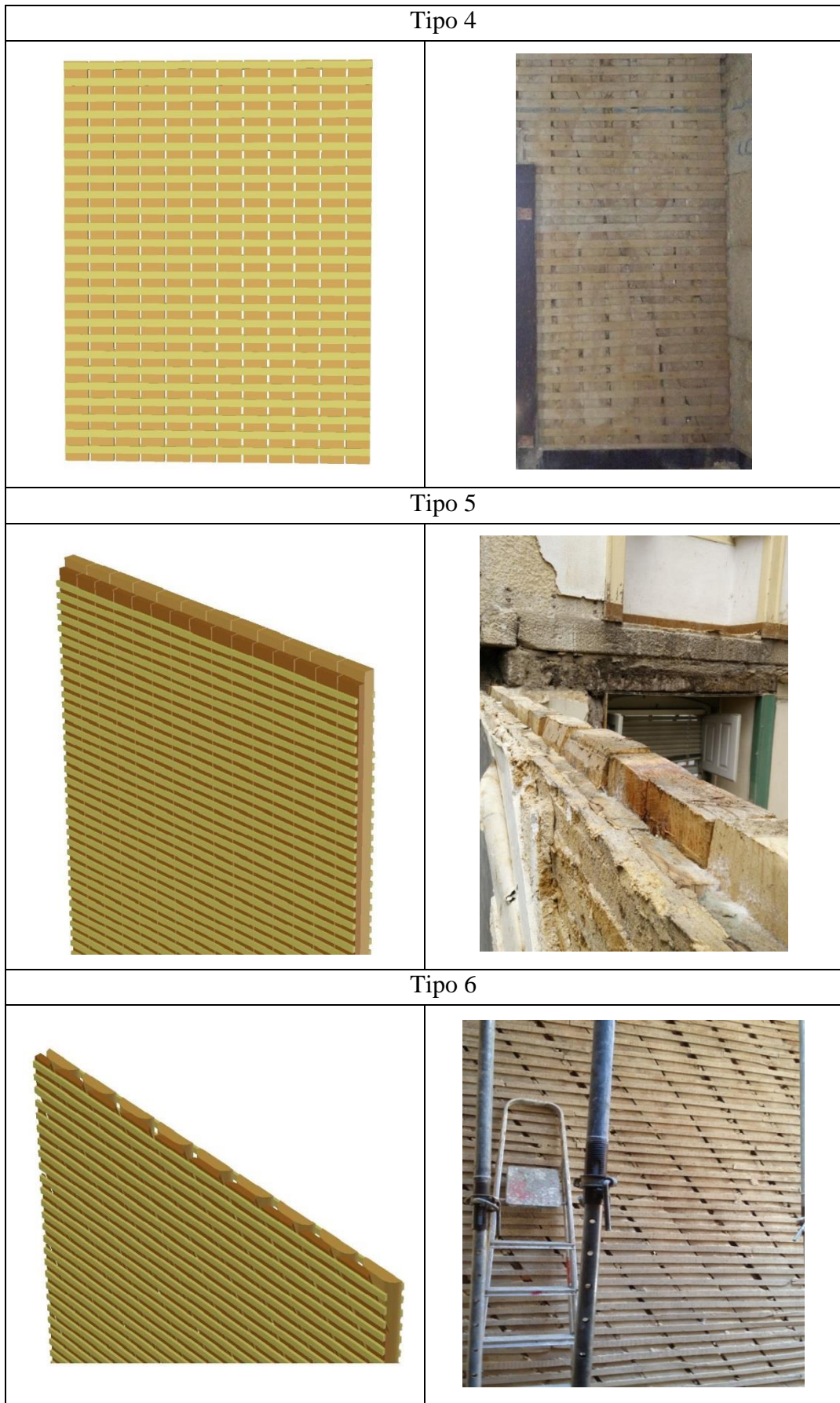
- a) Secção trapezoidal      b) Secção de chanfro simples      c) Secção retangular  
(chanfro duplo)

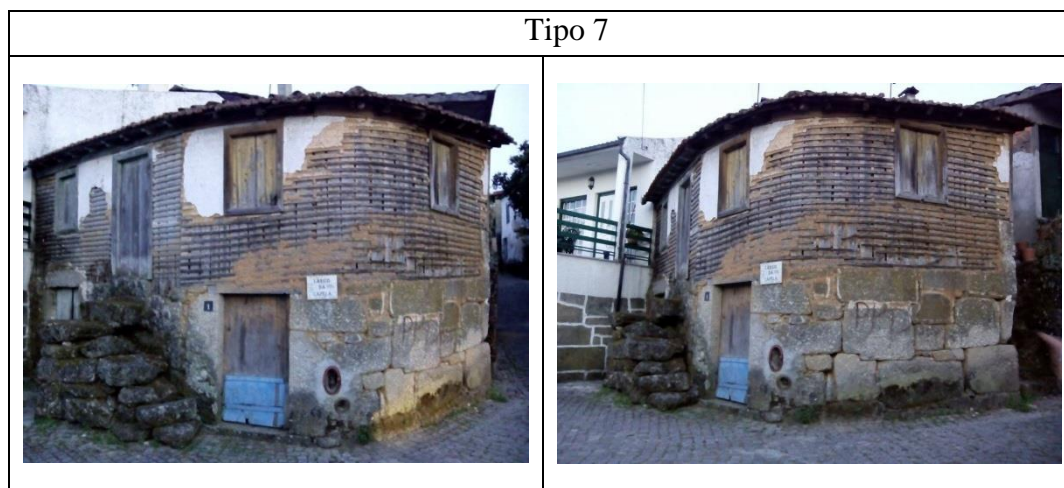
Figura 3-2: Fasquios - tipos de secção transversal (Pinto, 2013)

No Quadro 3-3 que se segue apresentam-se os vários tipos de parede de tabique observados nos edifícios estudados.

Quadro 3-3: Tipos de parede de tabique

Tipo 1	
	
Tipo 2	
	
Tipo 3	
	





Apresenta-se de seguida o tratamento estatístico das características dimensionais de cada um dos tipos de parede de tabique estudados.

A parede tipo 1 (Tabela 3-2) representa uma parede simples e está associada a uma fase de construção mais antiga. As suas tábuas verticais assemelham-se a barrotes, com secções transversais quase quadrangulares e arestas facejadas. Verificou-se que o espaçamento entre as tábuas era, em média quase três vezes superior à largura destas. Comparativamente com outras paredes estudadas esta apresentava uma largura das tábuas verticais (A) consideravelmente inferior, embora a sua espessura (B) apresentasse a tendência inversa. Relativamente aos fasquios apresentavam secção transversal retangular. Constatou-se uma proximidade dos valores médios da largura da face exterior (D) e do espaçamento (F). A espessura média (E) apresentava-se dentro dos valores obtidos nas restantes paredes. Refira-se que este tipo de parede apenas foi identificado no Ed.4 e se presume que seja tão antiga quanto o próprio edifício.

Tabela 3-2: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 1

	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coefficiente de Variação (%)
A	8,04	1,56	19,41
B	6,75	1,50	22,29
C	23,09	11,18	48,42
D	5,52	1,82	32,90
E	1,19	0,25	21,20
F	5,55	1,89	34,06

Exemplares da parede do tipo 2 (Tabela 3-3), tal como a anterior, foram encontrados no Ed.4. Trata-se também de uma parede simples. O conjunto de tábuas verticais que a constituía era bastante irregular, observando-se uma mescla entre elementos idênticos aos

observados nas paredes do tipo 1 e elementos de secção transversal mais retangular. O espaçamento (C) entre as tábuas verticais era aproximadamente um quarto da largura (A) desses elementos. Constatou-se ainda que os valores do espaçamento (C) eram bastante dispersos. No que concerne aos fasquios a sua secção transversal era variável, com peças retangulares, trapezoidais e até de chanfro simples. Verificou-se que tinham menor secção (largura e espessura) que os do tipo 1, estando igualmente mais concentrados (menor espaçamento entre eles). Em face da diversidade dimensional dos elementos que a constituíam, sobretudo das tábuas verticais, presume-se que esta parede tenha sido reabilitada, originando o aspeto geral que se pode observar no Quadro 3-3 – Parede Tipo 2.

Tabela 3-3: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 2

	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coefficiente de Variação (%)
A	14,50	5,09	35,10
B	4,85	1,10	22,66
C	3,74	2,73	72,96
D	2,86	0,23	7,97
E	1,04	0,17	16,11
F	3,64	0,60	16,62

Tabela 3-4: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 3

		A	B	C	D	E	F
Piso 0	Média (cm)	17,40	5,35	3,31	2,69	1,45	3,14
	Desvio Padrão (cm)	3,60	0,38	1,73	0,32	0,22	0,53
	Coefficiente de Variação (%)	20,68	7,02	52,24	11,86	15,07	17,00
Piso 1	Média (cm)	11,14	5,46	6,48	4,57	1,17	5,59
	Desvio Padrão (cm)	1,85	0,60	2,66	0,45	0,22	0,56
	Coefficiente de Variação (%)	16,60	11,03	41,13	9,88	18,45	10,03
Piso 2	Média (cm)	13,69	4,88	3,93	3,79	1,02	4,77
	Desvio Padrão (cm)	3,52	1,06	2,76	0,97	0,21	1,36
	Coefficiente de Variação (%)	25,75	21,78	70,43	25,46	20,34	28,48
Piso 3	Média (cm)	11,53	4,53	7,48	3,97	0,96	5,05
	Desvio Padrão (cm)	3,05	0,53	5,12	1,36	0,23	1,42
	Coefficiente de Variação (%)	26,43	11,75	68,43	34,29	23,82	28,20
Total	Média (cm)	12,93	4,91	5,15	3,75	1,11	4,66
	Desvio Padrão (cm)	3,55	0,92	3,80	1,09	0,28	1,40
	Coefficiente de Variação (%)	27,45	18,67	73,77	29,03	24,95	30,10

As paredes do tipo 3 (Tabela 3-4) foram observadas nos Ed.1 e Ed.2. Também são paredes simples e relativamente às soluções anteriores é um tipo de tabique encontrado com maior frequência. As suas tábuas verticais eram costaneiras, tendo uma face lisa e outra tosca. Regra geral estes elementos resultavam das sobras dos elementos principais do edifício (vigas e frechais). Dado o tamanho da amostra efetuou-se um tratamento estatístico por piso. Apresentam-se os valores por piso por forma a se aquilatar se existe variação dimensional dos elementos construtivos, nomeadamente em relação às tábuas verticais.

A largura das tábuas verticais (A) apresentava valores entre os 11 e 13 cm, excetuando no piso 0 onde o valor médio rondava os 17cm. Relativamente à espessura (B) verificou-se uma ligeira diminuição dos valores para os pisos mais elevados. O espaçamento (C) foi o valor que apresentou maior variabilidade, quer globalmente, quer efetuando comparações entre os diferentes pisos. Relativamente aos fasquios a sua secção transversal variava entre retangular e trapezoidal, a largura (D), espessura (E) e espaçamento (F) eram idênticos aos dos restantes tipos de parede estudadas.

A parede do tipo 4 (Tabela 3-5) diferenciava-se por a secção transversal das suas tábuas verticais ser retangular na grande maioria dos exemplares. Por norma associasse este tipo de seção a uma preparação prévia dos elementos antes da sua colocação em obra. Igualmente dentro do grupo das paredes simples, é possível que a opção entre este tipo de parede ou a parede do tipo 3 fosse sobretudo influenciada pela vertente financeira. Tal como no tipo de parede anterior, em face do tamanho da amostra, efetuou-se o tratamento estatístico por piso. Comparativamente às paredes do tipo 3 as suas tábuas verticais eram mais largas e o espaçamento entre elas menor. Refira-se ainda a grande variabilidade dos espaçamentos, mostrando que neste tipo de paredes, não foi um parâmetro tido particularmente em conta pelos construtores.

A espessura não apresentava diferenças dignas de registo. Por sua vez os fasquios apresentavam características dimensionais muito aproximadas aos valores já apresentados para outras paredes. Foram observadas paredes deste tipo somente com fasquios de secção transversal retangular e outros casos em que essa secção alternava entre retangular e trapezoidal.

No Ed.1, onde predominavam este tipo de paredes, foi ainda possível recolher amostras de fasquio (que era predominantemente trapezoidal) e determinar o valor do ângulo  $\beta$  (Tabela 3-6). Uma vez que nos outros tipos de paredes onde existia fasquio trapezoidal (parede tipo 2 e parede tipo 3) não foi possível efetuar a recolha e conseqüente medição somente foi possível determinar este parâmetro para as paredes do Ed.1.

Tabela 3-5: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 4

		A	B	C	D	E	F
Piso 0	Média (cm)	12,41	5,55	3,15	3,13	1,37	4,04
	Desvio Padrão (cm)	3,83	1,06	3,92	0,87	0,25	1,61
	Coeficiente de Variação (%)	30,87	19,19	124,59	27,69	18,61	40,02
Piso 1	Média (cm)	17,23	4,82	3,30	3,71	1,09	4,61
	Desvio Padrão (cm)	4,55	0,90	2,97	0,49	0,23	0,86
	Coeficiente de Variação (%)	26,43	18,70	90,11	13,21	20,69	18,63
Piso 2	Média (cm)	16,79	5,16	2,92	3,50	1,12	4,10
	Desvio Padrão (cm)	4,35	0,99	2,51	0,65	0,24	1,09
	Coeficiente de Variação (%)	25,88	19,10	85,98	18,53	21,05	26,59
Total	Média (cm)	15,97	5,01	3,23	3,52	1,12	4,29
	Desvio Padrão (cm)	4,64	1,02	2,97	0,85	0,24	1,24
	Coeficiente de Variação (%)	29,06	20,26	91,69	24,28	21,60	28,87

Tabela 3-6: Caracterização dimensional do parâmetro  $\beta$  dos fasquios do Ed.1

$\beta$ (°)		
Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação %
14,71	8,69	59,11

Os tipos de parede 5 e 6 pertencem à categoria das paredes duplas de tabique, que se diferenciam por ter duas fiadas de tábuas verticais, geralmente ligadas entre si por pregagem.

A parede do tipo 5 (Tabela 3-7) era constituída por duas fiadas de tábuas verticais de formato retangular, sendo que a fiada onde as tábuas eram mais largas e espessas era encaixada e pregada num frechal. A segunda fiada era, por sua vez, fixa à primeira por pregagem. Como se pode verificar nas imagens do caso 5, as tábuas verticais de ambas as fiadas encontram-se justapostas e fixas por pregagem (Figura 3-3). Verificou-se ainda que as próprias tábuas verticais de uma mesma fiada tinham conectores metálicos entre si, motivando que o espaçamento entre as tábuas fosse diminuto (inferior a 1cm) e comparativamente com outros tipos de parede estudados, menos variável. Relativamente aos fasquios verificou-se serem menos largos e apresentarem menor espaçamento, em relação a outros já referidos. O espaçamento (F) entre estes elementos era bastante aproximado da largura (D).



Figura 3-3: Pregagem entre fiadas e entre tábuas verticais da mesma fiada

Tabela 3-7: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 5

	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coefficiente de Variação (%)
A1	16,38	5,41	33,03
A2	12,78	1,05	8,19
B1	5,79	0,19	3,25
B2	3,51	0,19	5,36
C1	0,72	0,29	39,67
C2	0,56	0,18	31,61
D	2,91	0,37	12,56
E	1,54	0,14	9,27
F	3,02	0,46	15,09

A parede do tipo 6 (Tabela 3-8), estudada por (Pinto, 2013) e (Ribeiro, 2014) era constituída por uma fiada de tábuas dispostas na vertical e uma segunda fiada na diagonal, que estabelecia um ângulo com a vertical de 27°. O formato da secção transversal das fiadas foi descrito como aproximadamente retangular, sendo que estas estavam ligadas às verticais através de pregagem. Os espaçamentos entre os elementos de cada uma das fiadas era praticamente coincidente, o que pode indicar uma preocupação de tornar a parede o mais homogénea possível. Relativamente aos fasquios as suas características eram semelhantes ao dos mencionados anteriormente.

Tabela 3-8: Caracterização dimensional dos elementos constituintes das paredes de tabique do Tipo 6

	A1 (cm)	A2 (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	C1 (cm)	C2 (cm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)	D (cm)	E (cm)	F (cm)
Média	20,4	17,8	5,1	3,3	3,9	3,8	-	27	3,3	1,3	3,9

Por último, a parede do tipo 7, cuja única informação se resume às fotografias apresentadas e à sua localização (aldeia de Roriz, no concelho de Penalva do Castelo). Trata-se de uma parede exterior simples, que apresentava um desenvolvimento curvo e introduz mais um aspeto relevante a estudar em trabalhos futuros.

### **3.3 Diagonais em paredes de tabique**

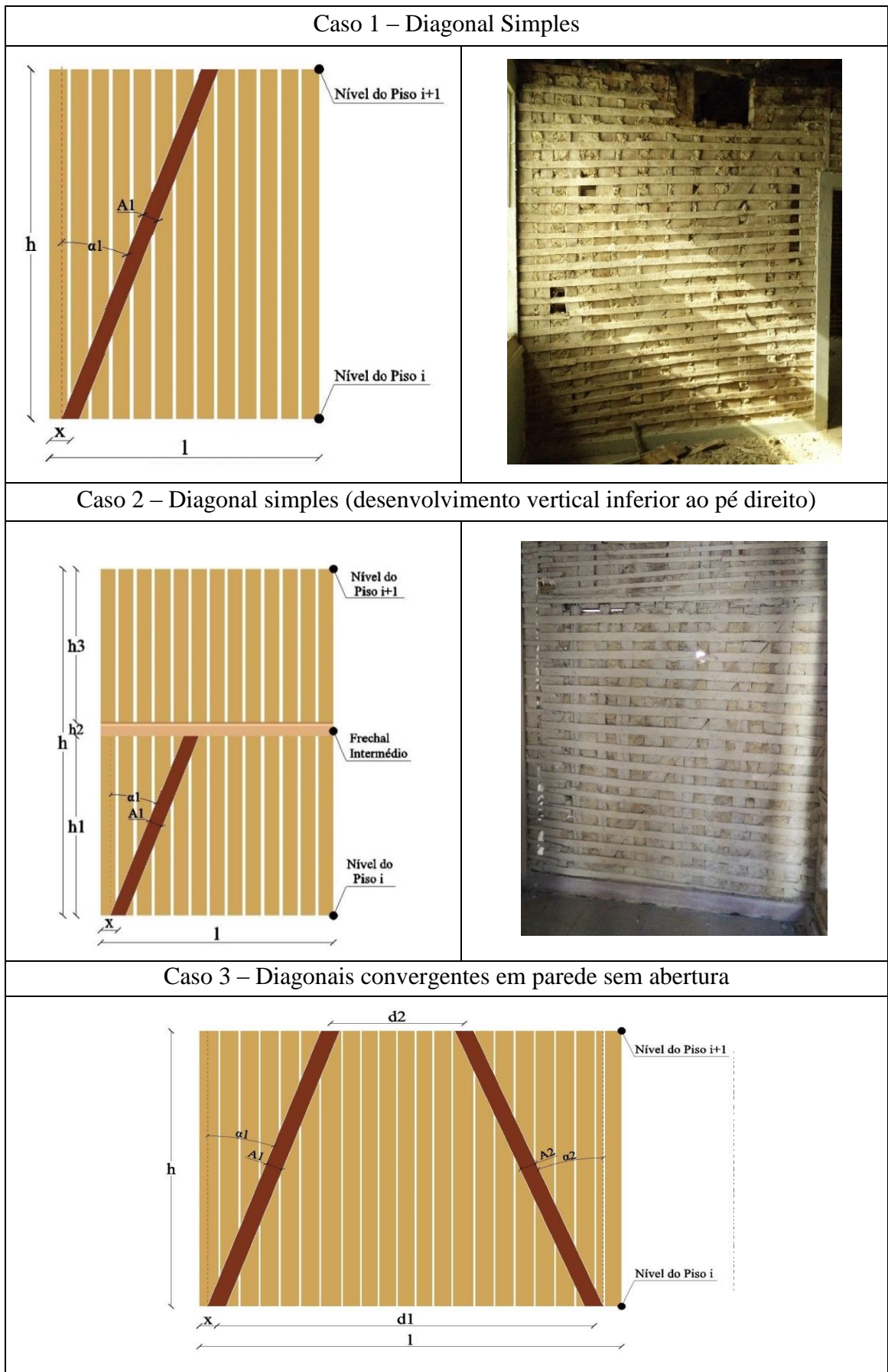
Ao efetuar o estudo das paredes de tabique dos vários edifícios previamente apresentados, constatou-se a presença de um elevado número de diagonais nas paredes de alguns destes edifícios, sobretudo nos Ed.1 e Ed.2. Uma vez que a informação disponível sobre estes elementos é praticamente inexistente, entendeu-se que seria importante estudá-los.

Esse estudo iniciou-se *in situ*, através da sua caracterização geométrica exaustiva e da elaboração de uma base de dados com o objetivo de compilar todos os casos observados. Posteriormente foi realizado um modelo a três dimensões dos dois edifícios acima referenciados com o objetivo de localizar as diagonais espacialmente, permitindo assim ter uma visão integrada das mesmas na restante estrutura.

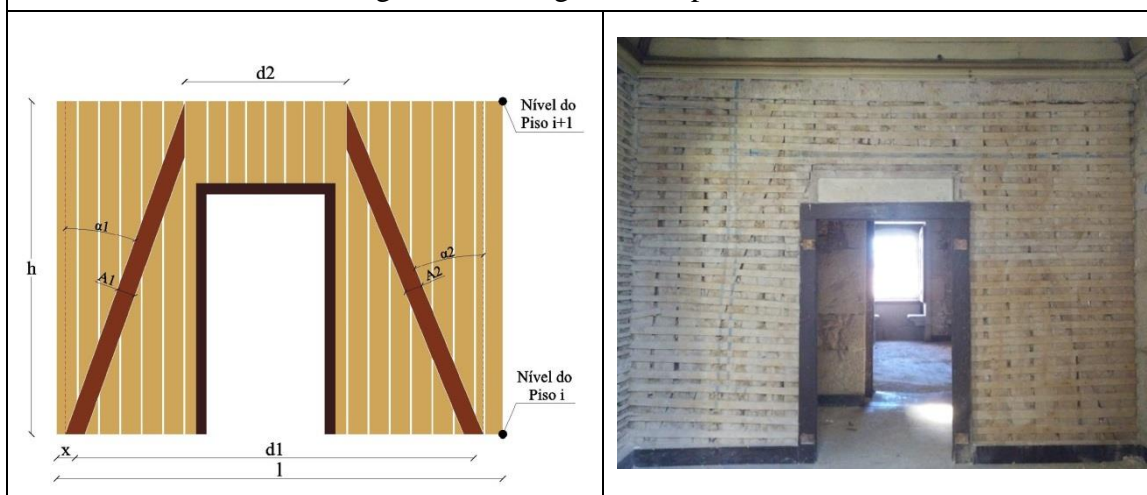
Com toda a informação recolhida foi possível quantificar as dimensões das diagonais, a sua posição e direção na parede de tabique onde está integrada. Sempre que o número de exemplares de cada caso encontrado foi superior a cinco unidades, efetuou-se um tratamento estatístico dos dados obtidos.

#### **3.3.1 Disposição das diagonais nas paredes de tabique**

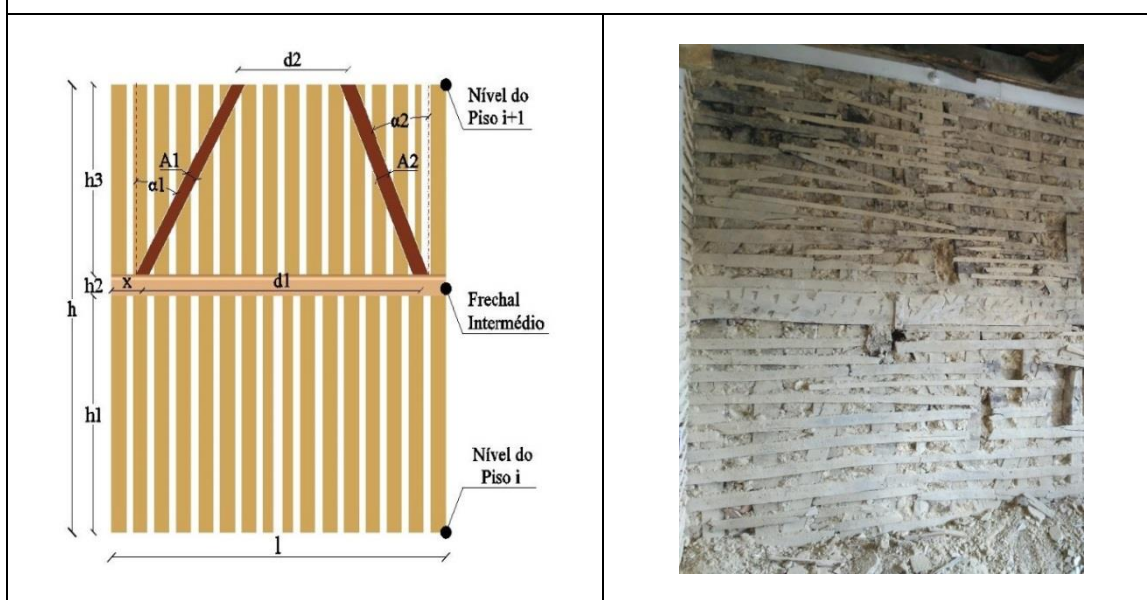
No Quadro 3-4 apresenta-se a pormenorização das várias configurações de diagonais observadas nos edifícios em análise, acompanhadas de uma fotografia representativa do caso específico. Apresentam-se ainda alguns casos que, não tendo sido encontrados neste estudo, são variantes de alguma das configurações estudadas e possivelmente serão encontradas noutros edifícios posteriormente estudados.



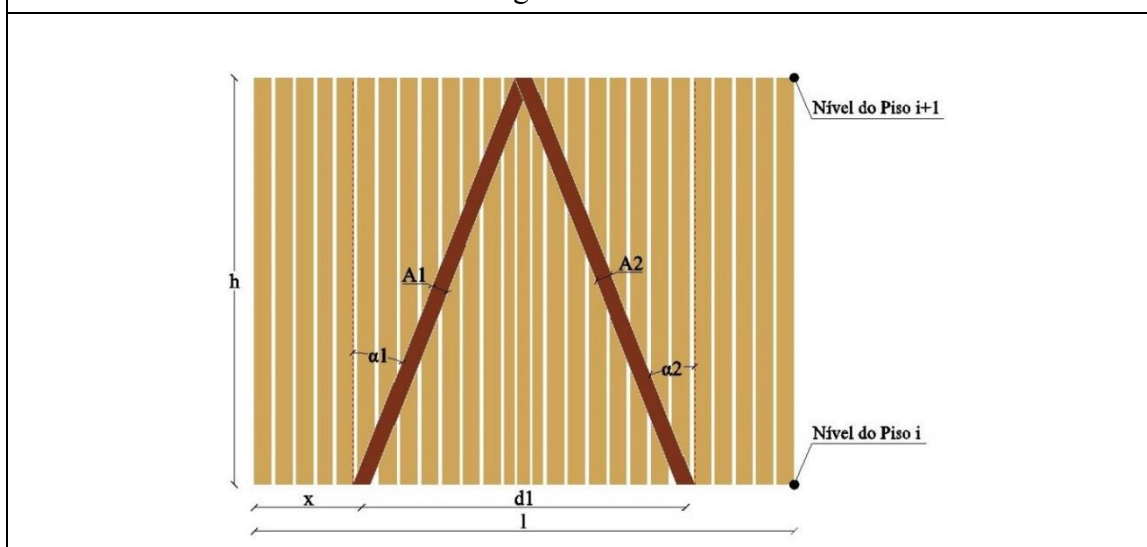
Caso 4 - Diagonais convergentes em parede com abertura



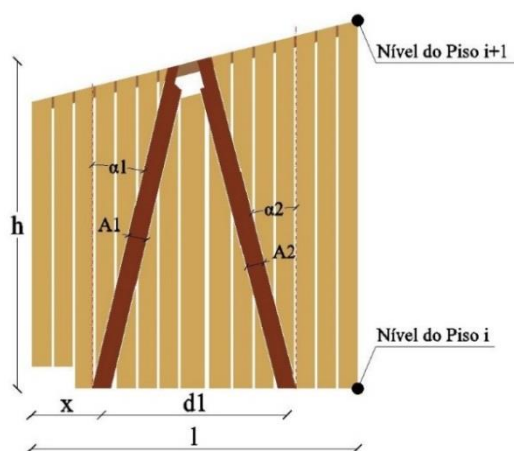
Caso 5 - Diagonais convergentes (desenvolvimento vertical inferior ao pé direito)



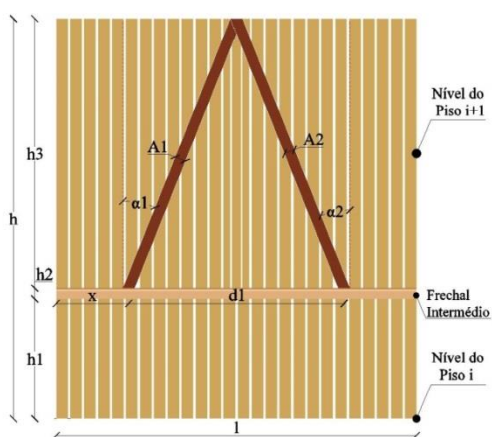
Caso 6 - Diagonais em 'V' invertido



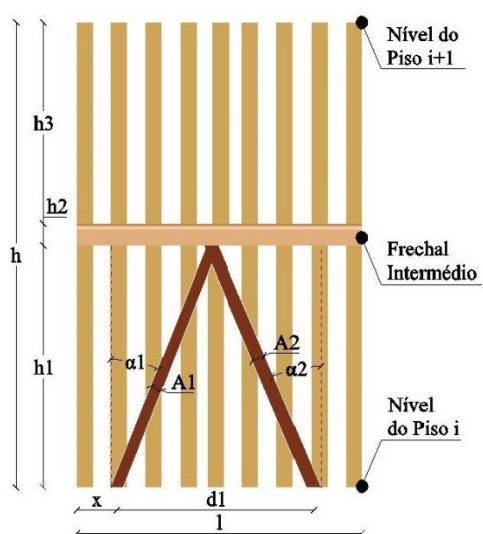
Caso 7 – Diagonais em ‘V’ invertido com abertura para apoio de viga de pavimento

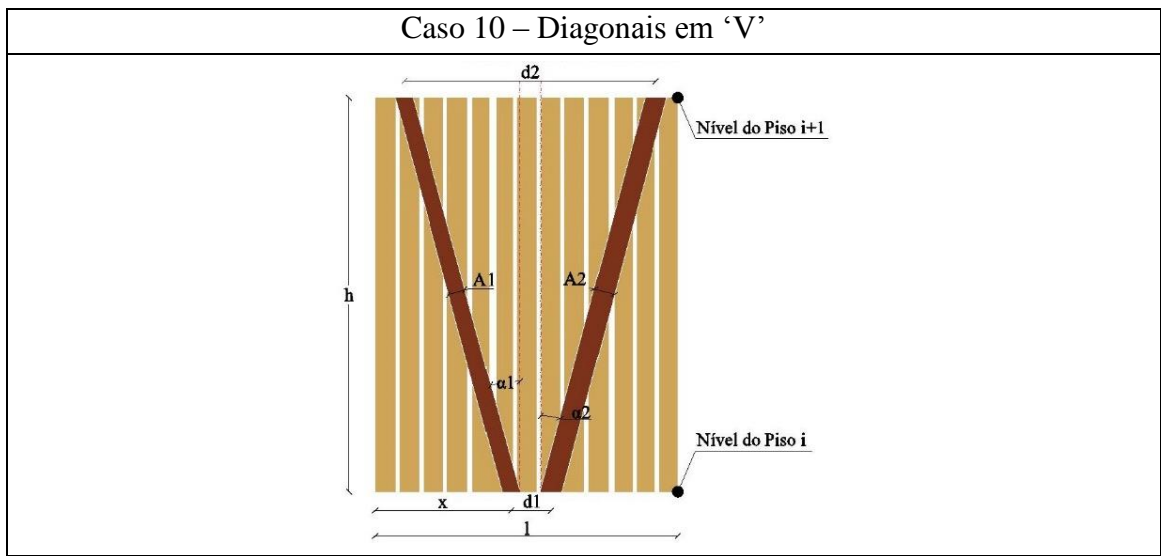


Caso 8 - Diagonais em ‘V’ invertido (desenvolvimento vertical não coincide com o pé direito)

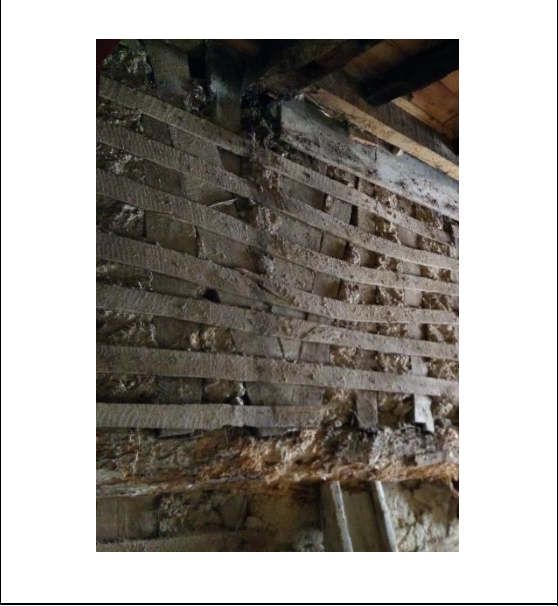
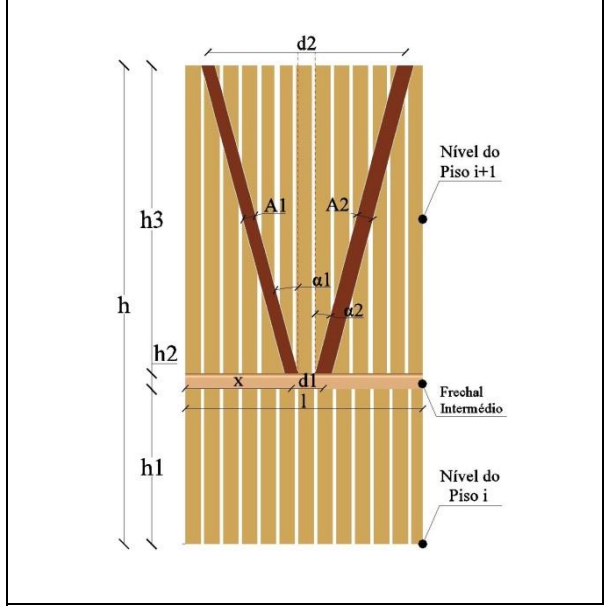


Caso 9 – Diagonais em ‘V’ invertido (desenvolvimento vertical inferior ao pé direito)

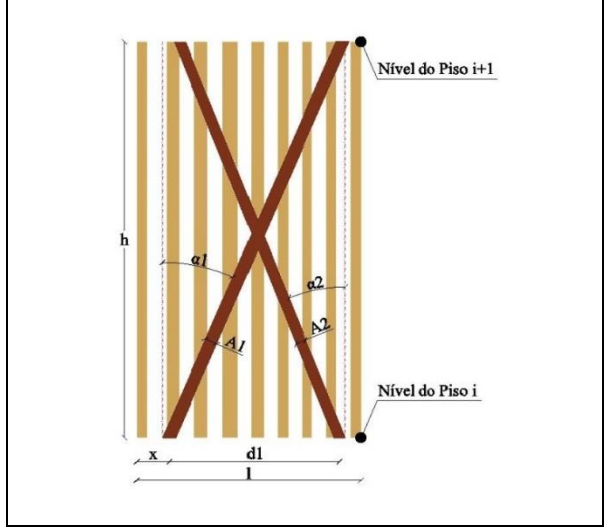




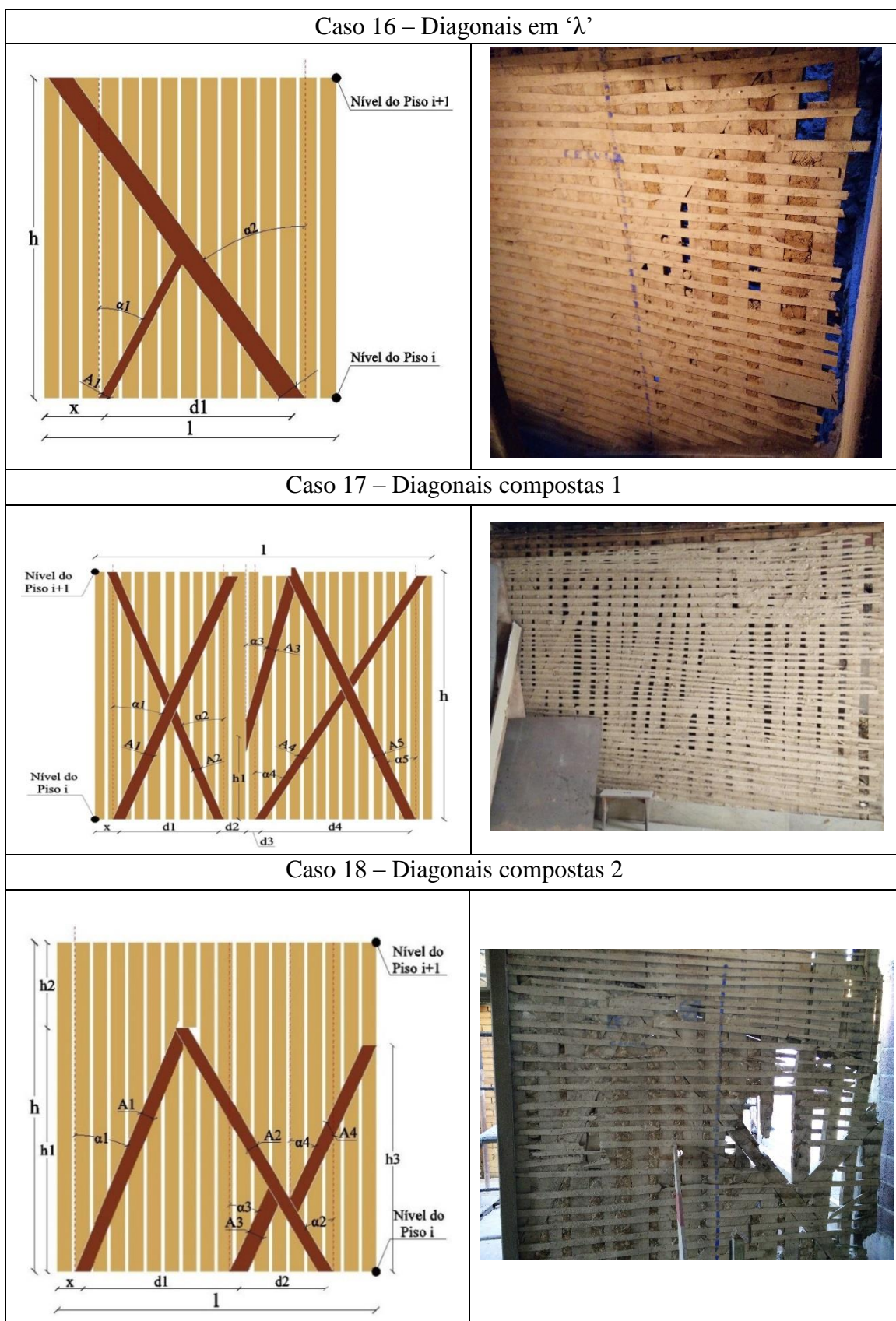
**Caso 11 – Diagonais em ‘V’ (desenvolvimento vertical não coincide com o pé direito)**



**Caso 12 – Diagonais em tesoura**



<p>Caso 13 – Diagonais em tesoura – (desenvolvimento vertical não coincide com o pé direito)</p>	
<p>Caso 14 – Diagonais em tesoura dupla</p>	
<p>Caso 15 – Diagonais em tesoura dupla com vão intercalar</p>	



Quadro 3-4: Pormenorização da disposição das diagonais em paredes de tabique

Apresenta-se em seguida uma breve descrição de cada uma das configurações apresentadas e o respetivo tratamento estatístico dos parâmetros geométricos mais importantes de cada um dos casos, de acordo com as regras atrás descritas, isto é, nos casos em que a amostra existente é maior ou igual a cinco procedeu-se à determinação de valores médios, desvios padrão e coeficientes de variação. Relativamente às diagonais, procedeu-se à medição da sua largura (A), espessura (B), ângulo que estas formavam com a vertical ( $\alpha$ ) e desenvolvimento no plano vertical (h). Em função da configuração das diagonais, e sempre que se julgou pertinente, adicionaram-se dimensões auxiliares, que serão apresentadas nas tabelas em correspondência com especificado em cada um dos pormenores apresentados. A dimensão x representa a distância entre o início da parede e o arranque da diagonal.

O caso 1 é representativo de todas as diagonais simples (de forma isolada) aplicadas a uma parede de tabique, sendo a utilização mais observada nos levantamentos feitos no decorrer deste estudo. Verificou-se que o arranque desta solução era invariavelmente nas extremidades das paredes de tabique. Constatou-se ainda que, por vezes, uma diagonal simples na direção oposta era colocada na outra extremidade da parede. Nos casos observados as diagonais tinham prevalência sob as tábuas dispostas na vertical. Uma vez que esta situação foi observada com bastante frequência optou-se por apresentar os valores medidos em médias (Tabelas 3-9 e 3-10).

Tabela 3-9: Caso 1 – Dimensão das diagonais

Largura, A1 (cm)			Espessura, B1 (cm)			$\alpha 1$ (°)		
Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
16,9	4,72	27,87	4,8	0,80	16,58	25,1	8,45	33,63

Tabela 3-10: Caso 1 – Dimensões médias das paredes

h (m)			l (m)		
Média (m)	Desvio Padrão (m)	Coefficiente de Variação (%)	Média (m)	Desvio Padrão (m)	Coefficiente de Variação (%)
2,76	0,19	6,93	5,87	2,19	37,31

Avaliando os resultados verifica-se que a largura da diagonal, o seu ângulo com a vertical e o comprimento da parede em que esta se insere são os parâmetros que mais variações sofrem. Em sentido inverso a espessura das diagonais e a altura a que se desenvolvem apresentam poucas variações

Relativamente à localização das diagonais em relação à extremidade (mais próxima) das paredes em que estavam inseridas (parâmetro 'x') observou-se uma tendência acentuada, que se concluiu ser melhor retratada graficamente.

Como se pode observar no Gráfico 3-1 a esmagadora das diagonais do Caso 1 apresentavam uma distância 'x' inferior a um metro. Este facto pode significar que os responsáveis pelas construções entendiam ser junto à extremidade das paredes de tabique que as diagonais simples melhor serviam o seu propósito.

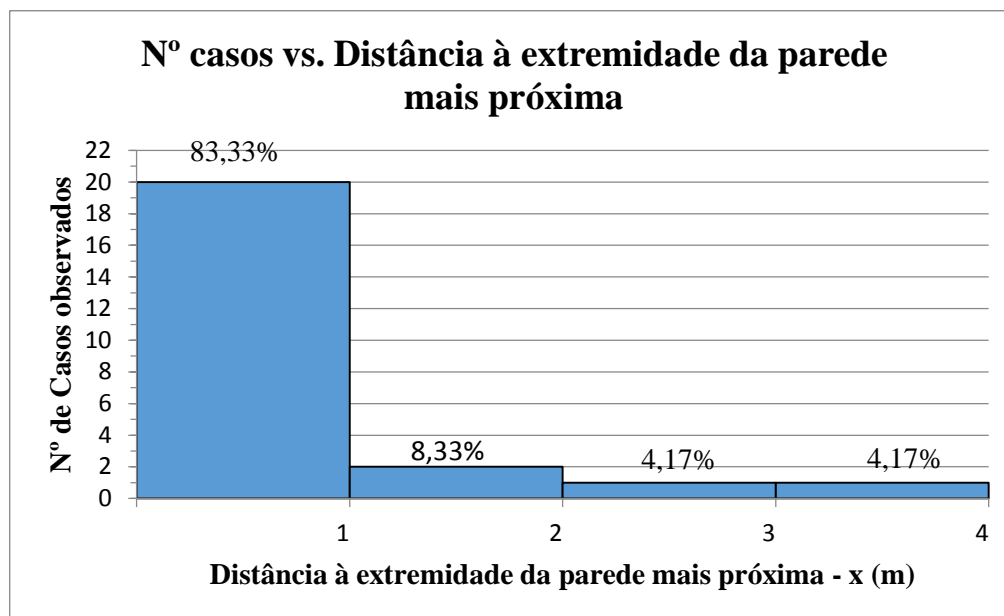


Figura 3-4: Nº casos observados vs. Distância à extremidade da parede mais próxima

O caso 2 representa uma circunstância específica do caso 1, em que o desenvolvimento vertical da diagonal (h1) não coincide com o pé direito do piso onde esta se insere. Foram observadas duas situações que se enquadram neste caso, cujas medições são apresentadas nas Tabelas 3-11 e 3-12.

Tabela 3-11: Caso 2 – Dimensões das diagonais

A1 (cm)	B1 (cm)	$\alpha 1$ (°)
13,6	6,8	20,5
8,7	3,0	33,0

Tabela 3-12: Caso 2 - Dimensões auxiliares

h (m)	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	x (m)	l (m)
2,92	1,70	0,10	1,12	0,07	3,66
2,92	1,70	0,13	1,09	1,27	3,74

O Caso 3 representa a utilização de duas diagonais convergentes numa parede sem aberturas e onde a distância entre os eixos dos seus arranques (d1) é inferior a 4 metros. No decorrer da catalogação das várias soluções encontradas nenhuma correspondeu à solução apresentada.

No caso 4 está representada a solução constituída por duas diagonais convergentes, observadas em algumas paredes onde existia uma abertura (porta ou janela). Nos casos analisados, as diagonais tinham o seu arranque situado nos extremos das paredes e desenvolviam-se até à zona de abertura, mas nunca sobre esta. Supõe-se que esta configuração servisse para transferir as cargas existentes sob a abertura para as zonas laterais da parede. Esta solução foi encontrada em duas paredes do Ed.1 (uma interior e outra exterior) e numa parede interior do Ed.4. No total foram observadas e medidas três situações que se enquadram neste caso, estando os seus parâmetros apresentados nas Tabelas 3-13 e 3-14

Tabela 3-13: Caso 4 - Dimensões das diagonais

A1 (cm)	A2 (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)
23,0	24,0	4,9	4,5	10,6	9,6
19,7	21,0	4,0	3,8	21,2	19,3
21,8	20,6	5,5	4,8	19,8	22,3

Tabela 3-14: Caso 4 - Dimensões auxiliares

d1 (m)	d2 (m)	h (m)	x (m)	l (m)
3,59	2,52	2,96	0,12	4,19
3,06	1,36	2,43	0,7	6
3,72	1,52	3,12	0,17	4,16

O caso 5 é um caso particular do anterior, diferenciando-se pelo facto de as diagonais terem um desenvolvimento vertical inferior ao pé direito do respetivo piso. Esta solução apenas foi observada na metade superior do 3º piso do alçado lateral direito do Ed.2 (ver Tabelas 3-15 e 3-16), não se tendo encontrado uma justificação plausível para a localização e disposição destes elementos.

Tabela 3-15: Caso 5 - Dimensões das diagonais

A1 (cm)	A2 (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)
11,5	9,9	4,0	4,9	32,4	30,3

Tabela 3-16: Caso 5 - Dimensões Auxiliares

d1 (m)	d2 (m)	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	x (m)	l (m)
2,05	0,48	1,45	0,23	1,24	2,03	9,72

O caso 6 representa duas diagonais dispostas em ‘V’ invertido, cujo desenvolvimento vertical coincide com o pé direito do piso onde estão inseridas. Não foi encontrado nenhum caso que coincida com esta disposição.

O caso 7 retrata uma situação encontrada no Ed.3 apresentando igualmente um formato em ‘V’ invertido, no entanto na zona de encontro das duas diagonais existia um orifício que servia de apoio a um elemento resistente de um pavimento. Relativamente aos demais pormenores descritos anteriormente, este diferenciava-se por não existir um frechal e as diagonais e tábuas verticais serem fixas a um barrote de madeira que definia a inclinação da vertente da cobertura. Nas Tabelas 3.17 e 3-18 apresentam-se as medições da única situação observada do caso 7.

Tabela 3-17: Caso 7 - Dimensões das diagonais

A1 (cm)	A2 (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)
13	12,5	5,7	5,2	13,3	14,4

Tabela 3-18: Caso 7 - Dimensões auxiliares

h (m)	x (m)	l (m)
2,15	*	*
* - Não foi possível efetuar medições		

O caso 8 é uma circunstância particular do caso 6, onde o desenvolvimento das diagonais não coincide com o pé direito do seu piso de origem. Este caso foi identificado apenas por uma vez (Tabelas 3-19 e 3-20).

Tabela 3-19: Caso 8 - Dimensões das diagonais

A1 (cm)	A2 (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)
9,3	9,2	5,5	3,9	25,9	20,5

Tabela 3-20: Caso 8 - Dimensões auxiliares

h (m)	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	d1 (m)	d2 (m)	x (m)	l (m)
2,92	1,45	0,23	1,24	2,04	0,82	3,40	9,72

O caso 9, diferia do anterior pelo facto de as diagonais se desenvolverem no plano vertical apenas em parte do pé direito do respetivo piso. Esta disposição foi observada apenas por uma vez (Piso 3 do Ed.2). Nas Tabelas 3-21 e 3-22 apresentam-se as medições da situação encontrada.

Tabela 3-21: Caso 9 - Dimensões das diagonais

A1 (cm)	A2 (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)
9,2	14,2	3,2	3,9	35,2	28,3

Tabela 3-22: Caso 9 - Dimensões auxiliares

h (m)	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	x (m)	d1 (m)	l (m)
2,92	1,52	0,14	1,26	0,17	2,20	5,38

No caso 10 retrata-se a disposição das diagonais em ‘V’ cujo desenvolvimento vertical coincide com o pé direito do piso onde estão inseridas. Não foi encontrada qualquer solução deste tipo.

No caso 11 retrata-se a disposição das diagonais em ‘V’ sendo que o desenvolvimento vertical das diagonais (h) difere do pé direito do piso onde estes elementos se iniciam. Esta solução foi observada em parte do alçado lateral direito do Ed.2. Por norma, os topos das diagonais coincidiam com travessas, que pareciam surgir do edifício adjacente (paredes meeiras), levando por isso a presumir que fosse uma tentativa de distribuição uniforme das cargas que aí chegavam. Nas Tabelas 3-23 e 3-24 apresentam-se as medições dos dois casos observados.

Tabela 3-23: Caso 11 - Dimensões das diagonais

A1 (cm)	A2 (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)
12,9	14,9	5,4	5,1	20,7	14,9
12,8	9,8	3,9	4,6	19,8	17,1

Tabela 3-24: Caso 11 - Dimensões auxiliares

h (m)	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	d1 (m)	d2 (m)	x (m)	l (m)
2,71	1,58	0,14	0,99	0,28	1,77	3,38	11,45
2,71	1,58	0,14	0,99	0,12	1,17	5,40	11,45

O caso 12 resulta do cruzamento de duas diagonais, que formam entre si um ‘X’, também apelidado de Tesoura, sendo que uma delas é formada por dois elementos independentes que são atravessados pela diagonal contínua. Este tipo de situação, verificou-se sempre que havia o cuidado de garantir que uma das tábuas verticais se situava na zona dos vértices formados pelo cruzamento das duas diagonais, servindo presumivelmente como complemento da ligação entre as diagonais. Supõe-se que este tipo de solução tivesse como função o contraventamento geral da estrutura.

No total foram encontradas três paredes cuja disposição das diagonais estava de acordo com o esquema apresentado, cujas medições são apresentadas nas Tabelas 3-25 e 3-26. Esta disposição das diagonais apenas foi observada no Ed.2.

Tabela 3-25: Caso 12 - Dimensões das diagonais

A1 (cm)	A2 (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)
12,0	10,0	5,0	5,0	25,4	26,0
12,4	15,6	5,6	4,7	42,4	42,0
11,6	11,2	5,4	5,5	29,0	26,0

Tabela 3-26: Caso 12 - Dimensões auxiliares

h (m)	x (m)	d1 (m)	l (m)
2,75	1,09	0,95	5,35
2,92	0,37	2,10	2,77
2,90	0,39	1,65	2,64

O caso 13 é em tudo semelhante ao anterior, com a particularidade de o desenvolvimento vertical das diagonais (h) não coincidir com o pé direito do piso. Embora os indícios observados em parte do alçado lateral direito indiquem que tal ocorre, entre o Piso 2 e Piso 3, não foi possível confirmar essa situação.

O caso 14 representa uma variação do Caso 12, diferenciando-se pelo facto de existirem duas combinações de diagonais em 'X' dispostas sequencialmente, podendo ou não existir espaçamento entre elas. Esta solução foi observada no Ed.2 em duas paredes distintas. Nas Tabelas 3-27 e 3-28 apresentam-se os valores medidos nos três casos observados.

Tabela 3-27: Caso 14 - Dimensões das diagonais

A1 (cm)	10,5	10,3	12,2
A2 (cm)	7,6	12,7	5,6
A3 (cm)	9,1	12,5	11,5
A4 (cm)	9	13,4	12,2
B1 (cm)	5	5,0	5,6
B2 (cm)	4,2	5,6	5,2
B3 (cm)	4,4	4,3	5
B4 (cm)	4	5,2	3,9
$\alpha 1$ (°)	34,4	25,8	25,6
$\alpha 2$ (°)	18	19,5	24,2
$\alpha 3$ (°)	22,5	33,0	29,5
$\alpha 4$ (°)	24	21,7	30,8

Tabela 3-28: Caso 14 - Dimensões auxiliares

h (m)	d1 (m)	d2 (m)	d3 (m)	d4 (m)	x (m)	l (m)
2,77	1,22	0,15	1,16	0	0,14	7,63
2,75	1,53	0,39	0,92	0,58	1,28	8,11
2,94	*	*	*	0,05	4,84	9,72
* - As diagonais encontravam-se ocultas ao nível do Piso 2 não permitindo a sua medição e localização espacial						

No caso 15 apresenta-se uma circunstância especial do caso anterior, que se diferencia pela existência de um vão (porta ou janela) entre os ‘X’ formados pelas diagonais. Nas Tabelas 3-29 e 3-30 apresentam-se os valores medidos dos dois casos observados.

Tabela 3-29: Caso 15 – Dimensões das diagonais

A1 (cm)	8,7	18
A2 (cm)	14,3	12,2
A3 (cm)	18	13,2
A4 (cm)	12,2	11,6
B1 (cm)	3	3,8
B2 (cm)	*	3,9
B3 (cm)	3,8	5,1
B4 (cm)	3,9	*
$\alpha 1$ (°)	33	28,8
$\alpha 2$ (°)	18,5	30,8
$\alpha 3$ (°)	28,8	22
$\alpha 4$ (°)	30,8	26,8
*- não foi possível realizar medição		

Tabela 3-30: Caso 15 – Dimensões auxiliares

h(m)	d1 (m)	d2 (m)	d3 (m)	x (m)	l (m)
2,75	1,58	1,5	0,98	3,87	10,59
2,75	0,98	1,41	0,86	3,92	10,59

O caso 16 ilustra uma solução encontrada numa única ocasião (no Ed.2). Esta disposição acaba por se poder considerar uma simplificação relativamente ao arranjo das diagonais em ‘X’, uma vez que resulta da inexistência da secção superior da hipotética diagonal seccionada. Os valores medidos são apresentados nas Tabelas 3-31 e 3-32.

Tabela 3-31: Caso 16 – Dimensões das diagonais

A1 (cm)	A2 (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)
11,6	11,2	5,4	5,5	29,0	26,0

Tabela 3-32: Caso 16 - Dimensões auxiliares

h (m)	d1 (m)	x(m)	l (m)
2,9	1,81	0,47	5,13

No caso 17 (Tabelas 3-33 e 3-34) apresenta-se uma solução que parece ser menos usual que as demais, resultado da combinação de cinco diagonais. As diagonais apresentam uma configuração que forma dois 'X' (ou tesouras). Entre estes surge uma outra diagonal que se desenvolve desde um dos topos superiores de uma das tesouras até à face de uma tábua vertical cujo topo estabelece ligação com a outra tesoura.

Tabela 3-33: Caso 17 – Dimensões das diagonais

A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	A5 (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	B3 (cm)	B4 (cm)	B5 (cm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)	$\alpha 3$ (°)	$\alpha 4$ (°)	$\alpha 5$ (°)
12	9,3	11,4	10	11	4,9	4,9	5,9	5	4,9	18,6	20,7	13	28,6	18,7

Tabela 3-34: Caso 17 – Dimensões auxiliares

h (m)	h1 (m)	d1 (m)	d2 (m)	d3 (m)	d4 (m)	x (m)	l (m)
2,9	0,98	0,95	0,26	0,14	1,43	0,23	5,05

Por último, o caso 18 (Tabelas 3-35 e 3-36) aparenta ser uma combinação de uma diagonal simples com uma diagonal em tesoura, que, neste caso, se apresentava com uma das tábuas desalinhada. Uma vez que as diagonais não se desenvolviam até ao topo da parede, a diagonal simples pode ter sido acrescentada para funcionar como travamento da diagonal pertencente ao 'X'.

Tabela 3-35: Caso 18 – Dimensões das diagonais

A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	B3 (cm)	B4 (cm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)	$\alpha 3$ (°)	$\alpha 4$ (°)
13,8	16,0	13,0	13,0	4,9	5,0	5,0	5,0	23,9	32,1	40,1	39,7

Tabela 3-36: Caso 18 – Dimensões auxiliares

h (m)	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	d1 (m)	d2 (m)	x (m)	l (m)
2,9	2,16	0,74	2	1,39	0,78	0,5	5,35

Efetuada uma análise às medições das diferentes situações observadas é possível observar-se que nos casos em que as diagonais são utilizadas isoladamente, ou combinadas mas com uma distância relativa entre si a sua largura é tendencialmente maior, embora a espessura seja idêntica ao dos restantes casos. Relativamente aos ângulos, a maioria das diagonais situa-se num intervalo de valores entre os 20 e os 30°.

Comparativamente com os valores medidos das larguras (A) e espessuras (B) das tábuas verticais dos vários tipos de paredes verifica-se que as diagonais apresentam valores mais próximos das paredes do tipo 2 e do tipo 4, sendo as do tipo 3 também bastante aproximados (sobretudo a espessura).

### **3.3.2 Análise à influência das diagonais no comportamento geral dos edifícios**

Após a apresentação dos diversos casos individuais que resultam da disposição de uma ou várias diagonais em paredes de tabique, e tendo em conta a quantidade desses elementos que foram observadas no Ed.1 e Ed.2 tentou-se reproduzir em modelos tridimensionais a localização de todas as diagonais existentes em cada um dos edifícios. Para melhor compreensão da sua localização e ajuda na interpretação 3D que adiante se fará, apresentam-se agora as plantas do Ed.1 (Figura 3-4) e Ed.2 (Figura 3-5) com a localização das diagonais e dos alinhamentos nas direções XX e YY.

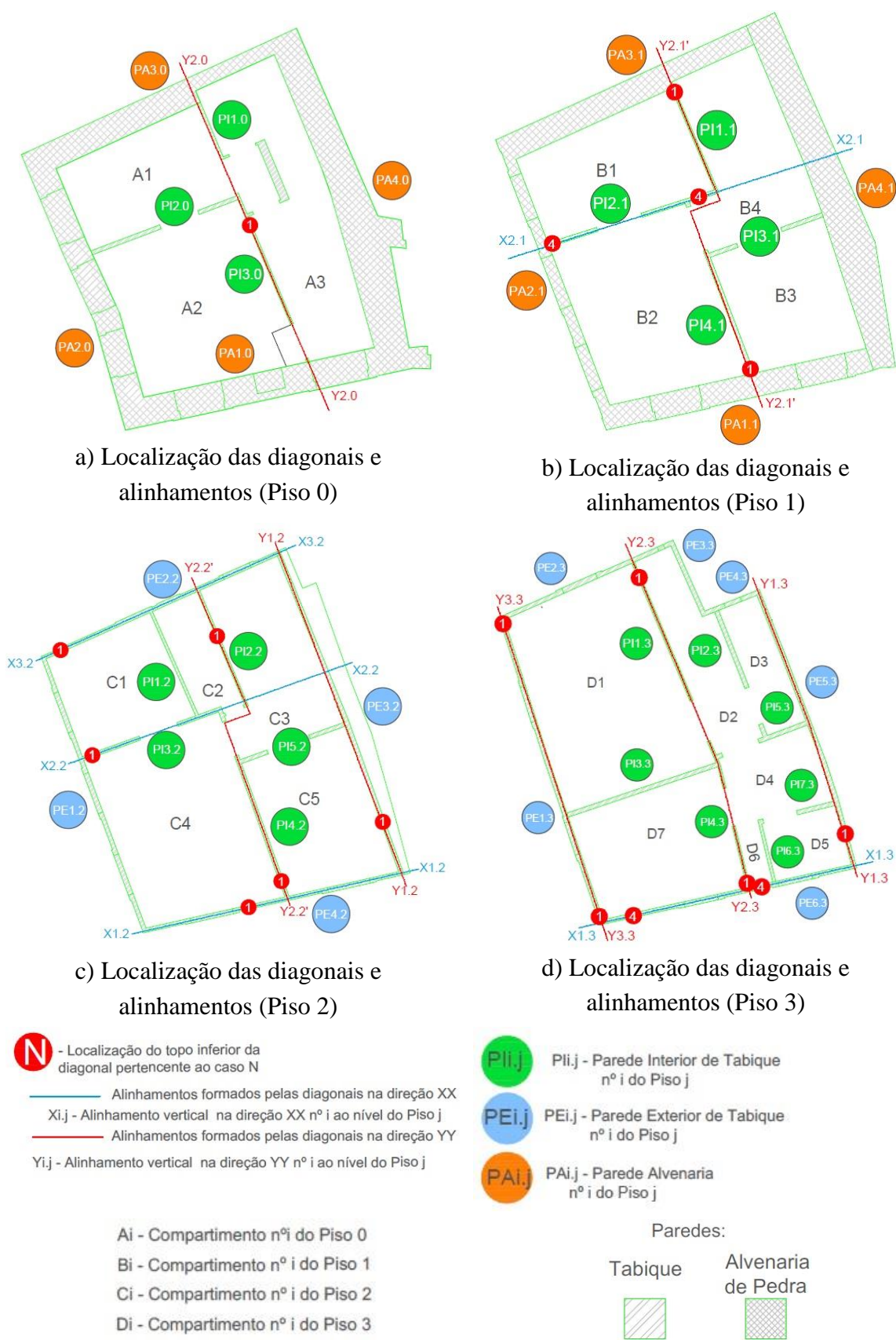
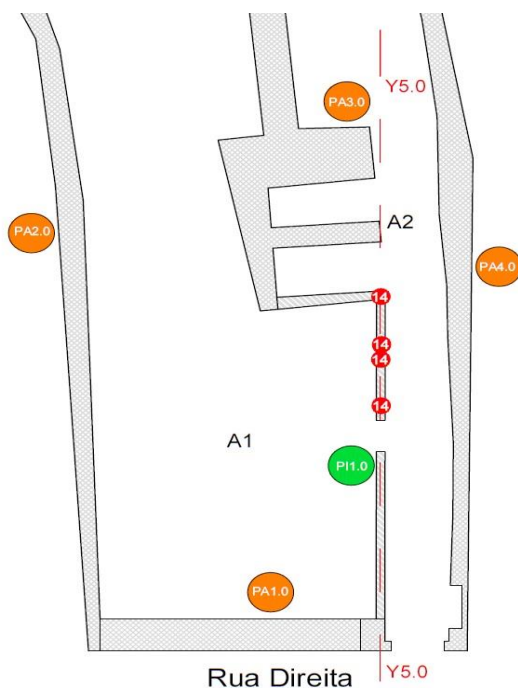
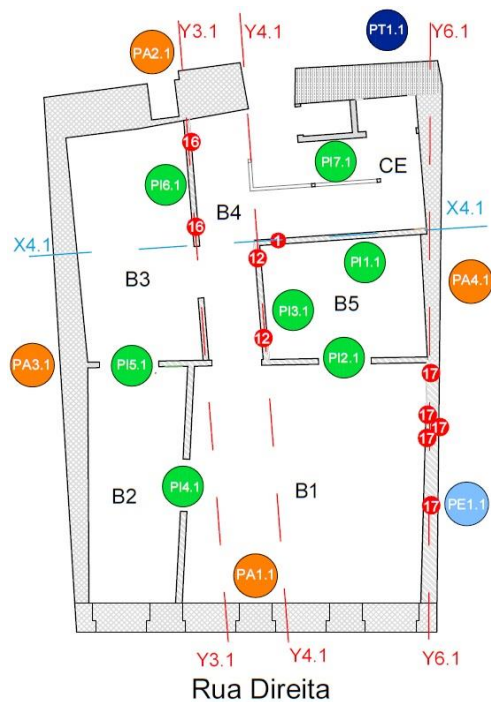


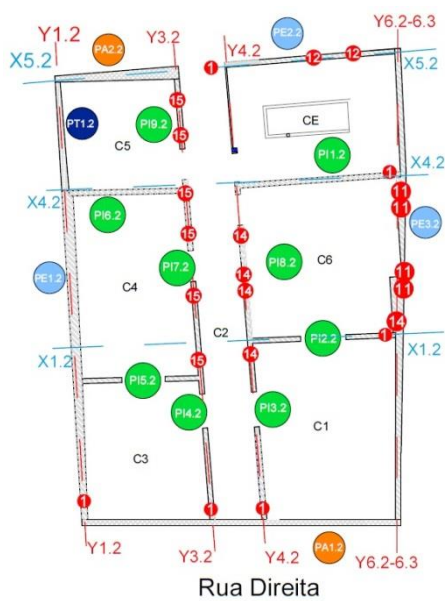
Figura 3-5: Localização das diagonais e alinhamentos do Ed.1



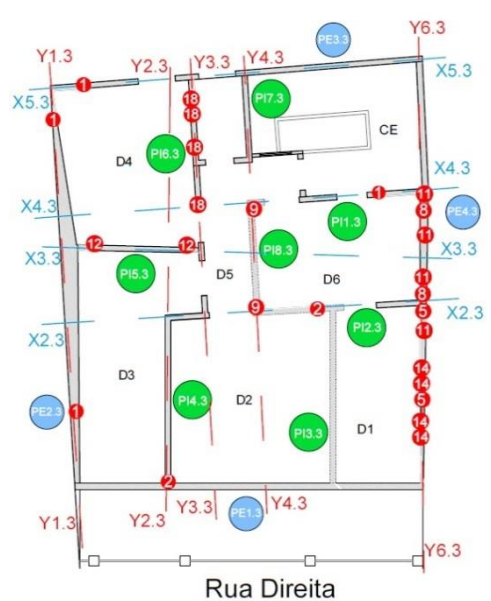
a) Localização das diagonais e alinhamentos (Piso 0)



b) Localização das diagonais e alinhamentos (Piso 1)



c) Localização das diagonais e alinhamentos (Piso 2)



d) Localização das diagonais e alinhamentos (Piso 3)

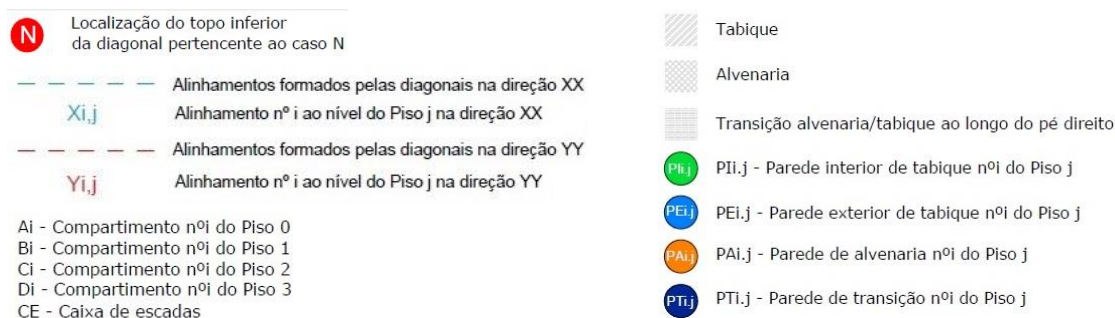


Figura 3-6: Localização das diagonais e alinhamentos do Ed.2

Como já foi referido, as paredes de tabique existentes em edifícios antigos tinham muitas vezes um papel importante no comportamento global da estrutura. Julga-se que um dos aspetos que influencia o comportamento destas paredes às solicitações a que a estrutura está sujeita é a introdução de diagonais nas paredes de tabique (interiores e exteriores), bem como a sua disposição nesses elementos.

Como foi possível localizá-las espacialmente na estrutura dos edifícios 1 e 2 e, por consequência, se efetuou um levantamento exaustivo das suas dimensões e da forma como se encontravam dispostas, apresenta-se de seguida uma análise às soluções construtivas observadas, acompanhada de esquemas bi e tridimensionais, por forma a melhor interpretar a descrição escrita.

A título de exemplo, refira-se que a nomenclatura dos alinhamentos respeita a seguinte lógica: Xi.j – alinhamento nº i (segundo a direção XX) ao nível do piso j. A utilização da apóstrofe representa que existe um ligeiro desfasamento entre os elementos que estabelecem a posição inicial e final do alinhamento.

De modo a facilitar o entendimento da disposição das diagonais ao longo do edifício, efetuou-se uma separação em função da direção em que se desenvolviam, e do tipo de parede onde estavam inseridas (interior – cor mais clara, ou exterior – cor mais escura). Note-se que apesar dos elementos existentes nas paredes exteriores nem sempre estarem efetivamente em contacto com o exterior, pois existiam edifícios adjacentes (alçados laterais) ou zonas anexas do próprio edifício que não foram tidas em conta (alçado posterior do Ed.2), acabam por estar inseridas na fronteira exterior dos respetivos casos de estudo, justificando assim a diferenciação relativamente às restantes.

Apresentam-se de seguida os esquemas tridimensionais dos Ed.1 (Figuras 3-5 e 3-6) e Ed.2 (Figuras 3-7 3-8) nas direções XX e YY, acompanhados da respetiva descrição escrita.

### 3.3.2.1 Edifício 1

O Ed.1 é um edifício de gaveto, construído em duas fases distintas, como já foi referido. Por isso a ocorrência de mais diagonais deve estar associada à segunda fase da construção, em que as paredes do edifício (interiores e exteriores) são em tabique.

No Ed.1, foram identificadas dezoito diagonais, distribuídas entre o piso 0 e o piso 3. Em função da disposição das diagonais foram definidos alguns alinhamentos segundo as duas direções, que em alguns casos tinham continuidade vertical.

Na Figura 3-6 apresentam-se as diagonais existentes segundo a direção XX (paralela à fachada principal). Segundo essa direção existiam sete diagonais, quatro das quais em paredes exteriores, divididas entre os pisos 1, 2 e 3. As restantes três diagonais estavam dispostas nos pisos 1 e 2.

O alinhamento 1 era constituído por três diagonais, distribuídas entre os pisos 2 e 3. Ao nível do piso 2, o alinhamento (X1.2) era formado por uma única diagonal, que se desenvolvia em direção ao alçado lateral direito. No piso 3 o alinhamento (X1.3) era composto por duas diagonais dispostas de forma convergente, sem no entanto se tocarem. A disposição das diagonais reflete a necessidade de contraventar essa parede, que recebia cargas provenientes da estrutura de cobertura.

O alinhamento 2 possuía diagonais que se desenvolviam entre os pisos 1 e 2, sendo que, no piso 2, era definido por duas diagonais localizadas nas extremidades de uma parede de tabique, com disposição idêntica ao observado em X1.3. Refira-se que sobre esta parede apoiavam vigas de suporte do pavimento do piso 2, fazendo desta uma parede resistente. A disposição das diagonais teria a função de contraventamento da estrutura, assim como a de “encaminhar” as cargas para a alvenaria de pedra (existente sob a diagonal exterior) e também para a parede de tabique (existente sob a diagonal interior) onde se desenvolvia o alinhamento Y2.0.

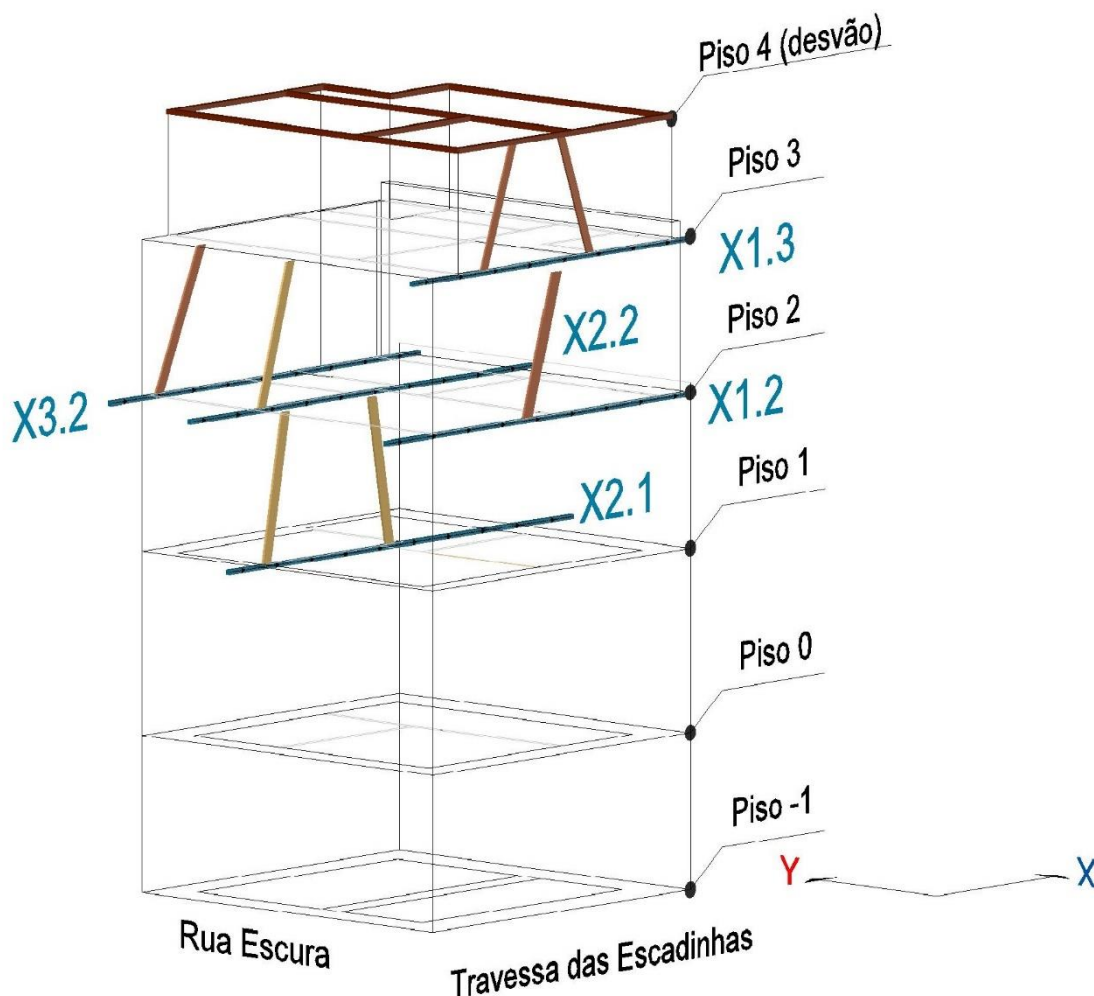


Figura 3-7: Disposição 3D das diagonais segundo a direção XX, do Ed.1

No piso 2, a diagonal existente no alinhamento X2.2, não apresentava continuidade relativamente a X2.1 e, contrariamente a esta, não era definida por um par de diagonais, possivelmente por constrangimentos arquitetónicos do edifício, nomeadamente pela existência de uma abertura numa das extremidades.

Por último, o alinhamento 3 era constituído por uma única diagonal situada no piso 2 (X3.2).

Curiosamente ao nível do piso 2, os três alinhamentos apresentavam uma única diagonal e todas elas se iniciavam junto ao alçado lateral esquerdo do edifício.

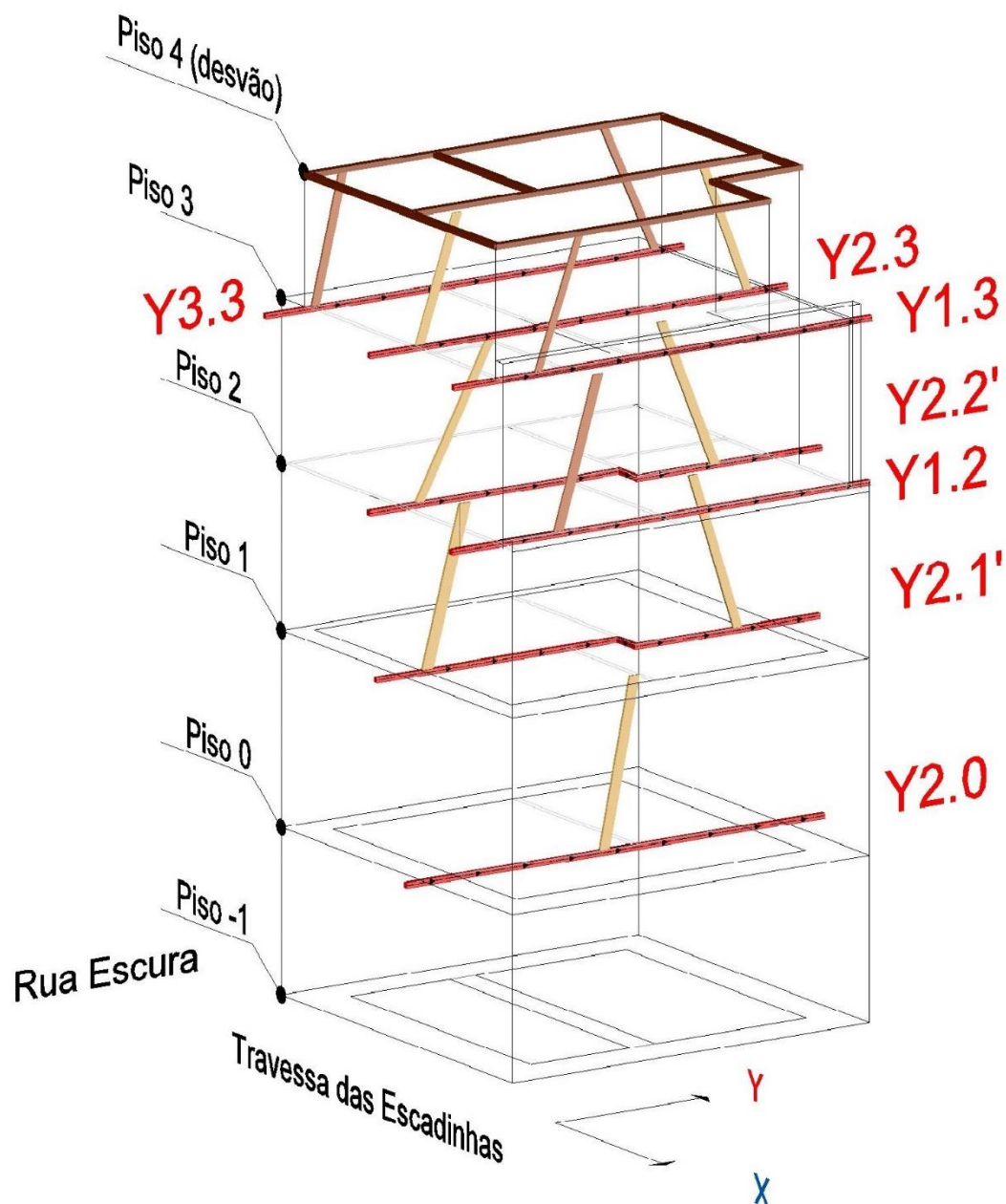


Figura 3-8: Disposição 3D das diagonais segundo a direção YY, do Ed.1

Na direção YY (Figura 3-7), contabilizaram-se onze diagonais, três das quais em paredes exteriores. O alinhamento Y2, desenvolvia-se desde o piso 0 até ao piso 3, integrando um total de sete diagonais.

A diagonal existente em Y2.0, tal como já foi referido, teria como principal finalidade, suportar as ações vindas de uma das diagonais de X1.1.

Os alinhamentos Y2.1' e Y2.2', embora com ligeiros desfasamentos entre as suas extremidades, tinham indubitavelmente um papel importante no contraventamento da estrutura. Ambos os alinhamentos eram compostos por duas diagonais, situados nos topos da parede e dispostos de forma convergente. Na zona mais próxima da Travessa das Escadinhas (alçado principal), serviam de apoio intermédio aos pavimentos dos pisos 2 e 3

respetivamente, enquanto na parte mais afastada, delimitavam e serviam de suporte à estrutura da caixa de escadas.

O alinhamento Y2.3 era em tudo semelhante aos mencionados no parágrafo anterior, diferindo apenas no facto de não existir qualquer desfasamento ao longo do seu desenvolvimento longitudinal.

O alinhamento Y2 desenvolvia-se entre os pisos 2 e 3 do alçado lateral direito do edifício, com uma diagonal em cada um dos pisos, dispostas em direção ao alçado posterior do edifício. As duas diagonais não apresentavam continuidade ao longo do plano vertical.

O alinhamento Y3 era constituído por duas diagonais localizadas nas extremidades da parede lateral esquerda do piso 3 do edifício. Uma vez que sob esta parede apenas existia uma viga, a disposição destas diagonais poderia servir simultaneamente de travamento da estrutura e ainda como forma de encaminhar as cargas para as paredes do alçado principal e posterior do piso 2, que se encontravam fundadas sobre alvenaria de pedra.

#### **3.3.2.2 Edifício 2**

O Ed.2 caracteriza-se por ser um edifício em banda. Crê-se que este fato condicionou a colocação dos elementos diagonais como será explicado. É de realçar que a esmagadora maioria das diagonais existentes neste edifício estavam dispostas ao longo da direção mais exposta aos esforços horizontais, denotando que a sua localização era escolhida com critério.

Neste edifício observam-se vários casos distintos de diagonais que se iniciam, não ao nível de casa piso mas a partir ou até a um nível intermédio, onde se situam frechais. Crê-se que o imóvel teria um determinado pé direito e que foi alvo de obras de ampliação em altura. O nível dos frechais seria o nível da cobertura inicial.

No Ed.2, existiam, segundo a direção XX (ver Figura 3-8), um total de onze diagonais, perfazendo um total de cinco alinhamentos verticais.

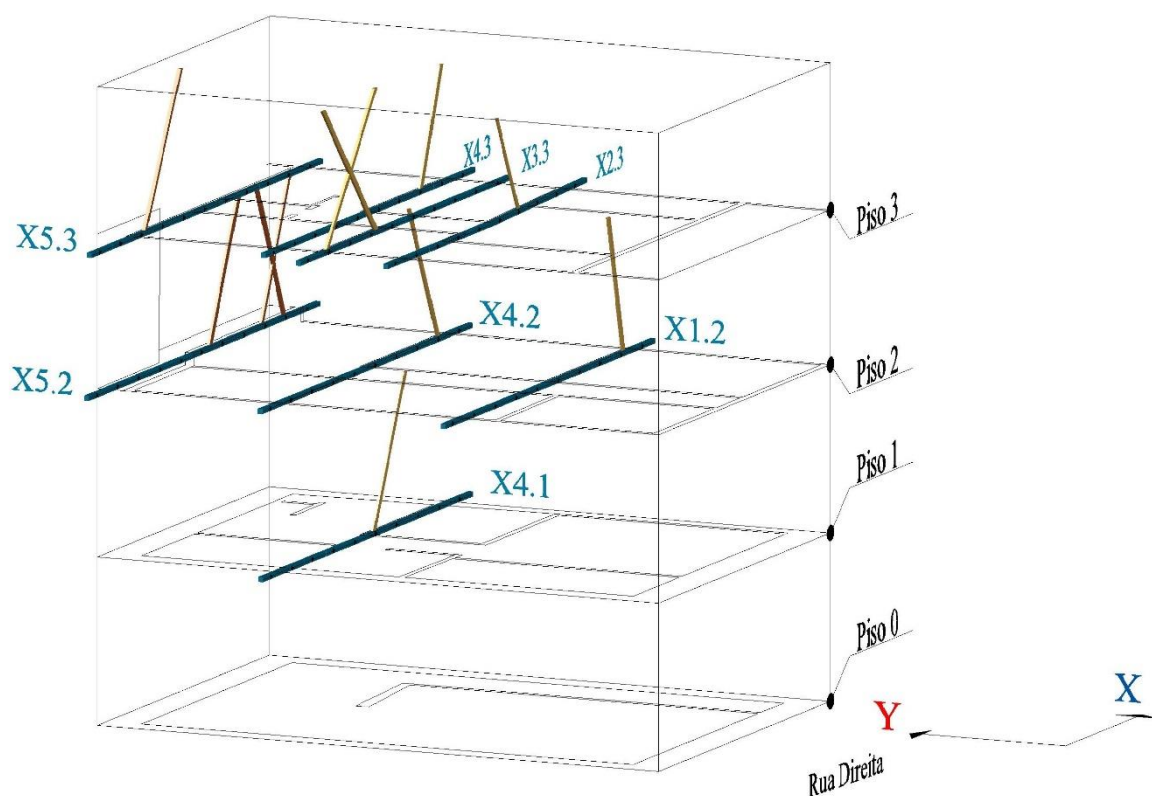


Figura 3-9: Disposição 3D das diagonais segundo a direção XX, do Ed.2

O primeiro alinhamento (X1.2) era constituído por uma única tábua, ao nível do piso 2, com arranque junto à parede de tabique do alçado lateral direito. O segundo alinhamento era igualmente constituído por uma única diagonal (X2.3), que se desenvolvia na zona central da parede onde estava inserida. Refira-se ainda que contrariamente à maioria das diagonais, que se desenvolviam ao longo de todo o pé direito do piso onde estavam inseridas, esta terminava a 1,70m do pavimento. O terceiro alinhamento, existente apenas no piso 3, era composto por duas diagonais, dispostas em cruz (tesoura). Essa parede estava localizada na zona de apoio da estrutura de cobertura, sugerindo que a disposição das diagonais serviria como reforço da parede onde estavam inseridas. O alinhamento X4, composto por três diagonais, desenvolvia-se desde o piso 1 até ao piso 3, ao longo das várias paredes que delimitavam a caixa de escadas. As diagonais dos pisos 1 e 3 desenvolviam-se em direção à parede do alçado lateral direito, tendo a diagonal do piso 2 o seu topo inferior junto a essa parede e o seu desenvolvimento de sentido contrário às outras duas, sem no entanto haver encontros dos topos desses elementos. Uma vez que as caixas de escadas são elementos particularmente complexos em estruturas deste tipo, supõe-se que estas diagonais tivessem como principal função o contraventamento desta zona da estrutura, particularmente sensível. Por último, o alinhamento X5, desenvolvia-se na fachada posterior, mais concretamente nos pisos 2 e 3, sendo constituído por quatro diagonais. Esta zona do edifício, estabelecia a transição entre o núcleo principal da estrutura (representada nas Figura 3-7 e 3-8) e uma zona secundária que aparentava ter sido

construída posteriormente e de forma menos cuidada. Três das diagonais desenvolviam-se no piso 2, duas delas formando uma cruz (tesoura), sugerindo o propósito de contraventar a estrutura. Ao nível do piso 3, apenas foi observada uma diagonal, cujo arranque coincidia com o alçado lateral esquerdo do edifício.

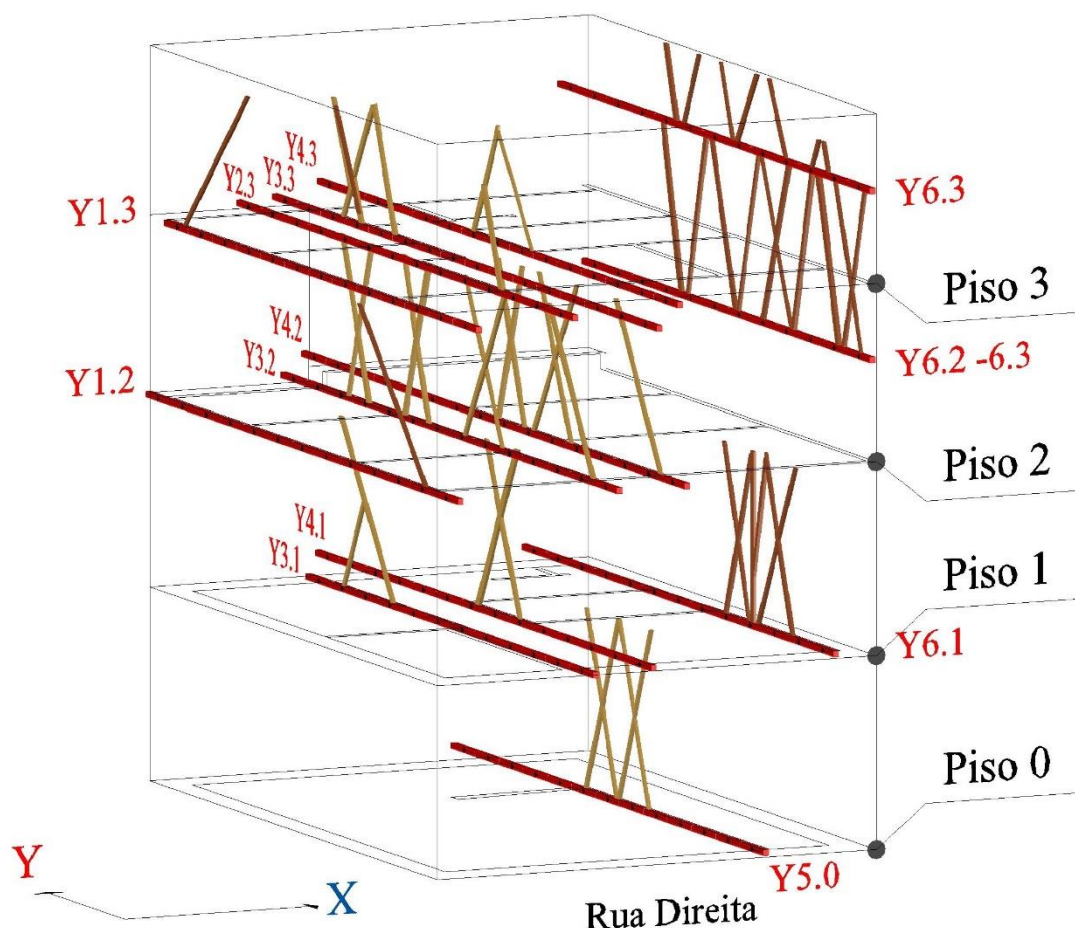


Figura 3-10: Disposição 3D das diagonais segundo a direção YY, do edifício 2

Na direção YY (ver Figura 3-9) foram encontradas um total de cinquenta e uma diagonais, dispostas ao longo de seis alinhamentos, observando-se uma enorme variedade de disposições desses elementos. Como se disse, o fato de ser um edifício em banda com empenas de alvenaria (paredes meeiras) de grande dimensão pode ter influenciado o construtor a colocar mais diagonais nesta direção, ajudando a contraventar o imóvel com maior eficácia.

O alinhamento Y1 é constituído por 3 diagonais, localizadas nos pisos 2 e 3. No piso 2, existia uma diagonal cujo arranque se localizava junto ao alçado principal. A extremidade oposta do alinhamento era em alvenaria de pedra, justificando a inexistência de uma diagonal nessa zona. No piso 3, as duas diagonais iniciavam-se próximas do alçado principal e posterior, com sentidos opostos, sendo que a sua disposição estava condicionada por dois frechais remanescentes de uma estrutura de cobertura outrora

existente ao nível deste piso. O alinhamento Y2 é constituído por uma única diagonal, colocada ao nível do piso 3. No entanto esta diagonal apenas se desenvolve ao longo de parte do pé direito. Os alinhamentos Y3 e Y4 desenvolviam-se ambos do piso 1 ao piso 3, numa zona central do edifício, contribuindo com um total de vinte e uma diagonais ao longo desse três pisos, sendo muito provavelmente os dois alinhamentos mais preponderantes no contraventamento do edifício, até porque se desenvolviam ao longo de todo o comprimento do imóvel. O alinhamento Y3, ao nível do piso 1, era constituído por duas diagonais, localizadas junto ao alçado posterior, uma das quais apenas se desenvolvia desde o pavimento até à zona de encontro com a diagonal oposta, formando um  $\lambda$  (Caso 16). No piso 2 foram identificadas sete diagonais, que formavam três tesouras, iniciando-se a diagonal remanescente junto ao alçado principal. No piso 3, contabilizaram-se três diagonais, localizadas junto ao alçado posterior, que serviriam de travamento à parede de tabique desse alçado e simultaneamente de reforço estrutural dessa zona. O alinhamento Y4 tal como o anterior, era constituído por duas diagonais ao nível do piso 1, que neste caso formavam uma cruz. No piso 2 existiam no total cinco diagonais, formando duas tesouras, situando-se a base da remanescente, à semelhança do que se verifica em Y3, junto ao alçado principal do edifício. Por último no piso 3 existiam duas diagonais, dispostas em ‘V’ invertido, no entanto, apenas se desenvolviam em parte do pé direito (Caso 9).

É de notar que estes dois alinhamentos em particular (Y3 e Y4) eram essenciais para a estabilidade da estrutura, pelo contraventamento que exerciam através das tesouras aí existentes mas também pela quantidade de cargas verticais que estavam afetas a estes.

O alinhamento Y5 apenas se desenvolvia no piso 0, era composto por quatro diagonais que formavam duas tesouras, estabelecendo um plano de contraventamento ao nível desse piso. O ultimo alinhamento (Y6) desenvolvia-se ao longo do alçado lateral direito, desde o piso 1 ao piso 3, diferenciando-se dos demais pela sua descontinuidade e pelo desenvolvimento dos seus elementos entre pisos. No piso 1 existiam cinco diagonais, cujo principal papel aparentava ser encaminhar de parte das cargas que duas enormes vigas do pavimento transmitiam a essa parede. Constatou-se que a parede de tabique onde se localizavam estas diagonais ocultava uma parede de alvenaria de pedra, que transitava ao longo do piso 1 para alvenaria de tijolo, sendo sobre estas que seria transmitido o grosso da carga proveniente das vigas mencionadas anteriormente. Esta situação acaba igualmente por justificar a descontinuidade mencionada.

No piso 2, a partir de uma cota de 1,65m acima do nível do pavimento, surgiam novamente diagonais, dispostas continuamente em ‘V’ (Caso 11) e pontualmente cruzadas por outras diagonais. A sua disposição teria um papel de travamento da estrutura e simultaneamente o encaminhamento das cargas verticais para a alvenaria de pedra existente sob a parede de tabique. O fato de estas se desenvolverem simultaneamente no piso 2 e 3 tem como justificação mais plausível uma de duas hipóteses: numa dada fase de construção, o pé direito estaria alinhado com o início e fim desses elementos, ou, na altura da construção dessa parede, entendeu-se que ao dispor as diagonais entre os dois pisos, estas teriam um

efeito benéfico ao nível do contraventamento em ambos. Por último, na metade superior do piso 3, surgiam novamente diagonais sendo que nem todas se desenvolviam ao longo do pé direito remanescente.

### **3.4 Ligações de paredes de tabique - Estudo, caracterização e pormenorização**

As paredes de tabique desempenhavam um papel fundamental do comportamento estrutural do edifício. Para além da sua caracterização geral, julga-se fundamental analisar a forma como elas se ligavam com a restante estrutura, nomeadamente com as paredes de alvenaria de pedra e com a estrutura dos pavimentos.

Da investigação realizada chegou-se à conclusão que existe uma grande variabilidade de tipos de apoio, nos seus limites inferior e superior. Embora a utilização de frechais seja a solução mais conhecida e nos edifícios estudados até a mais adotada, existem também outras soluções que importa dar a conhecer na perspetiva da criação de uma futura base de dados sobre paredes de tabique. Refira-se ainda que dentro das ligações com utilização de frechal existem diversos casos distintos.

Para melhor se entender o estudo realizado optou-se por subdividir a forma como as paredes se ligavam com a restante estrutura em ligações inferiores e ligações superiores.

De seguida descrevem-se as diversas situações encontradas complementadas através de fotografias e de esquemas 3D (sempre que possível). Nas situações em que foi possível medir as dimensões das peças aqui descritas apresentam-se tabelas com aos valores encontrados.

#### **3.4.1.1 Ligações Inferiores**

##### **3.4.1.1.1 Transição Tabique – Alvenaria**

O Caso 1 representa o apoio sem ligação de uma parede exterior de tabique sobre uma parede de alvenaria de pedra. Nesta situação a parede de alvenaria não estava regularizada (Figura 3-10), o que tornava inviável a colocação de um elemento de madeira que efetuasse a transição entre os dois tipos de parede e ao mesmo tempo servisse de fixação às tábuas verticais. A irregularidade da parede de alvenaria obrigou ainda a que as tábuas verticais fossem encurtadas e/ou recortadas.



Figura 3-11: Ligações inferiores entre tabique e alvenaria – Caso 1

No caso 2 (Figura 3-11) apresenta-se o apoio de uma parede de tabique interior sobre uma parede de alvenaria. Verificou-se que apesar de o topo superior da alvenaria estar regularizado e permitir a colocação de um elemento de transição (frechal ou caibro), essa situação não se verifica. A não inclusão de um elemento desse tipo pode justificar-se pelo facto de essa parede apresentar um diminuto desenvolvimento vertical.



Figura 3-12: Ligações inferiores entre tabique e alvenaria – Caso 2

A situação apresentada na Figura 3-12 foi identificada no alçado lateral esquerdo do Ed.2. À semelhança do caso anterior é relativo ao apoio de uma parede de tabique sobre uma parede de alvenaria, sendo que neste caso se verifica a utilização de um elemento de transição (caibro, frechal). Embora não tenha existido possibilidade de identificar a forma como esse elemento está ligado quer à alvenaria quer às tábuas verticais, presume-se que esteja simplesmente apoiado sobre a alvenaria e que as tábuas verticais estejam fixas a este através da utilização de conectores mecânicos.

Caso 3 – Apoio em Alvenaria regular com elemento de transição



Figura 3-13: Ligações inferiores entre tabique e alvenaria – Caso 3

Nesta situação (Caso 4 – Figura 3.13) verificou-se a existência de dois caibros a delimitar a alvenaria de pedra, sendo que a parede de tabique e o caibro exterior estavam ligados por conectores mecânicos dispostos nas suas tábuas verticais. A distância entre os dois caibros era preenchida por alvenaria solta. Sob esta camada encontrava-se oculto um elemento de madeira que ligava o frechal de uma parede de tabique transversal ao caibro exterior, presumindo-se que se tratasse de uma ligação de reforço que visava impedir a rotação da parede para o exterior. Refira-se ainda que a parede de tabique que se desenvolvia sobre a alvenaria também estava fixa através de conectores à parede exterior.

Caso 4 - Apoio em alvenaria regular com duplo elemento de transição

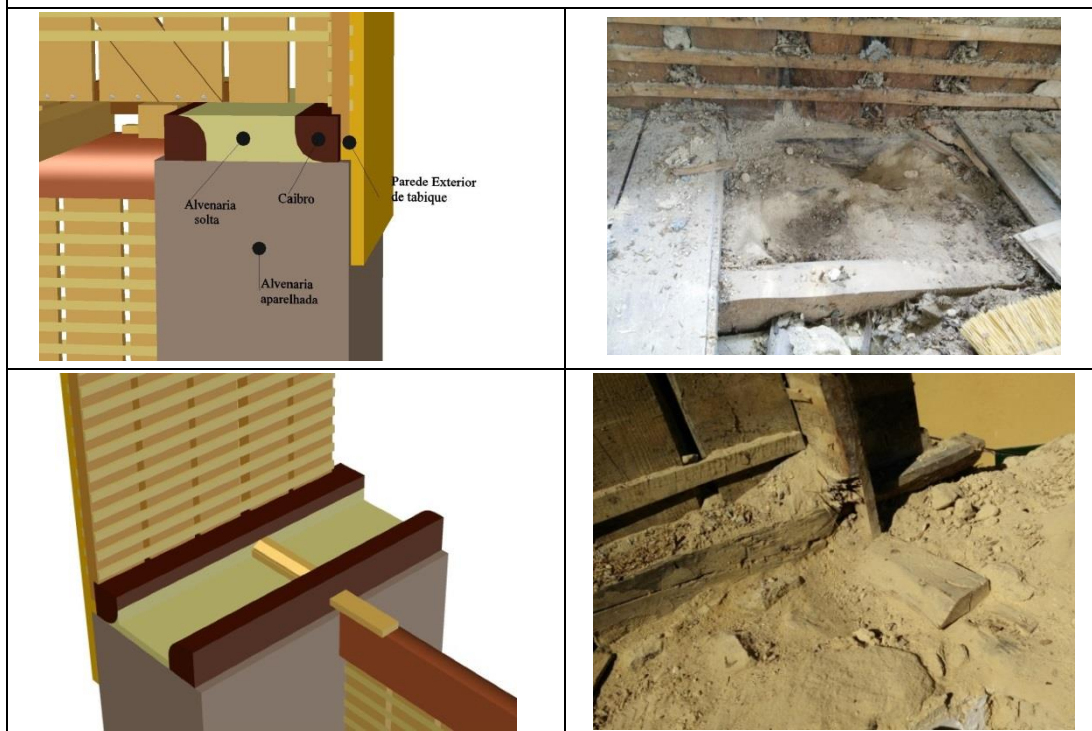


Figura 3-14: Ligações inferiores entre tabique e alvenaria – Caso 4

### 3.4.1.1.2 Transição Tabique – Tabique

Quando as paredes de tabique se desenvolvem em mais que um piso e há continuidade vertical, a solução invariavelmente observada foi a fixação com conectores metálicos das tábuas verticais da parede superior no frechal existente sob estas (Figura 3-14).

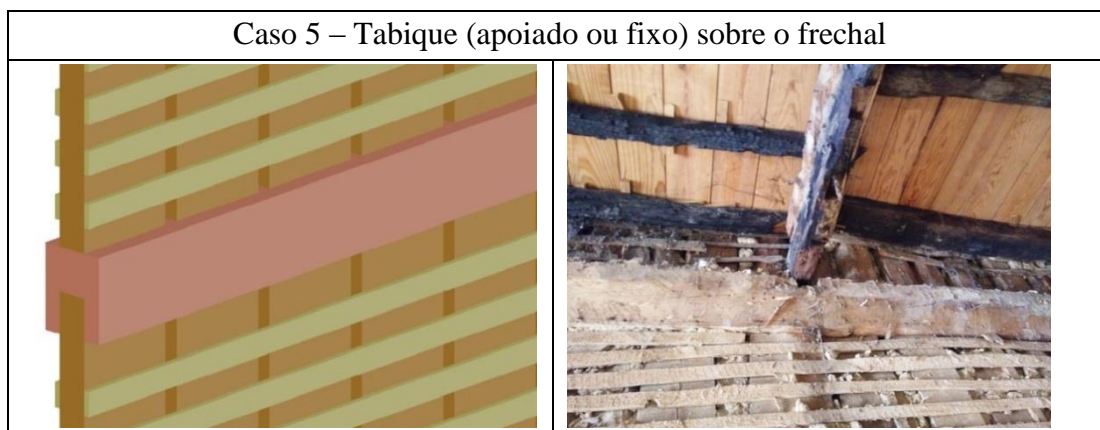


Figura 3-15: Ligações inferiores tabique-tabique – Caso 1

### 3.4.1.1.3 Apoio a vigas de pavimento ou outros elementos

Nas paredes de tabique sob as quais não existia nenhuma parede, fosse ela de tabique ou de alvenaria, obrigava à aplicação de outro tipo de soluções para estabelecer a ligação dos tabiques à estrutura existente sob si.

A situação apresentada no caso 6 (Figura 3-15), verificou-se em algumas paredes que tendo dimensões consideráveis e estando situadas em pisos elevados, não tinham sob si qualquer tipo de parede. Essa situação implicava que estas paredes apoiassem sobre uma viga que se desenvolvia na mesma direção, ou em alternativa sob uma zona onde a concentração de vigas perpendiculares à parede, fosse tal que a existência dessa parede não fosse problemática.

Por vezes eram ainda utilizados caibros entre as vigas perpendiculares à parede de modo a impedir que estas sofressem rotações. Refira-se ainda que o soalho não era interrompido nestas situações.

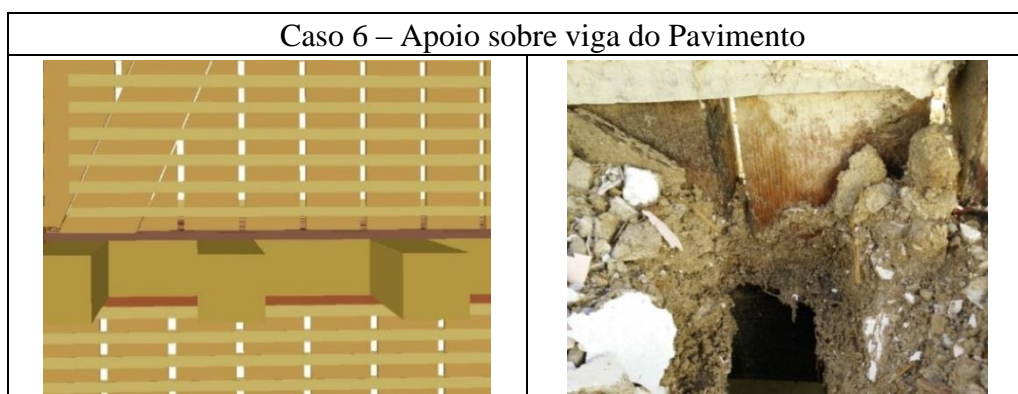


Figura 3-16: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 6

O caso 7 (Figura 3-16) representa uma situação observada em paredes que pela dimensão reduzida não teriam influência no comportamento global da estrutura. Esta ligação consistia na fixação de um elemento de secção reduzida ao pavimento, onde por sua vez as tábuas verticais eram fixas através de conectores metálicos.



Figura 3-17: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 7

A situação retratada no caso 8 (Figura 3-17) foi um aspeto construtivo particularmente observado nas paredes do Ed.3. Em suma, na zona onde estavam aplicadas algumas paredes de tabique, existia um rasgo que abrangia parte do comprimento total da parede e profundidade podia coincidir com a espessura do desvão (cerca de 20 cm) entre pisos existente sob esta. Refira-se ainda que o encaixe no rasgo era a única fixação que as tábuas verticais contidas no mesmo possuíam.



Figura 3-18: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 8

O Caso 9 (Figura 3-18) consistia na existência de um elemento de transição entre as tábuas verticais de uma parede interior de tabique e a estrutura do pavimento existente sob estas. O elemento servia de fixação às tábuas verticais que estavam pregadas a este e permitia às

vigas do pavimento desenvolver-se sob rasgos existentes na parte inferior do mesmo. Uma vez que a parede em causa tinha dimensões significativas, e o apoio no frechal inferior se encontrava parcialmente obstruído pelas vigas que se desenvolviam perpendicularmente esta solução revelou-se particularmente engenhosa.

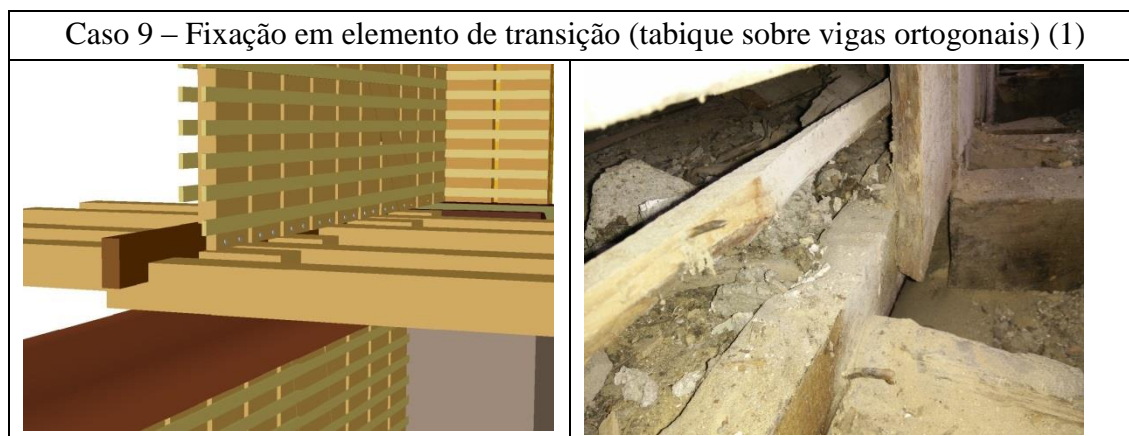


Figura 3-19: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 9

No caso 10 (Figura 3-19) apresenta-se a ligação inferior de uma parede exterior de tabique onde novamente as tábuas verticais era fixas por pregagem a um elemento de madeira. No entanto, neste caso a base das tábuas verticais contactava diretamente com as vigas ortogonais, presumindo-se que a função do elemento onde as tábuas verticais eram fixas fosse de solidarizar esses elementos e conferir um suporte mais estável que as próprias vigas.

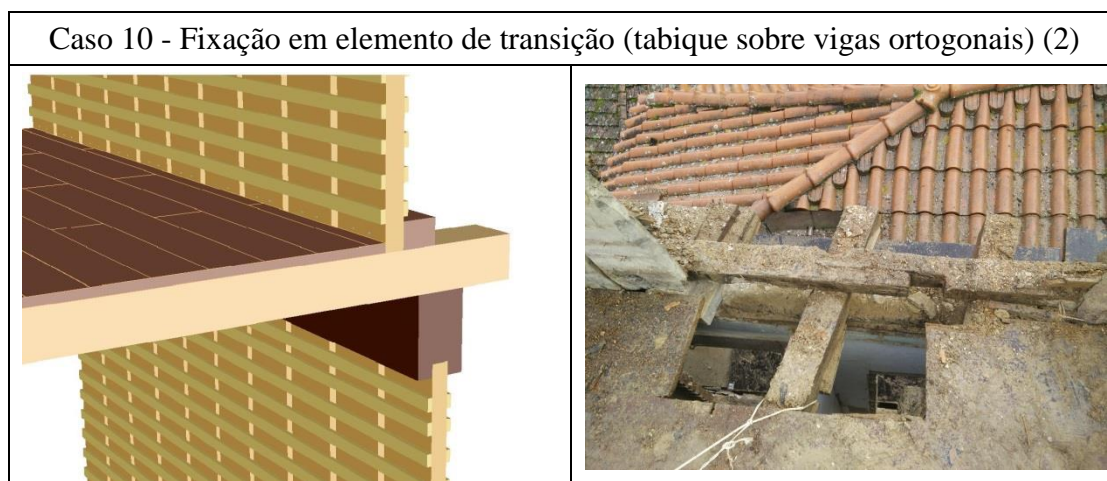


Figura 3-20: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 10

O caso 11 (Figura 3-20) era muito semelhante ao anterior, diferindo unicamente na posição das tábuas verticais, que em vez de apoiarem nas vigas transversais e serem fixas na lateral do elemento de madeira, apoiavam diretamente neste, que por sua vez estava assente sobre vigas que se desenvolviam ortogonalmente em relação à parede.

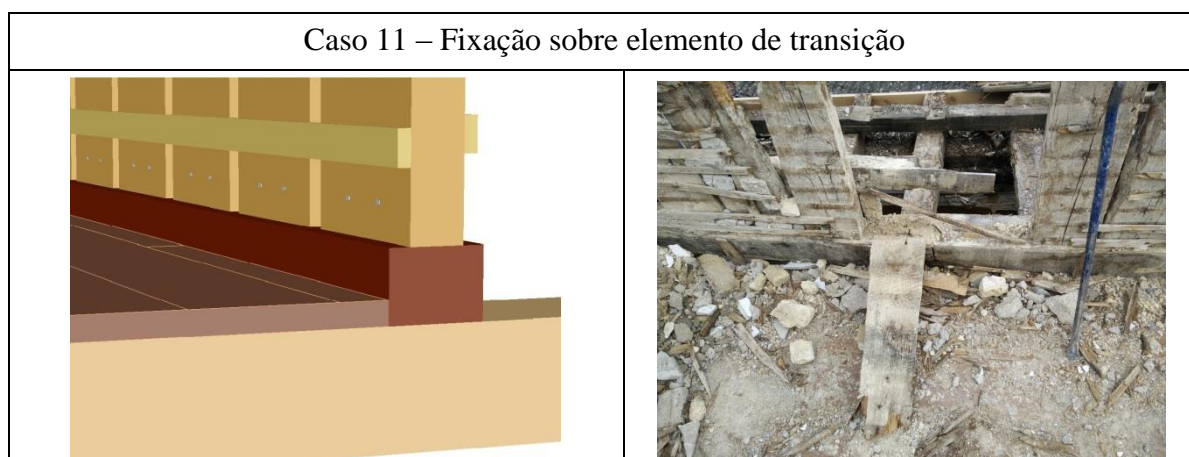


Figura 3-21: Ligações inferiores de tabique a vigas ou outros elementos - Caso 11

### 3.4.1.2 Ligações Superiores

Apresentam-se de seguida os diferentes casos encontrados nas ligações superiores de paredes de tabique.

#### 3.4.1.2.1 Sem ligação

Foram muito poucas as paredes observadas que se enquadravam nesta situação. Uma das exceções é o caso apresentado na Figura 3-21, que trata uma parede de tabique que oculta uma parede de alvenaria, onde apoiavam as vigas que aparentam apoiar sobre o tabique. Por falta de um elemento capaz de solidarizar as tábuas verticais na sua fronteira superior (frechal), não é de crer que paredes com esta configuração tenham um bom comportamento quando sujeitas a cargas verticais elevadas.

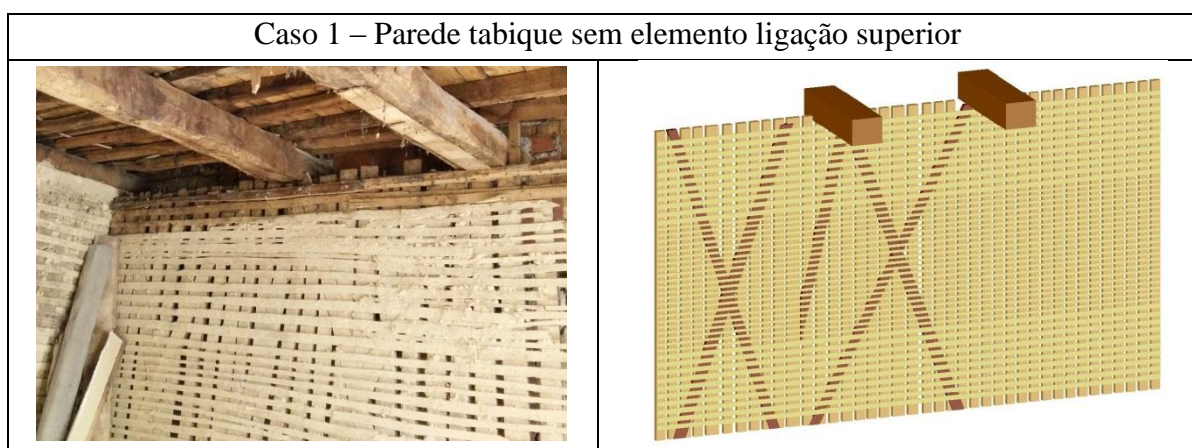


Figura 3-22: Ligações superiores - tabique sem ligação - Caso 1

### 3.4.1.2.2 Ligação a frechal

Este tipo de ligação foi observado sobretudo no Ed.2, em situações em que eram utilizados frechais a meio piso. A única ligação entre esse elemento e as tábuas verticais eram pregos, normalmente dois por cada tábua (ver Figura 3-22).

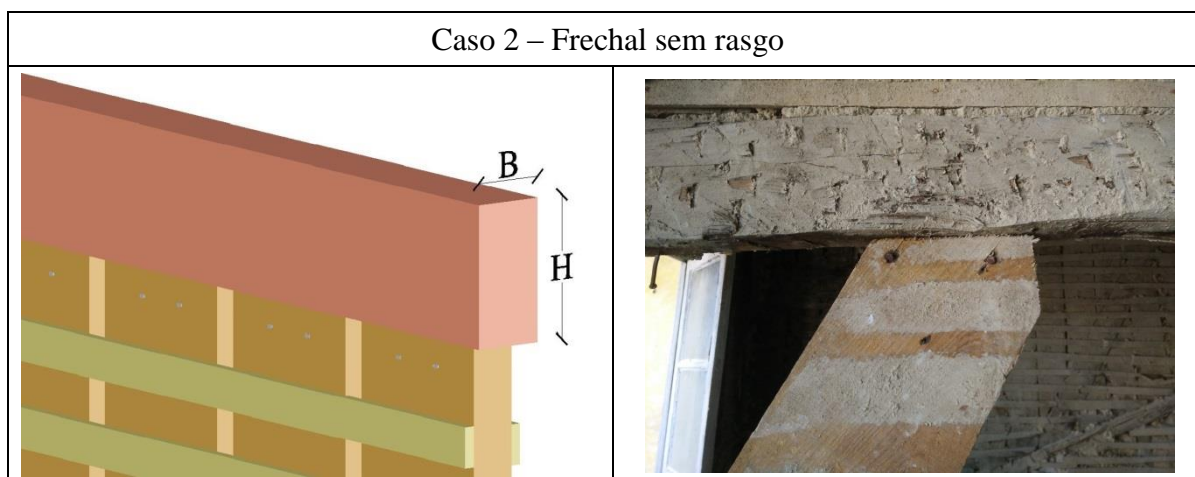


Figura 3-23: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 2

A utilização de frechais com rasgo contínuo verificou-se essencialmente nas paredes do Ed.1 (Travessa das Escadinhas) e do Ed.3 (Praça D. Duarte). Para além do encaixe das tábuas no rasgo a ligação era culminada com pregos que uniam esses elementos. Nalguns casos as arestas da face superior do frechal encontravam-se facejadas. As dimensões da secção transversal dos vários tipos de frechal medidos que se enquadram nesta configuração apresentam-se na Tabela 3-37. Uma vez que o frechal do caso 7 tem uma configuração deste tipo apresentam-se igualmente as suas dimensões.

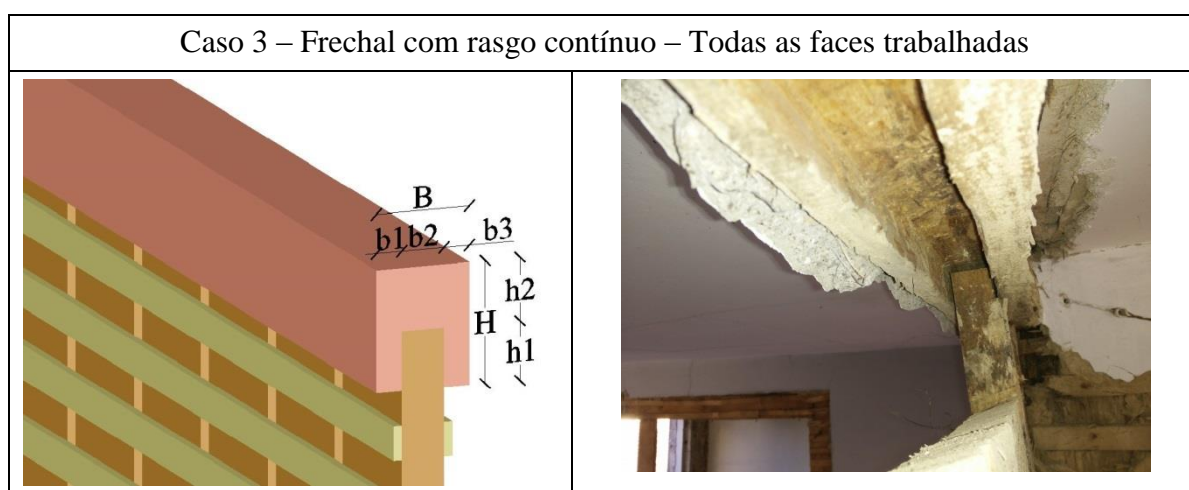


Figura 3-24: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 3

Tabela 3-37: Dimensões dos frechais – Caso 3

	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
B (cm)	13,72	1,97	14,35
b1 (cm)	4,30	0,52	12,16
b2 (cm)	4,85	1,00	20,71
b3 (cm)	4,57	1,04	22,78
H (cm)	16,60	2,70	16,24
h1 (cm)	5,00	0,51	10,20
h2 (cm)	11,60	2,54	21,94

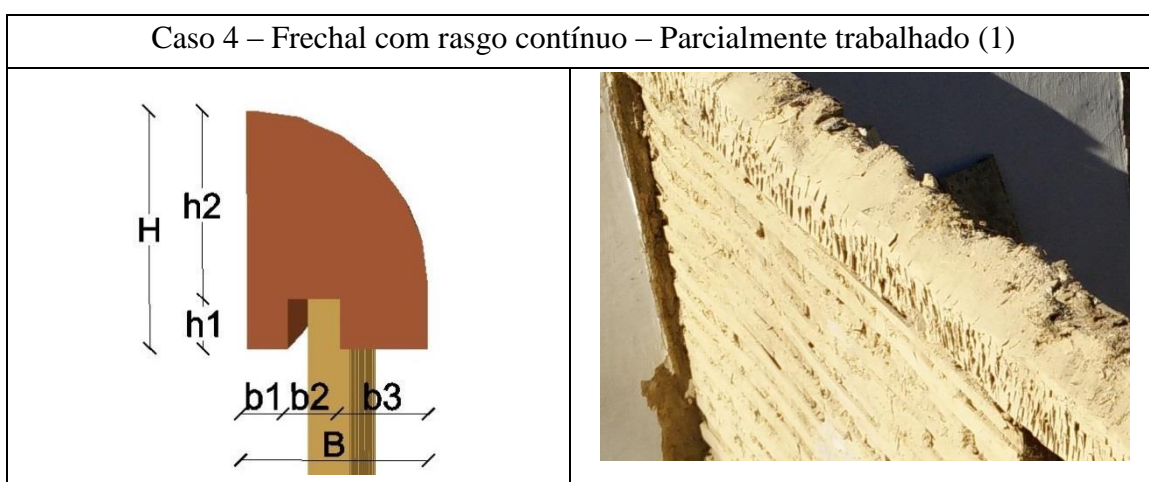


Figura 3-25: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 4

O frechal apresentado no caso 4 tinha um formato semelhante a um quarto de círculo. A face do rasgo e a face lisa foram preparadas. A face curva apresentava pequenos rasgos na zona inferior, possivelmente para tornar a sua superfície mais aderente. As dimensões da secção transversal do frechal apresentam-se na Tabela 3-38.

Tabela 3-38: Dimensão do frechal – Caso 4

B (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	H (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)
14,6	3,3	4,2	7,1	19,1	4,0	15,1

O caso 5 (Figura 3-25) retrata outro dos frechais trabalhados encontrados nos edifícios estudados. Este funcionava como apoio a meio vão de vigas do pavimento, e o seu formato aparentava ter sido criado para otimizar o encaixe das vigas nesse elemento. Por sua vez as tábuas verticais eram encaixadas no rasgo. As dimensões da secção transversal do frechal apresentam-se na Tabela 3-39.

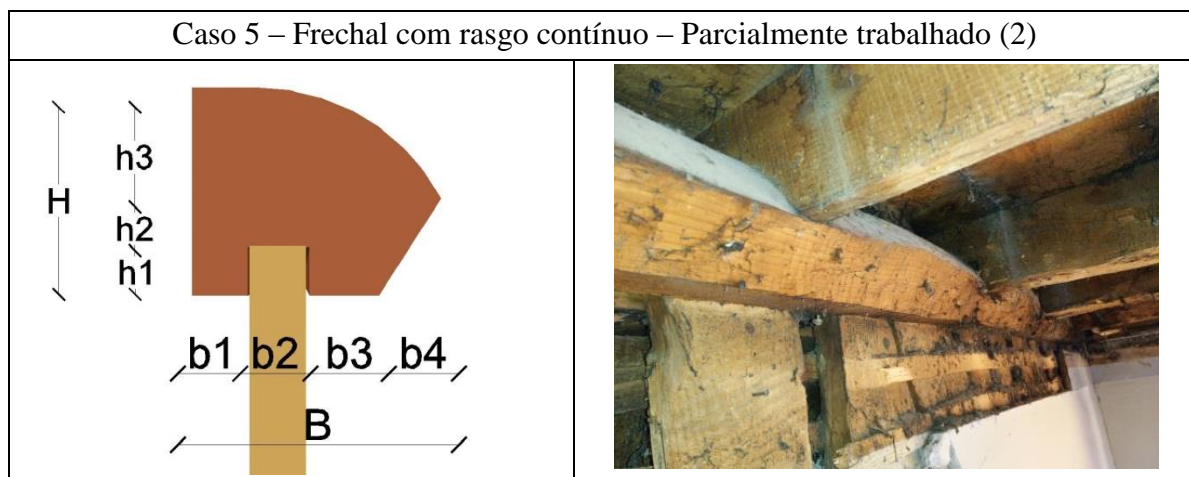


Figura 3-26: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 5

Tabela 3-39: Dimensão do frechal – Caso 5

B (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b4 (cm)	H (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)
18,0	4,0	4,5	5,0	4,5	15,0	3,5	3,5	8,0

O frechal do caso 6 (Figura 3-26) foi observado predominantemente no Ed.2 (Rua Direita nº275) e em menor número no Ed.3 (Praça D. Duarte). A sua secção transversal era retangular, com todas as faces trabalhadas, e a sua principal particularidade tinha que ver com o tipo de rasgo do elemento, que ao invés de ser contínuo, consistia num conjunto de incisões pontuais intercaladas por zonas sem rasgo. A cada orifício correspondia o encaixe para uma tábuas vertical, sendo que quando esta tinha uma secção superior à secção do orifício era talhada de modo a possibilitar o encaixe.

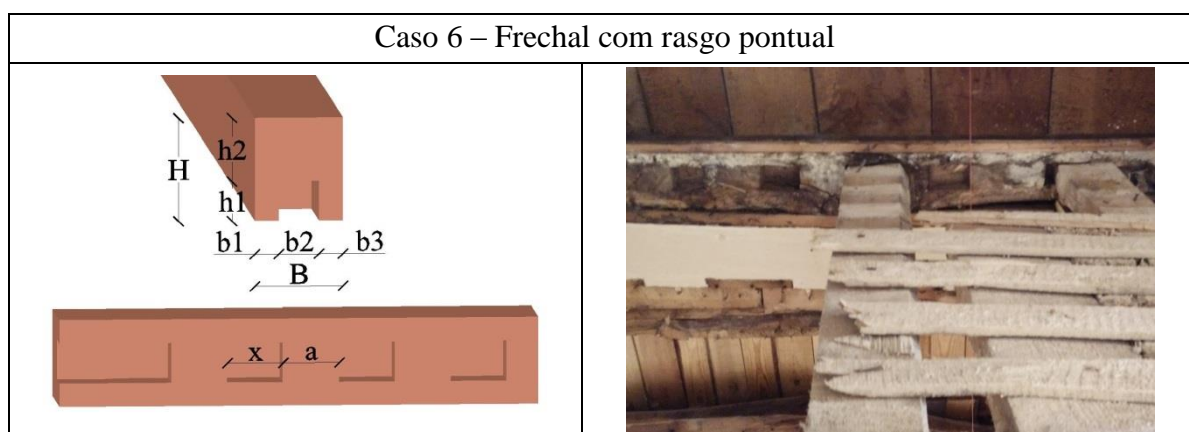


Figura 3-27: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 6

Este tipo de frechal (caso 7 – Figura 3-27) diferencia-se dos demais por o rasgo apenas se encontrar delimitado de um dos lados. No único caso observado a espessura do rasgo era menor que a das tábuas verticais, tendo estas sido talhadas no topo para a sua face coincidir com a do frechal. Tal como no caso 1 os pregos eram os únicos elementos de fixação entre as tábuas e o frechal.

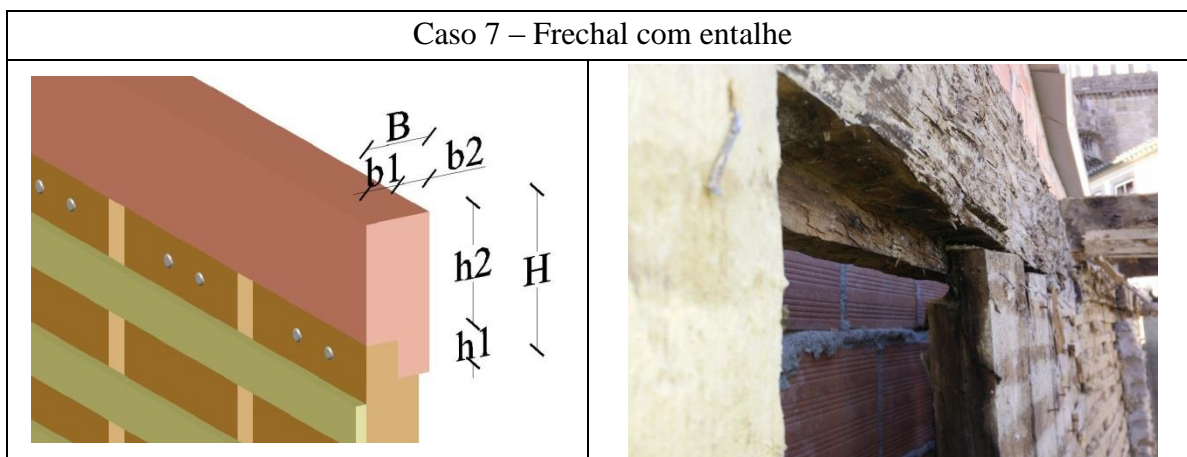


Figura 3-28: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 7

No caso 8 retrata-se uma situação particular observada na ligação entre a parede dupla existente no Ed.3 e o respetivo frechal. O frechal em questão tinha uma seção transversal retangular e rasgo contínuo. Constatou-se que apenas a fiada de maior espessura encaixava no rasgo do frechal, limitando-se a fiada menos espessa a apoiar numa das suas orlas (ver Figura 3-28). Para além do encaixe no frechal a fiada de maior espessura era ainda fixa ao frechal por pregagem ascendente.

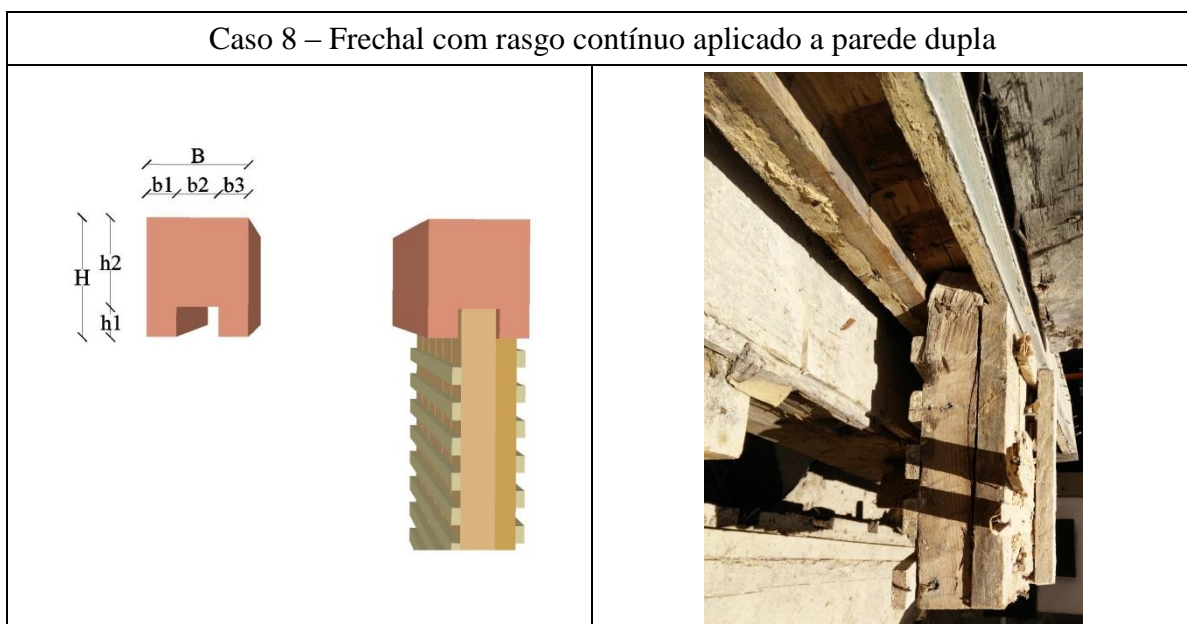


Figura 3-29: Ligações superiores: tabique ligado a frechal - Caso 8

### 3.4.1.3 Ligações com conectores ou chapas metálicas

No estudo desenvolvido observou-se a utilização de chapas metálicas como elemento de ligação (principal ou complementar) entre as paredes de tabique e outros elementos estruturais, nomeadamente paredes de alvenaria de pedra e estrutura do pavimento. A presença destas chapas não era homogénea, isto é, nem sempre se recorria a este tipo de ligação. Quando não eram utilizadas chapas metálicas verificava-se uma de duas situações,

ou existiam pregos que ligavam a outra através da tábuca vertical extrema de uma das paredes, ou pura e simplesmente não existia qualquer tipo de ligação nessa zona. Em todos os edifícios estudados existiam chapas metálicas, no entanto foi no Ed.3 que se encontrou maior quantidade e diversidade desses elementos. É de salientar que apenas se constatou a utilização de chapas em paredes de tabique exteriores ou que eram perpendiculares e contíguas a elementos da vertente exterior do respetivo edifício. Verificou-se ainda que as chapas metálicas tinham um formato predominante em 'L'.



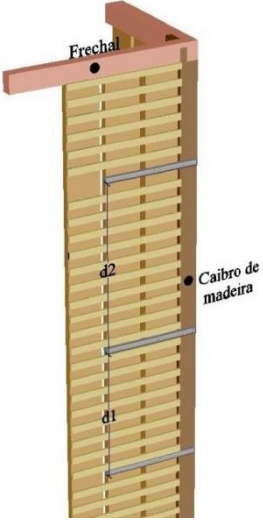
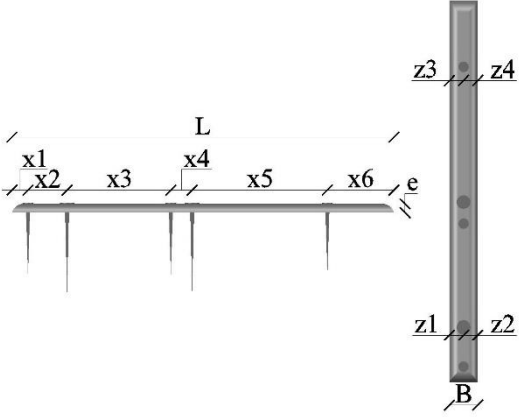
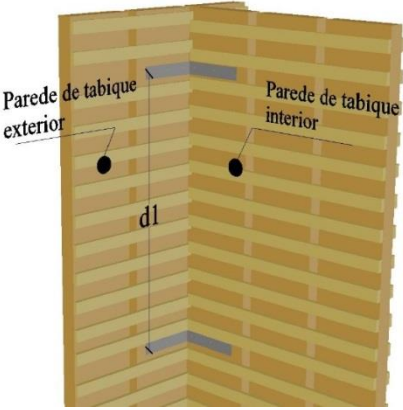
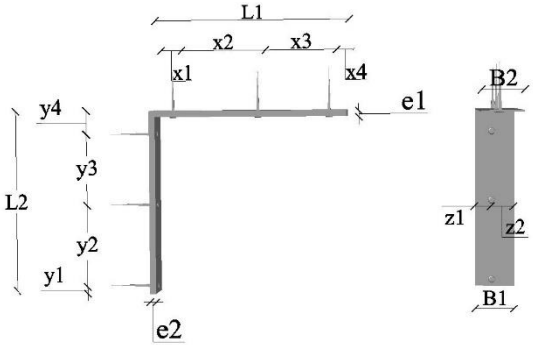
Por se julgar que estas ligações desempenhavam um papel fundamental no comportamento estrutural dos edifícios foi realizado um estudo completo das mesmas. Para isso, elas foram caracterizadas geometricamente e espacialmente. A maioria das chapas era resultante de um processo de forjagem, assim como os conectores metálicos que as fixavam aos tabiques. Assim dividiram-se as ligações em 4 casos distintos. Apresentam-se de seguida os pormenores cotados das várias situações observadas e as tabelas com as suas dimensões. Refira-se que as dimensões  $x$ ,  $y$  e  $z$  representam as distâncias entre furos (eixo) e/ou extremidades existentes nas dimensões  $L1$ ,  $L2$  e  $B1$  e/ou  $B2$  respetivamente. As incógnitas  $e1$  e  $e2$  indicam as espessuras da respetiva face. Por último  $\phi$  (não representado nos pormenores) representa o diâmetro dos furos existentes nas chapas.

#### **3.4.1.3.1 Ligação de paredes de tabique ortogonais**

Neste caso de estudo (Quadro 3-5) as chapas metálicas ligavam as tábuas verticais de duas paredes de tabique. Geralmente era utilizada mais do que uma peça, sendo o espaçamento entre elas de cerca de 70 cm. Encontraram-se dois tipos de configurações, uma em forma de L e outra retangular. Em ambos os casos as chapas apenas se utilizavam num dos lados da ligação.

No caso 1 apresentam-se duas paredes de tabique ortogonais que não têm qualquer ligação entre si. Um dos aspetos que por norma denuncia a inexistência de qualquer ligação é a ininterrupção do fásquio na zona de encontro das duas paredes de tabique. No caso 2, os conectores metálicos (pregos) eram aplicados pontualmente (nos casos observados eram utilizados 3 a 4 pregos ao longo do pé direito da parede), ligando as duas paredes através das tábuas verticais. No caso 3 (Figura 3-29.b)) as chapas e os pregos resultaram de um processo de forjagem, existindo cinco orifícios com dois diâmetros ( $\phi$ ) diferentes, embora em duas das chapas não estivessem todos preenchidos. Por sua vez no caso 4 (Figura 3-29.a)) os conectores metálicos (três por cada face) e as próprias chapas eram de origem fabril sendo as últimas bastante maleáveis (espessura de 1mm).

Quadro 3-5: Ligação de paredes de tabique ortogonais – Casos observados

Caso 1	Caso 2
	
Caso 3	
	
Caso 4	
	

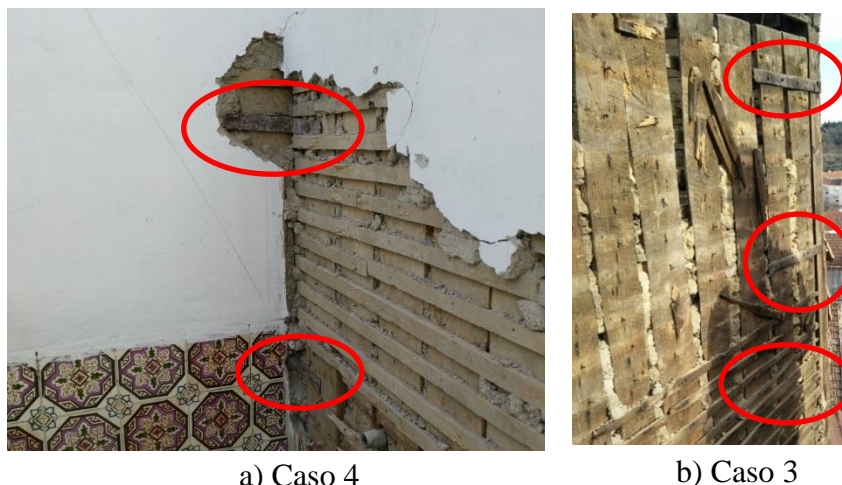


Figura 3-30: Ligação de paredes de tabique ortogonais: Caso 1 e Caso 2

Tabela 3-40: Dimensões das chapas – Caso 3

L (cm)	B (cm)	e (cm)	x1 (cm)	x2 (cm)	x3 (cm)	x4 (cm)	x5 (cm)	x6 (cm)
43	3,2	1	1,8	4,4	11,7	2,4	15,2	7,5

Tabela 3-41: Outras dimensões – Caso 3

$\phi 1$ (mm)	z1 (cm)	z2 (cm)	$\phi 2$ (mm)	z3 (cm)	z4 (cm)	d1 (cm)	d2 (cm)
14	16	16	10	16	16	55,2	72

Tabela 3-42: Dimensões das chapas – Caso 4

L1 (cm)	B1 (cm)	e1 (cm)	x1 (cm)	x2 (cm)	x3 (cm)	x4 (cm)	L2 (cm)	B2 (cm)	e2 (cm)	y1 (cm)	y2 (cm)	y3 (cm)	y4 (cm)
15,85	3,2	0,1	1,65	6,9	5,8	1,4	14,75	3,2	0,1	0,55	6,6	5,7	1,9

Tabela 3-43: Outras dimensões – Caso 4

$\phi$ (mm)	z1 (cm)	z2 (cm)	d1 (cm)
6	1,4	1,8	70

Apesar de não estarem representados na Figura correspondente (Caso 2),  $\phi 1$  e  $\phi 2$  correspondem aos orifícios de maior e menor diâmetro respectivamente, cuja diferença de diâmetro é notada ao observar atentamente o pormenor correspondente.




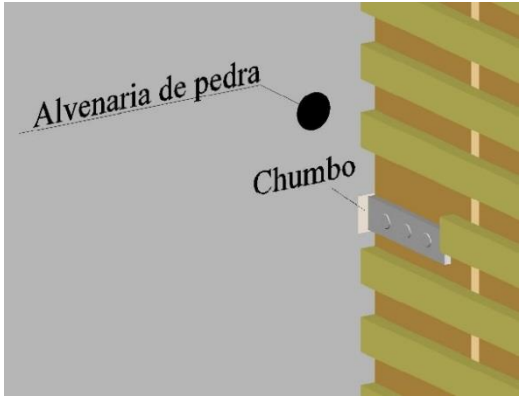
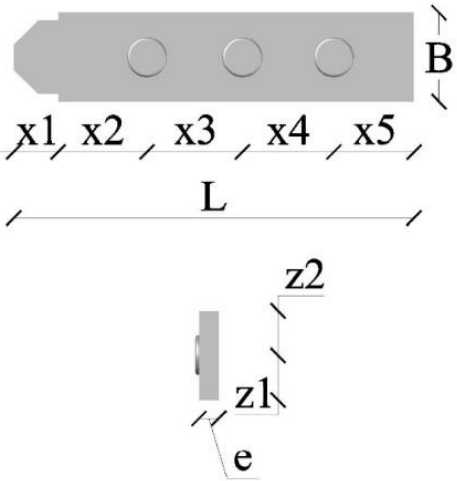
### 3.4.1.3.2 Ligação a paredes de alvenaria de pedra ortogonais

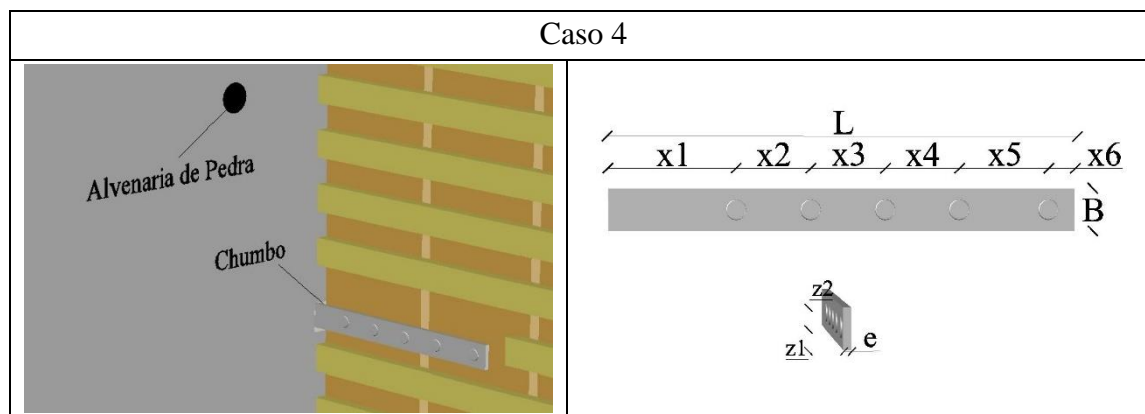
Este tipo de ligação (Quadro 3-6) era normalmente consumado com uma chapa em cada face da parede de tabique, sendo que não se verificou haver particular preocupação com a sua localização em relação à altura da parede de tabique. À semelhança do que se passava na ligação entre paredes de tabique ortogonais, também neste caso foram observadas situações em que não existia ligação efetiva entre as paredes.

No caso 1 apresenta-se a zona de encontro entre uma parede de tabique e uma parede de alvenaria em que o tabique apenas está adossado à alvenaria. No caso 2 verifica-se o prolongamento do fasquio nas zonas onde existiam reentrâncias na alvenaria (zona das juntas) promovendo uma ligação tosca entre as duas paredes. Nos casos 3 e 4 as chapas eram fixas à alvenaria por um processo de chumbagem. As chapas e os conectores metálicos de ambos os casos resultaram de um processo de forjagem.

Não foi identificado nenhum motivo que justificasse a diferença de dimensões e número de conectores utilizados.

Quadro 3-6: Ligação a paredes de alvenaria de pedra ortogonais - Casos observados

Caso 1	Caso 2
	
Caso 3	
 	



Nas Tabelas 3-44 e 3-45 apresentados as dimensões das chapas apresentadas no caso 3. O mesmo se passa nas Tabelas 3-46 e 3-47 para as chapas ilustradas no Caso 4.

Tabela 3-44: Dimensões das chapas – Caso 3

L (cm)	B (cm)	e (cm)	x1 (cm)	x2 (cm)	x3 (cm)	x4 (cm)	x5 (cm)
16,4	3,6	0,8	1,8	3,6	3,8	3,7	3,5

Tabela 3-45: Outras dimensões – Caso 3

$\phi$ (mm)	z1 (cm)	z2 (cm)
9	1,8	1,8

Tabela 3-46: Dimensões das chapas – Caso 4

L (cm)	B (cm)	e (cm)	x1 (cm)	x2 (cm)	x3 (cm)	x4 (cm)	x5 (cm)	x6 (cm)
35,8	3,3	0,6	9,8	5,7	5,7	5,7	6,9	2

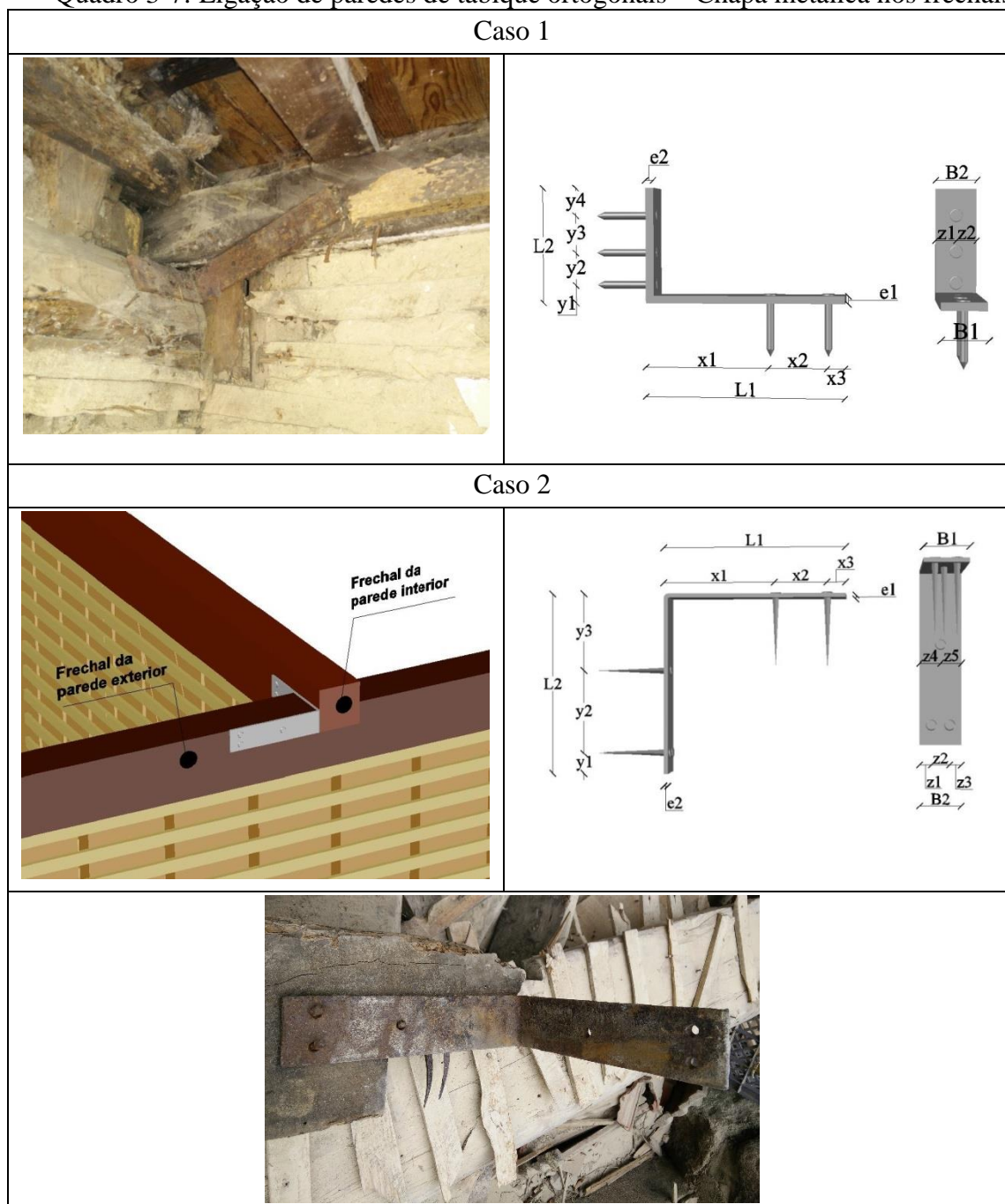
Tabela 3-47: Outras dimensões – Caso 4

$\phi$ (mm)	z1 (cm)	z2 (cm)
9	1,65	1,65

### 3.4.1.3.3 Ligação de paredes de tabique ortogonais – Chapa metálica nos frechais

Este tipo de ligação (Quadro 3-7) diferenciava-se dos anteriores pela zona de aplicação das chapas, transitando das tábuas verticais para os frechais. A utilização de chapas entre elementos interiores e exteriores revela uma preocupação em solidarizar todos os elementos do edifício e em lhe conferir um comportamento o mais uno possível.

Quadro 3-7: Ligação de paredes de tabique ortogonais – Chapa metálica nos frechais



No caso 1 (Tabelas 3-48 e 3-49) a chapa metálica, que ligava uma parede exterior a outra interior, foi aplicada de forma enviesada, sendo o único motivo aparente para essa disposição a ligeira diferença de cotas entre os dois frechais. A chapa metálica aparentava ser em ferro forjado, assim como os conectores metálicos.

No caso 2 (Tabelas 3-50 e 3-51) a chapa ligava uma parede exterior a outra parede interior. Nesta situação a chapa estava fixa na face externa da parede exterior e num espaço

existente entre a face transversal desta e a face lateral contígua do frechal da parede interior. Tanto a chapa como os seus conectores resultavam de um processo de forjagem.

Tabela 3-48: Dimensões das chapas – Caso 1

L1 (cm)	B1 (cm)	e1 (cm)	x1 (cm)	x2 (cm)	x3 (cm)	L2 (cm)	B2 (cm)	e2 (cm)	y1 (cm)	y2 (cm)	y3 (cm)	y4 (cm)
26	5,5	1	16,1	7,6	2,3	15	5,5	1	2,3	4,2	4,9	3,6

Tabela 3-49: Outras dimensões – Caso 1

$\phi$ (mm)	z1 (cm)	z2 (cm)
10	2,75	2,75

Tabela 3-50: Dimensões das chapas – Caso 2

L1 (cm)	B1 (cm)	e1 (cm)	x1 (cm)	x2 (cm)	x3 (cm)	L2 (cm)	B2 (cm)	e2 (cm)	y1 (cm)	y2 (cm)	y3 (cm)
22	5,2	0,5	13,4	6,4	2,2	22	5,2	0,5	2,4	10,2	9,4

Tabela 3-51: Outras dimensões – Caso 2

$\phi$ (mm)	z1 (cm)	z2 (cm)	z3 (cm)	z4 (cm)	z5 (cm)
7	1,45	2,3	1,45	2,6	2,6

### 3.4.1.3.4 Ligação frechal – Parede de alvenaria

Este tipo de situação (Quadro 3-8) foi exclusivamente observada no Ed.3. A chapa metálica era fixa à alvenaria utilizando chumbo e ao topo do frechal por pregagem. Ficaram por esclarecer as vantagens e/ou desvantagens que esta solução oferece comparativamente com as soluções apresentadas no subcapítulo 3.4.1.3.2. A chapa metálica e os seus conectores eram de ferro forjado. As medidas da chapa e seus orifícios são apresentadas nas Tabelas 3-52 e 3-53.

Quadro 3-8: Ligação frechal - parede de alvenaria - Casos observados

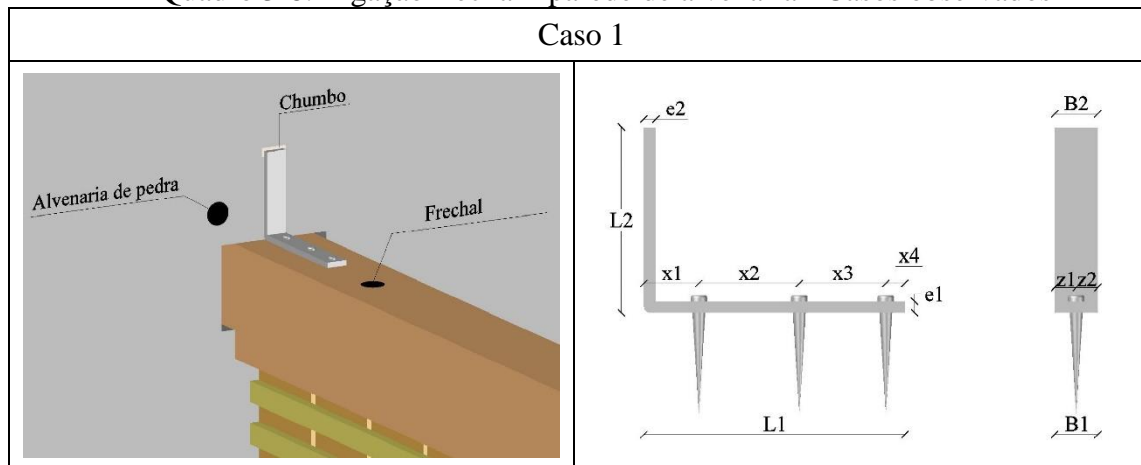




Tabela 3-52: Dimensões das chapas – Caso 1

L1 (cm)	B1 (cm)	e1 (cm)	x1 (cm)	x2 (cm)	x3 (cm)	x4 (cm)	L2 (cm)	B2 (cm)	e2 (cm)
21,8	3,6	1	4,6	8,4	7,2	1,6	15,5	3,6	1

Tabela 3-53: Outras dimensões – Caso 1

$\phi$ (mm)	z1 (cm)	z2 (cm)
12	1,8	1,8

### 3.4.1.3.5 Ligação de frechal à estrutura do pavimento

Os casos que de seguida se apresentam (Quadro 3-9), envolvem a ligação de paredes de tabique a estruturas do pavimento (vigas).

No caso 1 (Tabelas 3-54 e 3-55) apresenta-se a ligação entre uma viga de pavimento e um frechal de uma parede exterior. A chapa metálica estava fixa na face inferior da viga e na vertente interior do frechal. Tanto a chapa como os conectores eram em ferro forjado.

O caso 2 (Tabelas 3-56 e 3-57) diferia do anterior pela dimensão e sobretudo pela disposição da chapa metálica. Nesta situação específica estava fixa à viga simultaneamente nas suas faces superior e transversal e ainda à face exterior do frechal. Tanto a chapa como os seus conectores resultaram de um processo de forjagem.

Por último no caso 3 (Tabelas 3-58 e 3-59) observa-se uma situação muito semelhante à do caso 1, diferindo apenas nas dimensões da chapa e número de conectores.

Quadro 3-9: Ligação de frechal a estrutura do pavimento – Casos observados


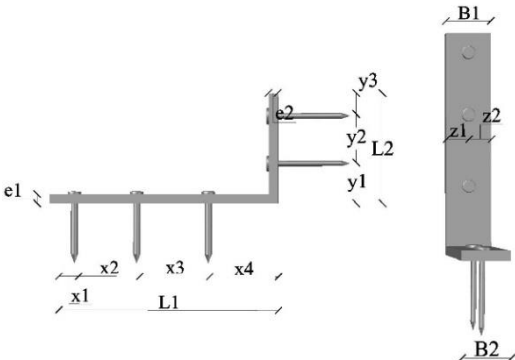
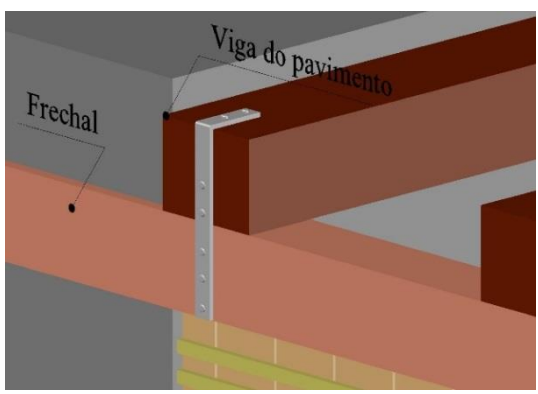
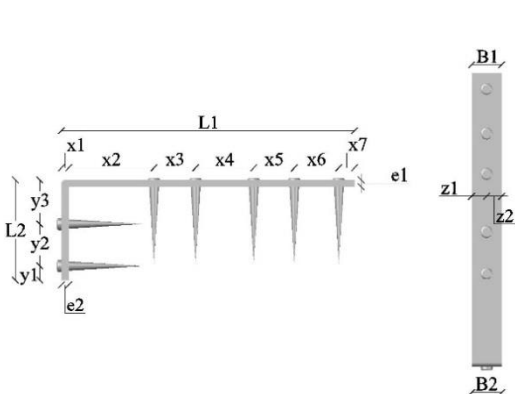
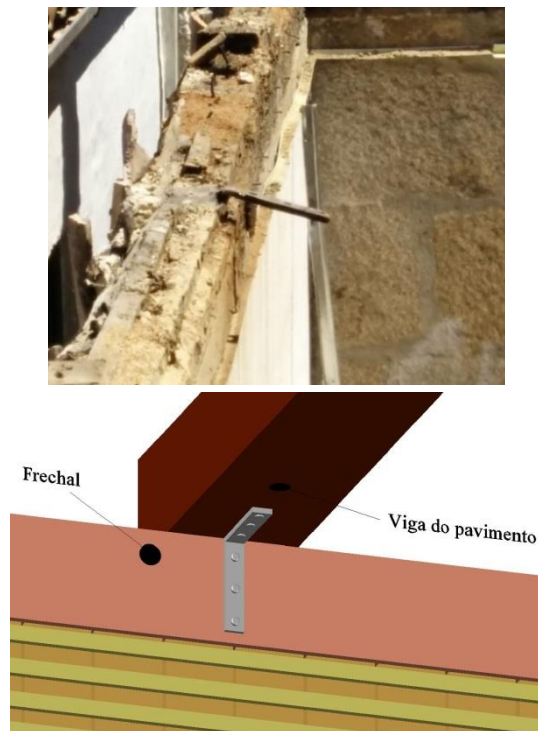
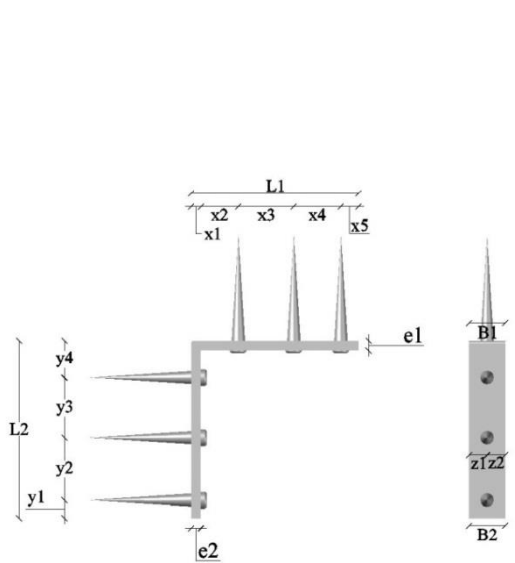
Caso 1	
	
Caso 2	
	
Caso 3	
	

Tabela 3-54: Dimensões das chapas – Caso 1

L1 (cm)	B1 (cm)	e1 (cm)	x1 (cm)	x2 (cm)	x3 (cm)	x4 (cm)	L2 (cm)	B2 (cm)	e2 (cm)	y1 (cm)	y2 (cm)	y3 (cm)
25	5	1	2,2	7	8	7,8	12	5	1	4,4	5,3	2,3

Tabela 3-55: Outras dimensões – Caso 1

$\phi$ (mm)	z1 (cm)	z2 (cm)
8	2,5	2,5

Tabela 3-56: Dimensões das chapas – Caso 2 (1)

L1 (cm)	B1 (cm)	e1 (cm)	x1 (cm)	x2 (cm)	x3 (cm)	x4 (cm)	x5 (cm)	x6 (cm)	x7 (cm)
40,8	4,2	1	1	11,9	5,8	8,1	5,6	6,2	2,2

3-57: Dimensões das chapas – Caso 2 (2)

L2 (cm)	B2 (cm)	e2 (cm)	y1 (cm)	y2 (cm)	y3 (cm)
14	4,2	1	2	5,8	6,2

Tabela 3-58: Outras dimensões – Caso 2

$\phi$ (mm)	z1 (cm)	z2 (cm)
16	2,1	2,1

Tabela 3-59: Dimensões das chapas – Caso 3

L1 (cm)	B1 (cm)	e1 (cm)	x1 (cm)	x2 (cm)	x3 (cm)	x4 (cm)	x5 (cm)	L2 (cm)	B2 (cm)	e2 (cm)	y1 (cm)	y2 (cm)	y3 (cm)	y4 (cm)
17	3,7	1	1	3,8	5,6	4,8	1,8	18	3,7	1	1,8	6,3	6,1	3,8

Tabela 3-60: Outras dimensões – Caso 3

$\phi$ (mm)	z1 (cm)	z2 (cm)
16	1,85	1,85

### 3.5 Conectores metálicos

No decorrer das visitas realizadas aos edifícios descritos anteriormente, foi possível recolher um número significativo e variado de amostras de pregos e chapas metálicas, que desempenhavam um papel relevante no comportamento global das paredes de tabique e do próprio edifício.

Relativamente aos pregos, é de destacar a diversidade de tamanhos e formatos. As inspeções revelaram ainda a variedade da sua aplicação na ligação entre os diversos

elementos das paredes de tabique, a saber: como complemento de ligação da argamassa aos elementos de madeira (aderência), para fixação do revestimento exterior, na ligação do fasquiado às tábuas verticais, na ligação (horizontal) entre tábuas verticais, na ligação das tábuas verticais aos frechais, na ligação de tábuas verticais aos pavimentos, na ligação entre frechais, na ligação de vigas do pavimento aos frechais, na ligação entre paredes de tabique e na ligação das chapas metálicas às paredes de tabique (Figura 3-30 e Quadro 3-10).



a) Conectores observados no Ed.1









b) Conectores observados no Ed.3

Figura 3-31: Conectores metálicos dos Ed.1 e Ed.3

Quadro 3-10: Principais utilizações dos conectores metálicos

Caso 1	
Registo fotográfico	Descrição
	<p>Estes pregos de pequena dimensão apenas foram encontrados numa parede do Ed.1. Pelo fato apenas a cabeça do prego ser cravada na madeira (ver Figura) presume-se que teriam como objetivo auxiliar na fixação da argamassa à estrutura de madeira. A sua secção transversal era constante.</p>
Caso 2	
Registo fotográfico	Descrição
	<p>Estes pregos serviam de fixação às telhas cerâmicas que revestiam algumas paredes exteriores de tabique dos Ed.1 e 3. A sua secção transversal era variável e o seu método de fabrico artesanal.</p>

Caso 3	
Registo fotográfico	Descrição
	<p>Este tipo de pregos servia de fixação do fasquio às tábuas verticais. Pelas características que apresenta, presume-se que já sejam resultado de um processo fabril. A sua secção transversal era constante.</p>
Caso 4	
Registo fotográfico	Descrição
	<p>Tinham como propósito efetuar a ligação entre os fasquios e as tábuas verticais ou entre as tábuas verticais e os frechais do Ed.3. Era, no entanto, visível que, neste caso, resultavam de um processo de fabrico artesanal. A sua secção transversal era variável.</p>
Caso 5	
Registo fotográfico	Descrição
	<p>Este tipo de pregos foi obtido de ligações entre as tábuas verticais de uma parede de tabique e o frechal onde apoiavam superiormente (Ed.1). Pelas características que apresentava resultaria de um método de produção artesanal. Apresentava secção transversal variável.</p>
Caso 6	
Registo fotográfico	Descrição
	<p>Estes pregos serviam de fixação entre as chapas metálicas em 'L' e os frechais e vigas do pavimento do Ed.3. Resultavam de um processo de forjagem. Como se pode ver na figura a sua secção transversal era variável.</p>

Caso 7	
Registo fotográfico	Descrição
	<p>A utilização destes conectores ocorria na ligação de chapas metálicas que uniam paredes de tabique a paredes de alvenaria de pedra, sendo fixos diretamente aos frechais. Uma vez mais o seu processo de fabrico aparentava ser artesanal e a sua secção transversal era variável.</p>
Caso 8	
Registo fotográfico	Descrição
	<p>O último caso diz respeito às cavilhas, pregos de maior dimensão e robustez que os demais, que eram utilizados em ligações mais complexas na estrutura (entre frechais, entre vigas e entre frechais e vigas). A sua secção transversal era variável e o seu fabrico era artesanal.</p>

Apresentam-se de seguida as tabelas com a caracterização dimensional dos vários tipos de conectores descritos no Quadro 3-10. Refira-se que em alguns casos a amostra (número de exemplares) recolhida muito diminuta e não foi possível quantificar os valores médios. Nos casos em que se obteve uma amostra superior a cinco exemplares os resultados foram tratados estatisticamente. Na Figura 3-31 apresenta-se uma representação esquemática onde se ilustram as principais dimensões estudadas.

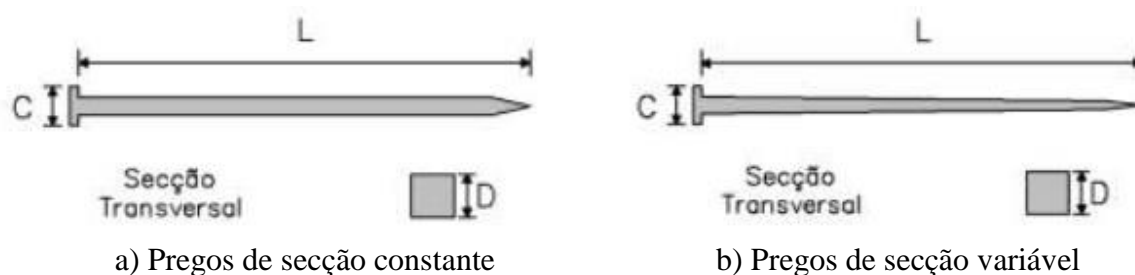


Figura 3-32: Esquema dos conectores metálicos (Pinto, 2013)

Tabela 3-61: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 1

L (mm)	D (mm)	C (mm)
22	1	2

Tabela 3-62: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 2

L			D			C		
Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)
88,33	9,07	10,27	4,78	0,48	10,00	12,22	0,82	6,71

Tabela 3-63: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 3

L			D			C		
Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)
45,80	3,27	7,13	2,32	0,27	11,82	5,59	0,71	12,65

Tabela 3-64: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 4

L			D			C		
Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)
59,64	10,48	17,57	3,82	0,49	12,82	7,09	0,76	10,66

Tabela 3-65: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 5

L			D			C		
Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)
86,94	6,19	7,12	4,17	0,33	8,00	6,17	0,35	5,73

Tabela 3-66: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 6

L			D			C		
Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)
99,06	6,96	7,03	8,11	0,61	7,57	15,89	0,77	4,87

Tabela 3-67: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 7

L (mm)	D (mm)	C (mm)
76	6	20
68	6	17
77,5	6	19
70	5,5	18,5

Tabela 3-68: Dimensões dos conectores metálicos: Caso 8

L			D			C		
Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coeficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coeficiente de Variação (%)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coeficiente de Variação (%)
171,80	14,34	8,35	8,70	0,75	8,60	16,8	1,94	11,54

Efetuada uma análise aos valores apresentados, constata-se que o comprimento dos pregos (L), aumentava em função da utilização, mais ou menos exigente, que cumpriam. Também o tamanho da aresta (D) apresentava a mesma tendência, o que acaba por ser expectável, pois se fossem excessivamente esbeltos a sua tendência de entortar ou colapsar no momento da aplicação de cargas seria maior. No que concerne ao diâmetro da cabeça do prego (C) importa apenas dizer que nos pregos mais antigos a secção não era um círculo perfeito, pelo que se optou por efetuar duas medições distintas e utilizar a média das duas. Saliente-se ainda que pese embora muitos dos pregos estudados fossem de fabrico artesanal, a variação das suas dimensões era bastante pequena.

Devido ao elevado número de pregos e chapas metálicas recolhidos ao longo das visitas efetuadas às diferentes obras, atendendo à sua influência no comportamento estrutural das paredes de tabique e ao conhecimento diminuto que existe sobre as suas propriedades mecânicas foram realizados alguns ensaios laboratoriais a esses elementos. Em função do tempo e recursos disponíveis optou-se por efetuar ensaios à tração, ensaio de microdureza de Vickers e análise microestrutural.

### 3.5.1.1 Outros aspetos construtivos

Neste subcapítulo apresentam-se pormenores de carácter geral que não se enquadravam nas situações apresentadas anteriormente. No entanto, por serem relevantes para a compreensão desta técnica julga-se que são essenciais.

#### 3.5.1.1.1 Configuração construtiva das aberturas

Trata-se de um aspeto importante, essencialmente do ponto de vista construtivo. Refere-se à configuração das aberturas, nomeadamente portas e janelas, existentes nas paredes de tabique. Por se tratar de elementos que criam uma descontinuidade na parede de tabique, importa conhecer as soluções construtivas utilizadas. Na Figura 3-32 apresentam-se algumas aberturas existentes no Ed.1, onde foi possível recolher informação relevante sobre a forma como foram construídas.

As ombreiras das janelas de paredes de tabique eram materializadas ou por duas tábuas verticais ou por elementos de madeira particulares, com menor largura e maior espessura que as tábuas verticais (Figura 3-32.a)).

A sua ligação ao resto da parede era executada através dos frechais, à semelhança do que acontece com as tábuas verticais.

No topo, se a distância até ao frechal fosse diminuta, era colocada entre as ombreiras uma tábua disposta de forma horizontal, que funcionava como padieira, estando fixa por pregagem às ombreiras. Por vezes também se observou um entalhe criado para criar um encaixe. Quando a distância até ao frechal era maior, existiam tábuas verticais a preencher esse espaço (Figura 3-32.d)).

A delimitar a parte inferior (no caso de janelas), à semelhança do acima mencionado, existe outra tábua colocada horizontalmente (Figura 3-32.b)), sendo o espaço remanescente entre a tábua e a extremidade inferior da parede preenchido com tábuas verticais.

A execução de vãos de portas, nas paredes de tabique, segue o mesmo processo construtivo mencionado para as janelas, excetuando, como é óbvio, a zona existente sob a janela.



a) Pormenor janela em parede de tabique



b) Pormenor janela em parede de tabique



c) Pormenor janela em parede de tabique



d) Abertura em parede de tabique

Figura 3-33: Pormenores de aberturas nas paredes de tabique do Ed.1

### 3.5.1.1.2 Aderência dos revestimentos das paredes de tabique

Os revestimentos têm um papel preponderante na conservação das paredes de tabique pois criam uma barreira entre os elementos de madeira e o exterior, diminuindo a sua exposição à água, à humidade e a outros agentes biológicos que podem acelerar a degradação das tábuas verticais e do fasquio.

Torna-se, por isso, preponderante que a compatibilização entre as argamassas e a estrutura de madeira das paredes de tabique garanta que essa argamassa permaneça solidarizada com esses elementos.

Da campanha de inspeção realizada observaram-se três soluções construtivas, executadas para maximizar a aderência das argamassas à estrutura de madeira das paredes de tabique, a saber:

- Utilização de pregos de pequenas dimensões (Figura 3-33.a))
- Elementos de madeira golpeados (Figura 3-33.b))
- Formato dos fasquios (Figura 3-33.c))



a) Conectores utilizados no complemento da aderência da argamassa ao tabique



b) Frechal com faces golpeadas para melhorar aderência da argamassa



c) Fasquios trapezoidais

Figura 3-34: Aderência entre as argamassas e os elementos de madeira

Neste estudo, a utilização de pregos de pequenas dimensões apenas foi observada em paredes do Ed.1, sendo uma solução menos habitual e conhecida que as demais.

Os elementos de madeira golpeados eram sobretudo frechais, pois nestes elementos já não eram fixos os fasquios mas a argamassa continuava a ser aplicada, até vencer a totalidade do pé direito onde se inseria a parede.

Os fasquios são a forma mais conhecida de promover a ligação da argamassa aos elementos de madeira. O formato da sua secção transversal pode ser retangular, trapezoidal ou de chanfro simples (apenas uma das faces com entalhe). A evolução na forma das ripas de fasquio para a secção transversal resultou da experiência vivenciada pelos construtores

ao constatarem que a construção dos entalhes incrementa a aderência relativamente aos fasquios retangulares (sem entalhes).

### 3.5.1.1.3 Tipos de revestimento – análise estatística

Dada a diversidade de revestimentos encontrados nas paredes de tabique do Ed.1, efetuou-se uma análise estatística dos revestimentos utilizados. Uma vez que se verificaram algumas diferenças nos revestimentos utilizados nas paredes exteriores e interiores, optou-se por efetuar uma análise individualizada em função da localização das mesmas.

Na Tabela 3-69 é apresentada a distribuição percentual, por piso, dos vários tipos de revestimento utilizados nas paredes interiores de tabique do Ed.1.

Relativamente aos tipos de revestimento apresentados na Tabela 3-69 importa referir que a solução múltipla representa uma parede onde existem duas ou mais soluções. Por norma essa solução combinava argamassa terrosa com palha com argamassa de cimento, podendo ser considerada uma área onde se efetuou uma reabilitação parcial do revestimento. Noutros casos, observaram-se ainda zonas onde, em função do espaçamento entre tábuas verticais, se transitava de argamassa terrosa com palha para uma solução onde eram utilizados pedaços de telha cerâmica para preencher esse espaço.

Tabela 3-69: Tipos de revestimento existentes nas paredes interiores de tabique do Ed.1

Tipo de Revestimento - Paredes Interiores de Tabique	Piso 0 (%)	Piso 1 (%)	Piso 2 (%)	Piso 3 (%)	Total (%)
Argamassa Terrosa com palha	50	87,5	9,09	35,71	41,46
Argamassa terrosa	0	0	0	7,14	2,44
Argamassa Terrosa com palha e telha cerâmica	0	0	0	7,14	2,44
Argamassa argilosa	25	0	0	14,29	9,76
Argamassa de cimento	0	12,5	9,09	0	4,88
Argamassa de cimento armada	0	0	27,27	0	7,32
Argamassa de cimento e azulejo	25	0	27,27	35,71	24,39
Solução múltipla	0	0	27,27	0	7,32

Efetuando uma análise aos resultados constata-se que a argamassa terrosa com palha predomina no edifício e em quase todos os pisos, à exceção do piso 2, onde as diferentes soluções com cimento foram utilizadas na maioria das suas paredes interiores.

Os revestimentos terrosos sem palha e terrosos com palha e telha cerâmica são pouco representativos enquanto solução isolada, sendo provavelmente soluções de recurso, em situações onde escasseou a palha ou onde o espaço a preencher se julgava demasiado grande para ser preenchido apenas com argamassa.

A argamassa de cal apenas existia em algumas paredes dos pisos 0 e 3, sendo facilmente identificável pela sua cor, textura e maior rigidez quando comparada com as argamassas de origem terrosa.

As argamassas de cimento seriam, à partida, soluções de reabilitação, tendo-se verificado que quando a área de reabilitação era menor a malha de galinheiro não era utilizada. Nas zonas húmidas, nomeadamente casas de banho e cozinhas constatou-se a utilização de cimento e azulejo até uma altura em relação ao pavimento que varia de 1,20m a 1,50m, sendo que a parte superior era revestida com argamassa de cimento complementada por uma fina camada de argamassa de aparência calcária.

Efetuuou-se uma análise idêntica para as paredes exteriores. No entanto, para estas separou-se o estudo em função da sua localização na face interior (Tabela 3-70) ou na face exterior (Tabela 3-71).

Tabela 3-70: Tipos de revestimento existentes na face interior das paredes exteriores de tabique do Ed.1

Tipo de Revestimento Existente na Face Interior de Paredes Exteriores de Tabique	Piso 2 (%)	Piso 3 (%)	Média (%)
Argamassa terrosa com palha	37,5	33,33	35,00
Argamassa argilosa	0	25,00	15,00
Argamassa de cimento	0	8,33	5,00
Argamassa de cimento armada	12,50	0	5,00
Argamassa de cimento e azulejo	12,50	25,00	20,00
Solução múltipla	37,50	8,33	20,00

Tal como se verificou nas paredes interiores, a argamassa terrosa com palha foi a solução mais preconizada na face interior das paredes exteriores de tabique, quer em termos globais, quer efetuando uma análise individualizada por piso.

Os revestimentos à base de argamassa de cimento ou argamassa de cimento com malha de galinheiro (armada) foram aplicados pontualmente. Por outro lado, as argamassas de cimento com azulejo existiam somente nas zonas húmidas.

Ao nível do piso 3 existiam três paredes onde foi utilizada argamassa de cal.

Por último, as soluções múltiplas, já descritas na análise à Tabela 3-69, foram encontradas em número considerável no piso 2, que se apresentava como o mais degradado devido a humidades e infiltrações.

As soluções de argamassa terrosa e argamassa terrosa com palha e pedaços de telha cerâmica não foram utilizadas.

Tabela 3-71: Tipos de revestimento existentes nas faces exteriores das paredes exteriores de tabique do Ed.1

Tipo de Revestimento da Face Exterior de Paredes Exteriores de Tabique	Piso 2 (%)	Piso 3 (%)	Média (%)
Argamassa de cimento	14,29	33,33	23,08
Argamassa de cimento armada	57,14	33,33	46,15
Telha cerâmica	14,29	33,33	23,08
Sem revestimento	14,29	0	7,69

Na face exterior das paredes exteriores de tabique a variedade de soluções encontradas diminuiu consideravelmente.



a) Telhas colocadas perpendicularmente



b) Argamassa terrosa sob a telha

Figura 3-35: Pormenores do revestimento exterior com telha cerâmica

As argamassas de cimento armado foram as mais utilizadas, representando quase 50% do total de paredes exteriores de tabique existentes. Em paredes de menor dimensão verificou-se a dispensa da utilização da malha de galinheiro, sendo o revestimento realizado apenas com argamassa de cimento. O revestimento em telha cerâmica colocada em forma de capa canal foi o segundo revestimento mais utilizado, tendo-se observado a existência de argamassa terrosa com palha dentro das zonas apelidadas de capa (Figura 3-34.a)), embora na altura da demolição pouca quantidade tenha sido encontrada. O topo superior e inferior destas paredes estavam selados, nuns casos por cimento e noutros por telhas colocadas perpendicularmente às restantes (Figura 3-34.b)).

A solução sem revestimento refere-se à parede de tabique ocultada do lado exterior pela parede de tijolo.

#### 3.5.1.1.4 Esbelteza das paredes de tabique

No edifício 1 houve ainda possibilidade de medir a espessura total das paredes de tabique (incluindo a espessura conferida pela argamassa) e determinar a respetiva esbelteza. Na Tabela 3-72 apresentam-se os resultados obtidos.

Constata-se que são paredes regra geral bastante esbeltas e com pouca variação de espessura. Verificou-se ainda que nos pisos superiores a espessura das paredes apresentava uma tendência de diminuição.

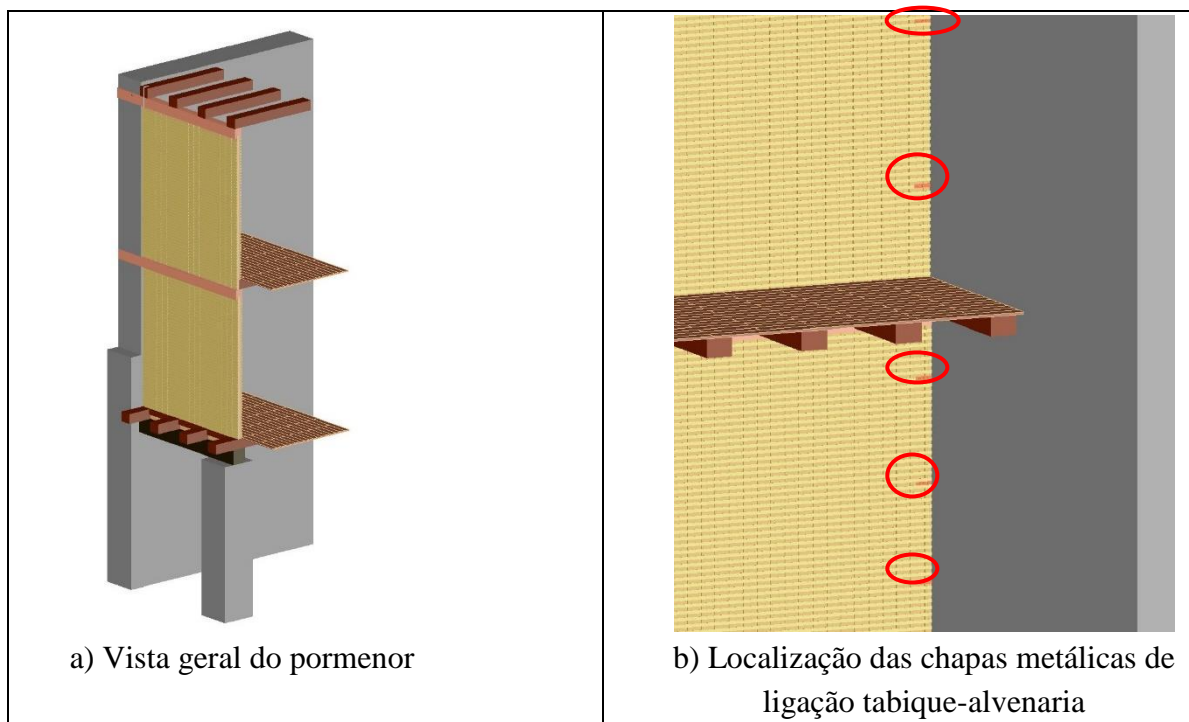
Tabela 3-72: Espessura total e esbelteza de paredes de tabique (Ed.1)

	Espessura total da parede (E)			Esbelteza		
	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coefficiente de Variação (%)	Média	Desvio Padrão (cm)	Coefficiente de Variação (%)
Piso 0	11,50	0,41	3,55	0,0037	0,00013	3,55
Piso 1	12,00	0,71	5,89	0,0041	0,00024	5,89
Piso 2	11,10	1,50	13,48	0,0040	0,00053	13,48
Piso 3	10,15	1,45	14,29	0,0042	0,00060	14,29
Total	10,89	1,45	13,35	0,0040	0,00052	12,84

### 3.5.1.1.5 Encontro de parede de tabique com parede de alvenaria de tijolo – extremidade

Neste pormenor geral (Quadro 3-11) é retratada a ligação entre duas paredes exteriores do Ed.3, uma de tabique e outra de alvenaria de pedra. Essa parede de tabique iniciava-se ao nível do piso 1, sobre uma viga de grande dimensão, sobre a qual apoiavam as vigas de pavimento. Esta parede de tabique desenvolvia-se ao longo de 3 pisos, embora apenas se tenha efetuado a representação até ao piso 2, uma vez que na altura de demolição do 3º piso a obra não estava a ser acompanhada.

De modo a efetuar ligação entre a parede de tabique e alvenaria existiam 5 chapas metálicas (divididas entre o piso 1 e o piso 2), idênticas às representadas no caso 3 do subcapítulo 3.4.1.3.2. Além dessas chapas metálicas, a parede de tabique estava ainda fixa aos pavimentos (casos 2 e 3 do subcapítulo 3.4.1.3.5). Por último, os frechais dessa parede apoiavam em rasgos existentes na alvenaria, embora não fossem fixos à mesma.

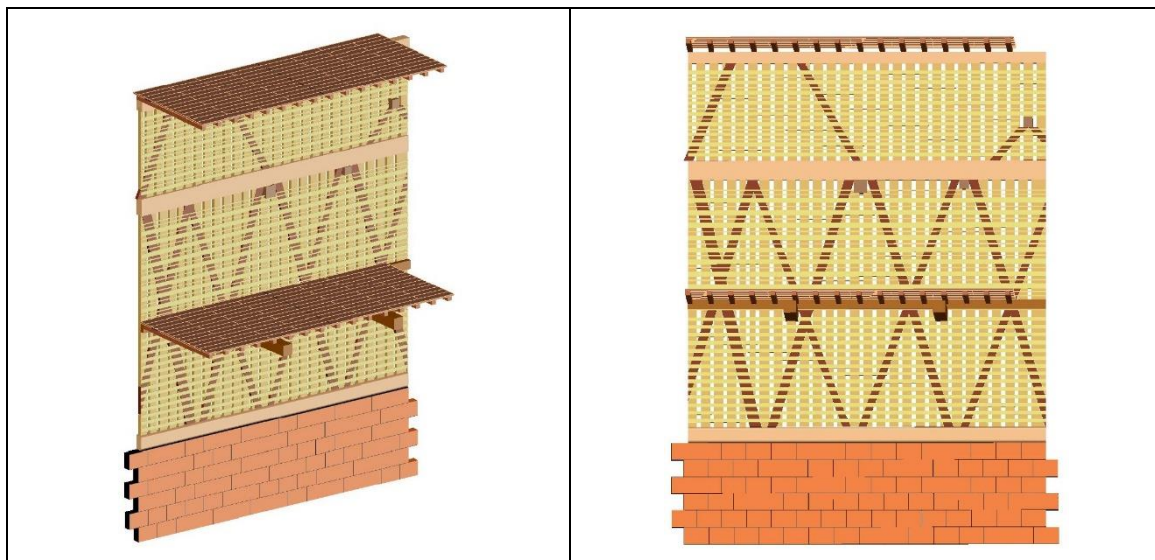


Quadro 3-11: Encontro de parede de tabique com parede de alvenaria tijolo – extremidade

### 3.5.1.1.6 Parede de tabique com diagonais entre pisos sobre parede de tijolo

Este pormenor (Quadro 3-12) foi observado no Ed.2 e ilustra, parcialmente, o alçado lateral direito do edifício onde uma parede de tabique surgia (apoiada num frechal) sobre uma parede de tijolo cerâmico. Outra particularidade deste pormenor é a multiplicidade de diagonais que existiam nessa parede e o facto de as mesmas se desenvolverem entre pisos (Diagonais – Caso 13) - habitualmente iniciam-se ao nível do pavimento e terminam ao nível do pavimento seguinte.

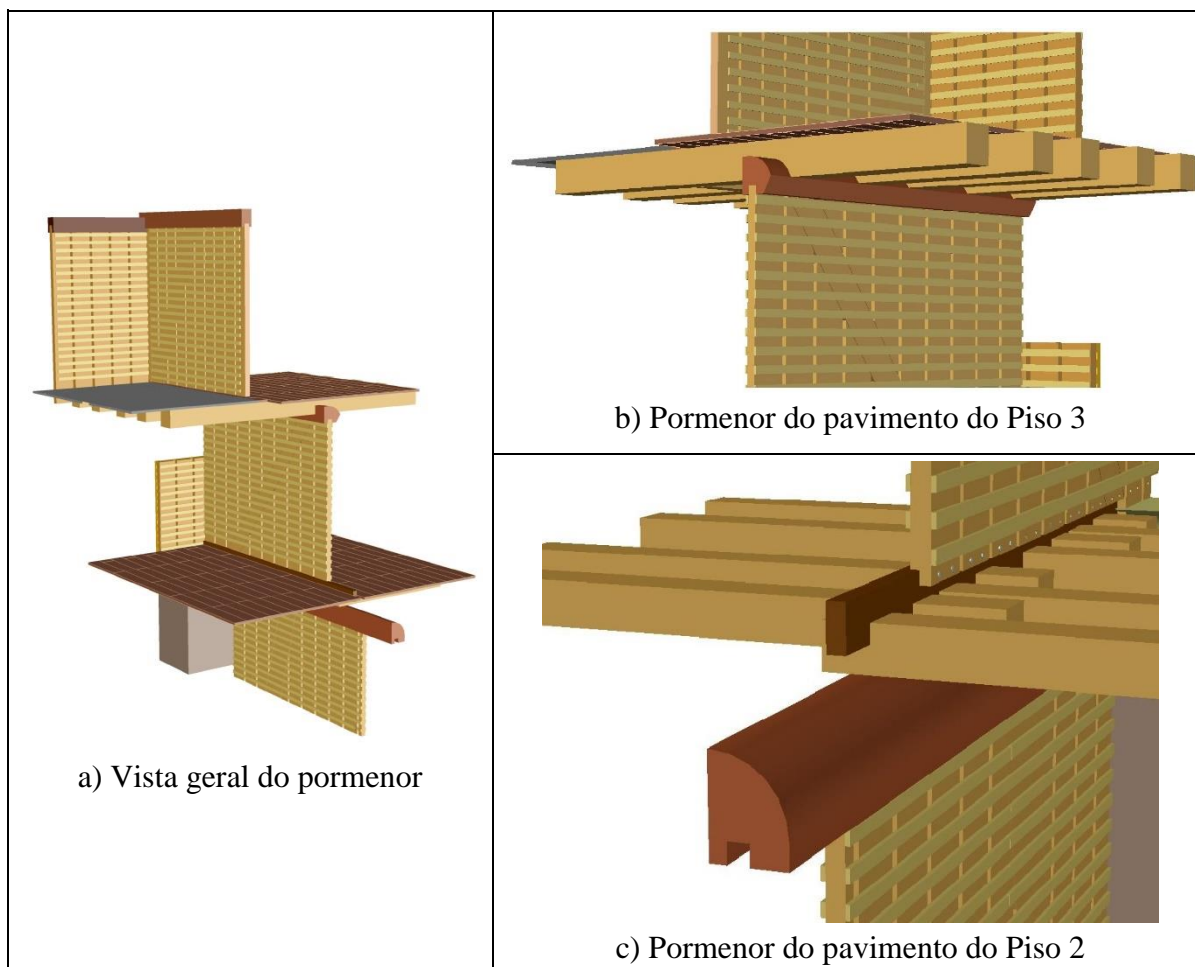
Refira-se que não foi possível medir as diagonais existentes nesta solução, pois à data em que foi encontrada a zona onde estava inserida estava a ser intervencionada.



Quadro 3-12: Parede de tabique com diagonais entre pisos sobre parede de tijolo

### 3.5.1.1.7 Alinhamento vertical de paredes de tabique

Este pormenor representa parte do alinhamento Y2 (Pisos 1, 2 e 3) do Ed.1, sendo um ótimo exemplo para retratar a utilização das paredes de tabique como elemento resistente e de contraventamento (diagonais presentes em todos os pisos). Salienta-se ainda o fato do topo inferior das diagonais (arranque) surgir invariavelmente junto às paredes exteriores do edifício. Nas Figuras b) e c) do Quadro 3-13 é possível observar os apoios dos pavimentos nas paredes de tabique. Ao nível do piso 3 as vigas do pavimento desenvolviam-se de uma parede lateral até à sua oposta, servindo o frechal da parede de tabique de apoio a meio vão. As vigas tinham rasgos com a forma do frechal para melhor incrementar a ligação. No pavimento do piso 2 as vigas desenvolviam-se apenas desde as paredes laterais até à parede de tabique, apoiando diretamente sobre o frechal da respetiva parede.



Quadro 3-13: Sobreposição de paredes de tabique no plano vertical – Alinhamento Y2 do Ed.1

### 3.6 Considerações Finais

Neste capítulo foi possível avaliar várias características relacionadas com as paredes de tabique dos edifícios encontrados.

Verificou-se que a existência de aberturas não condicionava a decisão de construir em tabique, existindo paredes sem aberturas e com múltiplas aberturas. Constatou-se que entre as paredes exteriores e interiores, regra geral as exteriores têm maiores dimensões, pois correspondem quase sempre às medidas do edifício em planta.

Foram ainda estudados os vários tipos de tabique encontrados, podendo-se concluir que o tabique é uma técnica construtiva com múltiplas soluções construtivas. Os principais fatores que influenciariam essa variabilidade seriam sobretudo a capacidade económica do proprietário, a qualidade da mão-de-obra, a disponibilidade de materiais e a época de construção.

Relativamente às diagonais efetuou-se uma apresentação desses elementos, realizando-se uma pormenorização e caracterização dos diferentes casos conhecidos (dezoito no total). Efetuou-se ainda um estudo da sua importância no comportamento estrutural dos edifícios, procurando-se perceber a sua utilização como elemento de contraventamento e se a sua aplicação obedecia a critérios rigorosos, através da existência de alinhamentos nas várias direções, o que nos edifícios estudados acabou por se confirmar. Verificou-se que existiam edifícios em que existia um grande número de diagonais (Ed.1 e Ed.2) e outros em esses elementos eram praticamente inexistentes, sendo que ao mesmo tempo o número de chapas metálicas era significativamente maior (Ed.3).

No Ed.4 as paredes de tabique eram essencialmente de compartimentação, presumindo-se ser esse o principal motivo para o facto de apenas se terem encontrado duas diagonais (Caso 4).

Foram ainda estudados os diversos tipos de ligação existentes nas paredes de tabique, identificando-se uma diversidade de situações distintas quer em relação a apoios inferiores, superiores e na zona das tábuas verticais.

Em termos de ligações superiores constatou-se a importância dos frechais e o propósito existente nesses elementos. Seria interessante de futuro estudar o comportamento das paredes de tabique com e sem frechal, de modo a aferir o efeito que esses elementos têm na capacidade resistente deste tipo de parede.

Na ligação aos pavimentos e entre as paredes de tabique verificou-se a utilização de chapas metálicas que por vezes estabeleciam a ligação entre esses elementos. Verificou-se ainda a existência de várias paredes de tabique que tinham capacidade resistente e sobre as quais apoiavam as vigas de pavimento. Noutras situações as paredes de tabique eram encastradas no pavimento através de encaixe em rasgos criados especificamente.

Nas ligações entre tabique e paredes de alvenaria de pedra e/ou tijolo verificou-se uma grande utilização de chapas metálicas, que eram chumbadas à alvenaria e fixas às tábuas verticais ou frechais através de pregagem.

Nas ligações inferiores, verificou-se que regra geral os tabiques apoiavam sobre frechais das paredes existentes nos pisos inferiores, ou sobre elementos de madeira colocados propositadamente para servir de fixação a essas paredes.

Foram também apresentados alguns pormenores de carácter mais geral, identificados nos edifícios estudados. Dentro destes, realizou-se uma breve análise sobre os métodos construtivos das aberturas e também os utilizados para melhorar a aderência das argamassas à estrutura de madeira do tabique. Aproveitando o processo de demolição que ocorreu no Ed.1, estudou-se as diversas formas e materiais que se utilizaram no revestimento, exterior e interior das paredes de tabique dos quais se destacam, revestimento exterior com telha cerâmica, revestimento com argamassa terrosa com palha, argamassa calcária e até cimento.

Apesar de toda a informação recolhida, é imprescindível que se continuem a realizar campanhas idênticas a esta em obras futuras, de modo a aumentar e consolidar a

quantidade de informação já existente, promovendo a criação de uma futura base de dados sobre esta técnica construtiva tradicional.



## 4 Ensaaios

No decorrer das visitas realizadas aos edifícios descritos anteriormente foi possível recolher um conjunto de materiais provenientes das paredes de tabique que foram posteriormente estudados com maior detalhe e, em alguns casos, devidamente ensaiados.

Os ensaios aos diferentes materiais são de extrema importância, pois é através destes que é possível quantificar grandezas relativas às suas propriedades físicas, químicas e mecânicas. Por outro lado, e tendo em consideração que as paredes de tabique são uma técnica construtiva tradicional, as propriedades das madeiras, argamassas e conectores metálicos nelas empregues apresentaram indubitavelmente variações, de edifício para edifício que importa estudar.

Atendendo à leitura de alguma bibliografia que anteriormente já efetuou estudos sobre os materiais constituintes das paredes de tabique do centro histórico de Viseu como Pinto (2013), Godinho (2014) e Domingues (2014), definiram-se um conjunto de ensaios a realizar. Os escolhidos visam complementar informação que se julga incompleta e visam incrementar a recolha de dados para que os valores obtidos sejam mais fiáveis. No fundo criam conhecimento científico sobre os assuntos estudados.

Nos conectores metálicos efetuaram-se ensaios à tração em cavilhas e em chapas metálicas, tendo ainda sido estudada a sua dureza e a sua microestrutura. Todos os ensaios foram realizados nos laboratórios do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial do Instituto Politécnico de Viseu. Adicionalmente tentou estabelecer-se uma correlação entre os valores obtidos para o ensaio de tração e as durezas dos respetivos provetes.

Nas madeiras a campanha consistiu na realização *in situ* do ensaio do Resistógrafo, em colaboração com o LESE (Laboratório de Engenharia Sísmica e Estrutural) da Faculdade

de Engenharia da Universidade do Porto. Adicionalmente foram realizados ensaios à compressão axial, flexão e determinação da dureza. Esses ensaios decorreram nos laboratórios do Departamento de Engenharia de Madeiras da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu.

Por último, nos laboratórios do Departamento de Engenharia Civil da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, realizaram-se ensaios de compressão às argamassas e estudou-se a relação entre a resistência e a esbelteza das amostras.

## **4.1 Conectores e chapas metálicas**

Os conectores e chapas metálicas, quando utilizados, têm um papel preponderante na solidarização dos elementos constituintes das paredes de tabique (conectores), entre paredes de tabique e entre as paredes de tabique e outros elementos como paredes de alvenaria e estrutura dos pavimentos (Chapas metálicas). Tendo em consideração essa importância e uma vez ter sido possível recolher conectores e chapas metálicas das paredes de tabique dos Ed.1 e Ed.3 decidiu-se efetuar uma campanha de ensaios a esses elementos.

### **4.1.1 Descrição dos Ensaios**

Neste subcapítulo será feita uma breve descrição dos ensaios realizados aos conectores metálicos recolhidos durante as visitas aos vários edifícios apresentados neste trabalho.

#### **4.1.1.1 Ensaio de Tração**

Para a execução deste ensaio foram escolhidos os pregos de maiores dimensões, também apelidados de cavilhas, uma vez que eram os mais fáceis de maquinar de modo a garantir as dimensões e secção necessárias à execução do ensaio. Como foi possível obter amostras suficientes no Ed.1 e no Ed.3 efetuou-se uma seleção dos pregos em melhor estado e procedeu-se à sua maquinação até se obterem secções constantes e livres de ferrugem e sujidade. No final da preparação foi possível obter 7 amostras de cada edifício.

Utilizando os mesmos procedimentos, selecionaram-se chapas metálicas e procedeu-se à sua maquinação (Figura 4-1). Nas chapas metálicas para além do trabalho de uniformização e limpeza das superfícies da peça procedeu-se, nuns casos à redução das secções transversal e longitudinal das peças e noutros à separação da secção a ensaiar do resto da peça. Obtiveram-se 10 amostras para ensaio, 3 do Ed.1 e as restantes do Ed.3.



Figura 4-1 Pregos e chapas metálicas utilizados nos ensaios

Relativamente ao ensaio, este consiste na aplicação de uma força axial nas extremidades do provete, provocando-lhe um alongamento progressivo até entrar em rotura.

Com os resultados obtidos no ensaio é possível determinar a curva tensão-extensão de cada um dos provetes e o respetivo módulo de elasticidade do material.

#### 4.1.1.2 Ensaio de Microdureza de Vickers

Para este ensaio, tal como no ensaio de tração, foram utilizadas 7 amostras relativas a cada edifício (Ed.1 e Ed.3). Essas amostras correspondiam à extremidade dos conetores ensaiados à tração. Como tal, julgou-se pertinente realizar uma comparação entre as tensões de rotura obtidas no ensaio à tração e as tensões de rotura obtidas através da conversão da dureza de Vickers. Estas amostras foram preparadas para serem ensaiadas na sua secção transversal. Foram também preparadas mais duas amostras, uma do Ed.1 e outra do Ed.3, que foram estudadas ao longo da sua secção longitudinal.

Previamente ao ensaio foi necessário efetuar uma limpeza das amostras e dispô-las em moldes onde foram imersas numa resina epoxídica (Figura 4-2.a)). Após 48h, procedeu-se à desmoldagem (Figura 4-2.b)) e passou-se à preparação das amostras numa máquina de lixar (Figura 4-2.c)), de modo a deixar as superfícies lisas, livres de impurezas e de sinais de oxidação.



a) Colocação de resina nos moldes



b) Moldes após endurecimento da resina



c) Lixadeira

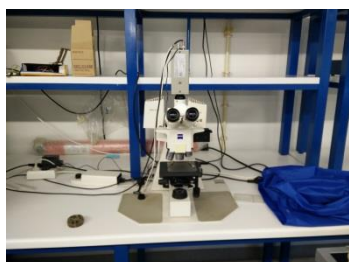
Figura 4-2: Preparação do ensaio de dureza de Vickers

Finalizada a preparação das amostras, utilizou-se um microdurómetro e realizaram-se várias indentações em cada uma das amostras. O número de Vickers é obtido através da medição da distância entre as arestas de um polígono em forma de pirâmide provocado pela indentação.

#### 4.1.1.3 Análise Microestrutural

Para efetuar a análise microestrutural utilizaram-se os moldes preparados para o ensaio de Microdureza de Vickers.

O ensaio consiste na aplicação de uma solução de ácido nítrico e etanol nos elementos metálicos, deixando a solução atuar durante alguns segundos. Após a conclusão do ataque químico, passou-se à observação das amostras recorrendo a um microscópio ótico metalográfico de reflexão (Figura 4-3.a)). Através de uma câmara ligada ao microscópio foi possível efetuar uma recolha de imagens das várias ampliações utilizadas na observação das amostras.



a) Microscópio metalográfico de reflexão ZEISS



b) Recolha de imagens

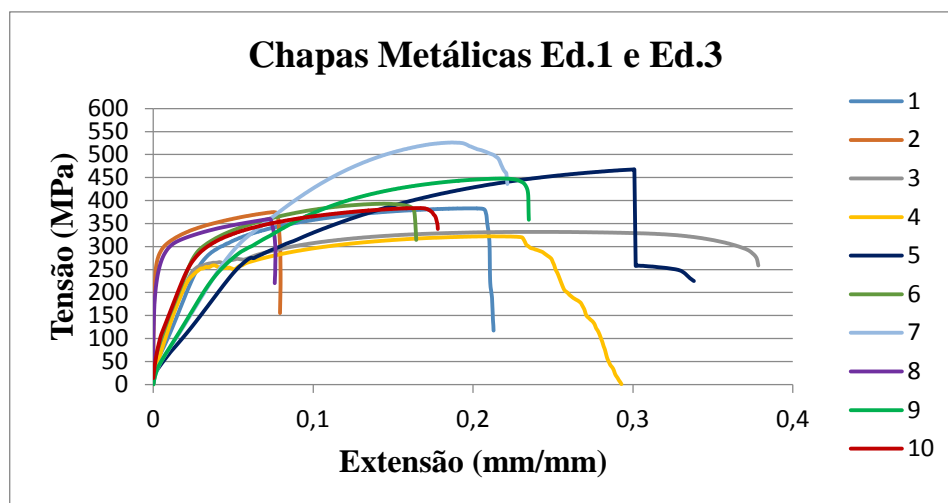
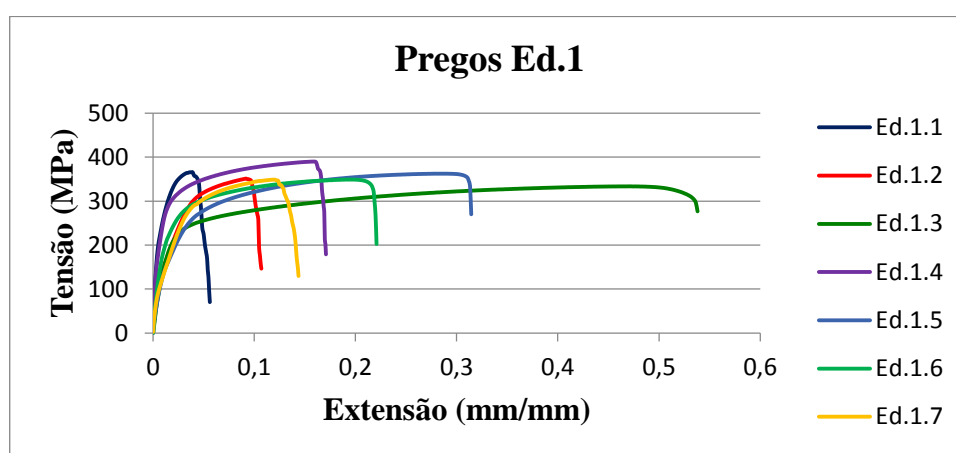
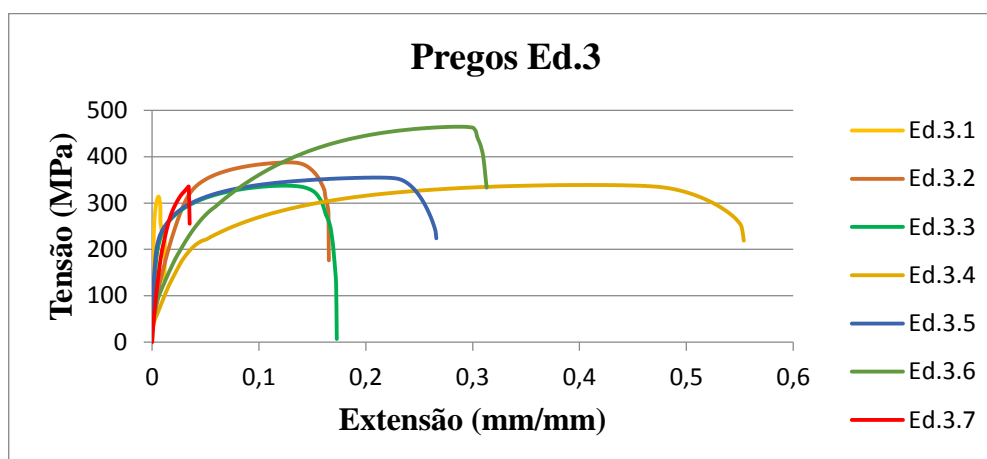
Figura 4-3: Procedimento análise microestrutural

#### 4.1.2 Apresentação e Análise de Resultados

Efetuada uma breve explicação sobre os ensaios realizados de seguida efetuar-se-á a apresentação e a análise dos resultados obtidos.

##### 4.1.2.1 Ensaio de Tração

Os resultados obtidos neste ensaio foram divididos em 3 gráficos distintos, através da respetiva curva de relação tensão vs. extensão, sendo um relativo às chapas metálicas e os outros dois representativos dos pregos dos Ed.1 e Ed.3 respetivamente.

Figura 4-4: Diagrama Tensão ( $\sigma$ ) X Extensão ( $\epsilon$ )Figura 4-5: Diagrama Tensão ( $\sigma$ ) X Extensão ( $\epsilon$ )Figura 4-6: Diagrama Tensão ( $\sigma$ ) X Extensão ( $\epsilon$ )

Analisando os resultados de cada amostra de forma individual, verificou-se que dentro do mesmo grupo de amostras os resultados obtidos são bastante distintos, optou-se assim por efetuar um tratamento estatístico de cada um dos grupos.

Tabela 4-1: Tratamento estatístico dos valores da tensão de rotura à tração e módulo de elasticidade dos grupos de amostras

Amostra	Tensão de rotura à tração			Módulo de Elasticidade		
	Média (MPa)	Desvio padrão (MPa)	Coefficiente de variação (%)	Média (GPa)	Desvio padrão (GPa)	Coefficiente de variação (%)
Chapas Metálicas	403,02	56,16	13,93	14,28	5,47	38,34
Ed.1	357,27	16,50	4,62	27,02	9,51	35,18
Ed.3	361,93	46,80	12,93	20,94	8,02	38,29

Atendendo aos valores médios obtidos, (Tabela 4-1) verificou-se que a tensão de rotura das chapas metálicas era superior à dos pregos, sendo no entanto dos três grupos de amostras o que apresenta maior variação de valores dentro da amostra. A diversidade de valores existente pode ser justificada porque as chapas metálicas recolhidas eram bastante variadas em dimensão, formato, solução construtiva em que estavam inseridos e provavelmente constituição.

Relativamente às amostras dos Ed.1 e Ed.3 é curioso verificar que os valores médios obtidos são idênticos, no entanto as amostras do Ed.1 apresentam uma uniformização de valores maior do que as amostras do Ed.3. Essa menor variação de valores pode indicar que no fabrico dos pregos do Ed.1 houve um maior cuidado no processo de fabrico relativamente aos do Ed.3.

No que concerne aos valores do módulo de elasticidade verificou-se que a amostra dos conectores do Ed.1 apresentava um valor médio do módulo de elasticidade quase o dobro do verificado nas chapas metálicas. O módulo de elasticidade das amostras do Ed.3 ficou num patamar intermédio. A variação de resultados obtidos foi comum aos três grupos de amostras.

Refira-se que os valores do módulo de elasticidade obtidos ficaram muito aquém dos valores mínimos de um ferro fundido, que rondaram os 70 GPa, podendo esta situação justificar-se pela deterioração existente nas amostras o que acaba por condicionar o desempenho das mesmas quando sujeitas a esforços de tração.

Quando comparados os valores médios da tensão de rotura obtidos nos ensaios apresentados com os resultados obtidos por (Pinto,2013) verifica-se uma diferença de valores bastante significativa. Importa, no entanto, referir que os resultados agora apresentados são referentes a cavilhas esculpidas manualmente, que por consequência têm um grande número de defeitos internos que acabam por ter influência nos resultados finais.

#### 4.1.2.2 Ensaio Microdureza Vickers

Para a determinação do número de Vickers em cada uma das amostras, efetuaram-se 7 indentações por amostra, tendo o cuidado de as distribuir uniformemente pela área da

respetiva amostra. Dos sete valores obtidos, retirou-se o maior e menor e com os cinco valores restantes determinou-se o número de Vickers. Como já foi referido, e tendo em conta a heterogeneidade deste tipo de pregos, optou-se por efetuar a determinação da dureza na direção transversal (Tabela 4-2) e longitudinal (Tabela 4-3).

Tabela 4-2: Valores médios do ensaio de dureza – Secção transversal do prego

Edifício	Média (HV)	Desvio Padrão (HV)	Coefficiente de Variação (%)
Ed.1	149	10,38	6,96
Ed.3	138	15,89	11,49

Tabela 4-3: Valores médios do ensaio de dureza – Secção transversal do prego

Edifício	Média (HV)	Desvio Padrão (HV)	Coefficiente de Variação (%)
Ed.1	163	10,66	6,54
Ed.3	155	18,49	11,92

Na direção transversal a amostra do Ed.1 apresentou um HV superior ao do Ed.3, bem como uma maior homogeneidade nos resultados, indo de encontro aos resultados do ensaio de tração.

Na direção longitudinal ambas as amostras apresentaram um HV superior ao obtido na direção transversal, com a amostra do Ed.1 novamente a apresentar valores e homogeneidade de resultados superiores aos do Ed.3.

Efetuada uma comparação com os resultados obtidos por Pinto (2013), verifica-se que estes se encontram dentro da mesma gama de valores.

#### **4.1.2.2.1 Correlação da tensão de cedência à tração vs. Dureza de Vickers**

De modo a verificar se é possível relacionar a dureza de Vickers com o valor da tensão de rotura à tração para este tipo de elementos metálicos, o que seria bastante útil para a determinação da resistência à tração em peças cuja secção não possibilitem a realização do ensaio, efetuou-se a conversão dos números de Vickers obtidos para cada uma das amostras para valores de tensão de rotura à tração. Essa conversão foi feita recorrendo a expressões determinadas por (Vantyne, 2008) para aços com microestruturas diversas que incluíam a ferrite e perlite, também identificados nos elementos estudados. Embora se tenham encontrado várias tabelas de conversão dos dois parâmetros, pertenciam invariavelmente a catálogos comerciais, tendo-se optado por consultar um documento sustentado em bases científicas.

Através dos estudos realizados, (Vantyne, 2008) estabeleceu fórmulas para várias gamas de valores da dureza de Vickers.

Na Equação 4-1 apresenta-se a fórmula que foi considerada válida para os vários tipos de aço, em que TS representa a tensão de rotura à tração em MPa,  $a_0$  é a constante de regressão,  $a_1$  o coeficiente de regressão e  $H_v$  o número de dureza de Vickers respetivamente.

$$TS = a_0 + a_1 H_v \quad \text{Equação 4-1}$$

Uma vez que não foi possível determinar a composição química dos conectores e chapas metálicas estudados, optou-se por trabalhar com os coeficientes determinados para todos os tipos de aço estudados por (Vantyne, 2008). Assim sendo os valores da constante e coeficiente de regressão são respetivamente:

$$a_0 = -99,8 \quad \text{Equação 4-2}$$

$$a_1 = 3,734 \quad \text{Equação 4-3}$$

Na Tabela 4-4 apresentam-se os valores da dureza de Vickers obtidos para cada uma das amostras estudadas.

Tabela 4-4: Dureza de Vickers das amostras ensaiadas

Amostra	Dureza de Vickers (HV)	
	Ed.1	Ed.3
1	163	168
2	138	117
3	142	135
4	147	149
5	142	132
6	145	123
7	167	143

Substituindo na equação o parâmetro  $H_v$  pelo número de dureza obtido para cada uma das amostras determinou-se a tensão de rotura à tração correspondente.

Tabela 4-5: Comparação de valores da tensão resistente à tração obtidos pelo método convencional e pela conversão da dureza de Vickers

Amostra	Ed.1		Ed.3	
	Ensaio à tração (MPa)	Conversão da dureza de Vickers (MPa)	Ensaio à tração (MPa)	Conversão da dureza de Vickers (MPa)
1	366	508	314	528
2	351	415	388	337
3	334	431	338	406
4	390	448	339	458
5	362	432	355	393
6	349	443	464	359
7	349	525	336	436

Efetuada uma análise aos valores apresentados na Tabela 4-5 verifica-se uma grande discrepância entre os valores obtidos no ensaio de tração e os valores obtidos utilizando as fórmulas sugeridas por Vantyne (2008). Verificou-se ainda que à exceção de dois casos, o valor obtido no ensaio foi sempre inferior ao valor obtido pela fórmula.

Existem várias hipóteses que podem justificar esta discrepância, das quais se destacam:

- As peças ensaiadas foram executadas por forjagem, um método artesanal incomparável às técnicas utilizadas na atualidade;
- Apesar de não se conhecer a composição química das peças estudadas, dificilmente estas poderão ser catalogadas como aços;
- As amostras ensaiadas foram extraídas de peças com décadas de utilização originando perda de propriedades químicas e mecânicas.
- A degradação existente nas peças precipitou a entrada em rotura das mesmas em zonas particularmente frágeis;
- As peças foram previamente maquinadas para permitir a sua fixação na máquina de ensaios. Tal facto pode ter afetado, ainda mais, a capacidade resistente das mesmas.

Pelos diversos motivos apresentados, pode-se concluir que as fórmulas utilizadas na correlação não são aplicáveis ao tipo de material das peças e/ou não têm em conta a degradação das mesmas.

#### 4.1.2.3 Análise Microestrutural

Recorrendo a este ensaio foi possível identificar, a nível microscópico, as diferenças entre as amostras do Ed.1 e do Ed.3.

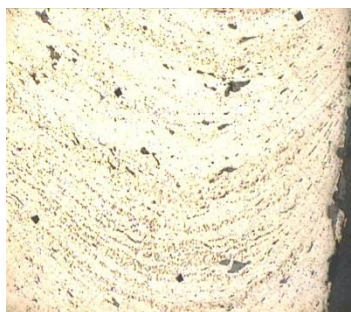
Na Figura 4-4 é possível observar amostras do Ed.1 e Ed.3 ao longo da sua secção transversal e longitudinal com uma ampliação de 5 vezes. Relativamente às amostras do Ed.1, ao longo da sua secção transversal é possível observar um padrão constante na direção das fibras, coincidente com a forma como a peça foi batida durante o seu fabrico. As

diferenças de cor indicam as zonas onde a peça foi arrefecida. É ainda possível observar as marcas deixadas pelas indentações e os defeitos internos, que tendem a prolongar-se ao longo da direção longitudinal.

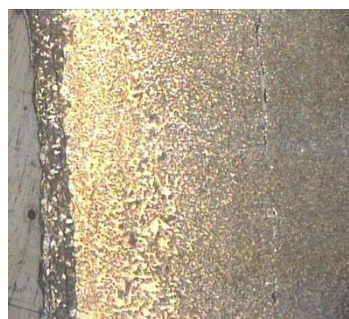
No plano longitudinal é possível observar três zonas distintas, a primeira, na extremidade da peça representa uma zona de fronteira bem definida onde são perfeitamente identificáveis os grãos de ferrite e perlite característicos de um aço. A segunda zona, mais clara, representa uma zona da peça onde as partículas de perlite tenderam a migrar para o exterior, fenómeno resultante do batimento da peça durante o seu fabrico. Na terceira a situação inverte-se e existe uma predominância de grãos de perlite. É ainda possível observar uma fenda que comprova os defeitos internos mencionados nos pontos anteriores. Relativamente ao Ed.3 a secção transversal apresenta as mesmas características referidas na amostra do Ed.1. No entanto, é possível observar um maior número de defeitos internos, identificáveis pela tonalidade negra.

Na seção longitudinal as diferenças relativamente à amostra do Ed.1 são maiores, sendo visíveis numerosas inclusões de dimensão elevada (zonas mais negras), onde ficaram alojados óxidos, acabando por conferir à amostra um aspeto microscópico semelhante a casca de madeira (Figura 4-4.d)).

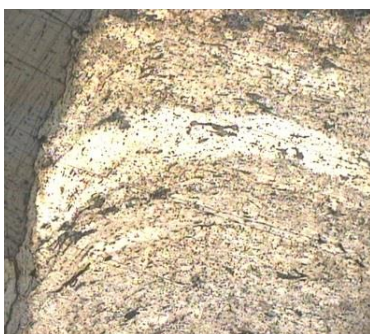
Não sendo por si só indicativo de qual das amostras é mais resistente, foi possível através deste ensaio concluir que o fabrico dos pregos do Ed.1 foi muito mais cuidado do que os pregos do Ed.3.



a) Ed.1 – Seção Transversal



b) Ed.1 – Seção Longitudinal



c) Ed.3 – Seção Transversal



d) Ed.3 – Seção Longitudinal

Figura 4-7: Imagens da microestrutura dos pregos

Efetuada uma comparação com os pregos analisados por Pinto (2013) verifica-se que a estrutura microscópica das amostras estudadas apresenta um aspeto muito menos homogéneo e com muito maior número de defeitos internos.

## 4.2 Madeira

A madeira, para além de ser o material predominante nas paredes de tabique, tem igualmente um enorme contributo no comportamento estrutural deste tipo de paredes. O fasquiado promove a aderência entre a argamassa de revestimento, as tábuas verticais e o próprio fasquio. As tábuas verticais constituem o esqueleto da parede, recebendo e distribuindo as cargas verticalmente. Os frechais têm também um papel muito importante nas paredes de tabique uma vez que recebem as cargas vindas dos pavimentos e/ou paredes superiores, e as distribui para as tábuas verticais, servindo os rasgos habitualmente existentes nestes elementos para encaixe das referidas tábuas, permitindo, simultaneamente, um travamento e solidarização desses elementos. Em função da importância referida, do estado de conservação e da facilidade de obtenção de amostras optou-se por efetuar uma campanha de ensaios à madeira extraída de frechais de pinho e castanho (Figura 4-5), ambos recolhidos no Ed.1.



Figura 4-8: Frechais de pinho e castanho

### 4.2.1 Descrição dos Ensaios Realizados

A campanha de ensaios aos elementos de madeira consistiu na realização de ensaios de compressão axial, de flexão estática, de determinação da dureza do material e ensaio do resistógrafo.

Os ensaios realizados foram selecionados tendo em conta os parâmetros mais relevantes para ilustrar o comportamento do material, associados ao tempo e recursos disponíveis.

Com exceção do ensaio de resistógrafo, que foi realizado *in situ*, em colaboração com o LESE (Laboratório de Engenharia Sísmica e Estrutural) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, os ensaios realizaram-se nos laboratórios do Departamento de Engenharia de Madeiras do Instituto Superior Politécnico de Viseu. Todos os ensaios a seguir descritos foram executados recorrendo a uma máquina de ensaios tipo SERVOSIS ME-405 (Figura 4-6).



Figura 4-9: Máquina de ensaios SERVOSIS ME-405

#### 4.2.1.1 Ensaio do Resistógrafo

O ensaio do resistógrafo (Figura 4-7) é um ensaio não destrutivo, de fácil execução, e que pode ser utilizado para avaliar o grau de deterioração de um elemento de madeira maciça.

Consiste na perfuração da madeira por uma broca de pequeno diâmetro a uma velocidade constante, medindo a sua resistência à penetração, em função da energia despendida para manter essa velocidade. Por ser um ensaio que não requer grande experiência do utilizador, os únicos cuidados a ter resumem-se a manter o aparelho perpendicular à peça e estável durante a penetração da agulha.

Pelo facto de ser não destrutivo este ensaio tem vindo a generalizar-se em inspeções a estruturas de madeira, permitindo a deteção de defeitos internos, variações de densidade e secções dos elementos estruturais, quando não o é possível medir diretamente (Júnior, 2006).



a) Ensaio do Resistógrafo – Fase Inicial



b) Ensaio do Resistógrafo – Fase Final

Figura 4-10: Ensaio do Resistógrafo

#### 4.2.1.2 Ensaio de Flexão Estática

O ensaio de flexão estática consiste na colocação de provetes de dimensão 38x2x2 cm sobre dois apoios que suportam as extremidades. Em função do tipo de madeira que constitui o provete calibra-se a carga a aplicar de modo a que a rotura se atinja após 3 minutos. De seguida, o ponto de aplicação da carga, situado a meio vão, é encostado ao

provete, garantindo que não lhe é transmitida carga e iniciando-se o ensaio. Iniciou-se então a aplicação de uma carga crescente, de forma constante, até se obter a rotura. A força de rotura é a força máxima aplicada durante o ensaio e a flecha de rotura é a flecha medida a meio vão no instante em que essa força é atingida. Através dos resultados obtidos neste ensaio é também possível determinar o módulo de elasticidade do material. Este ensaio e os respetivos cálculos complementares encontram-se descritos na norma NP 619 [1973].

#### **4.2.1.3 Dureza**

A dureza da madeira é uma característica físico-mecânica relacionada com a capacidade de um elemento resistir à deformação segundo a sua direção radial quando outro corpo aplica nesta uma força crescente, podendo também descrever-se como o inverso da profundidade da moosa produzida por uma força aplicada num elemento.

Para determinar esta grandeza existem dois métodos denominados Chalais-Meudon e Janka, respetivamente. Nesta campanha de ensaios apenas se utilizou o método Chalais-Meudon. Sucintamente, o ensaio decorre durante 6 minutos, sendo que na primeira metade do ensaio é aplicada uma força constante previamente definida pelo utilizador, de acordo com o tipo de madeira ensaiada, que no final de 3 minutos é retirada ao mesmo ritmo. No final do ensaio deverão ser feitas duas leituras, que correspondem às deformações da peça para uma força de 5kgf (1ª leitura é feita no ciclo de incremento de carga, e a 2ª no ciclo de descarregamento). O inverso da diferença entre as duas deformações dá-nos a dureza do provete. Este ensaio e os respetivos cálculos complementares encontram-se descritos na norma NP 617 [1973].

#### **4.2.1.4 Ensaio de Compressão Axial**

Este ensaio consiste na colocação de um provete de 6x2x2 cm centrado sobre o prato inferior, seguidamente encosta-se o prato superior à face superior do provete, garantido que não existe transmissão de cargas. Inicia-se de seguida a aplicação de uma força progressivamente crescente de forma constante, previamente determinada, de modo a garantir a rotura ao fim de cerca de 3 minutos. Este ensaio e os respetivos cálculos complementares encontram-se descritos na norma NP 618 [1973].

### **4.2.2 Preparação das Amostras**

A preparação das amostras decorreu nas oficinas do Departamento de Engenharia de Madeiras do Instituto Superior Politécnico de Viseu. Como já foi referido, durante as visitas ao Ed.1 foi possível recolher uma série de frechais de madeira e pinho cujo comportamento se achou pertinente caracterizar e comparar. Dos vários frechais à disposição foi retirada uma amostra de cada tipo de madeira, tendo em conta o seu estado de conservação, existência de defeitos da própria madeira e quantidade/existência de pregos. Este último critério é importante porque, para além de estar relacionado com as

imperfeições internas que os pregos deixam na madeira após serem retirados, a sua presença pode danificar as máquinas utilizadas na obtenção dos provetes.

Numa primeira fase removeram-se todos os pregos das amostras e procedeu-se à lavagem das mesmas de modo a remover toda a sujidade e areias existentes sob a sua superfície, sendo depois deixadas a secar durante 24h num lugar seco e fresco.

Seguidamente as amostras foram novamente maquinadas longitudinal e transversalmente, de modo a obter uma dimensão próxima necessária. Procedeu-se ao aparelhamento dos exemplares obtidos anteriormente. Esta operação decorreu com o auxílio de uma garlopa, que efetuou o aparelhamento da face e junta, seguido da desgrossadeira que aparelhou a contraface e a contra junta (Figura 4-8). (Pinto, 2013)



a) Corte Longitudinal na serra fita

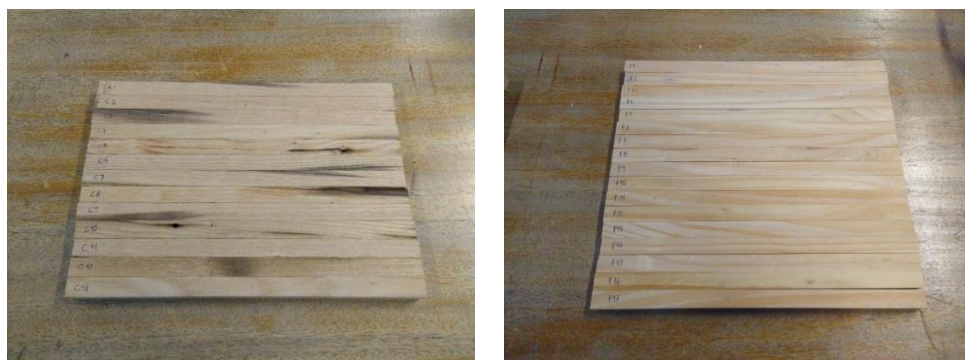


b) Aparelhamento na galorpa

Figura 4-11: Fases da maquinação dos provetes

Finalmente, para a obtenção dos provetes com as dimensões finais, foi usado equipamento para processamento de provetes, ou seja, equipamento de maior precisão, nomeadamente uma desgrossadeira e uma serra radial (Pinto, 2013).

Como se pode verificar na Figura 4-9 foram obtidos e devidamente numerados 13 provetes de castanho e 17 provetes de pinho para o ensaio de flexão estática. Enquanto as amostras de pinho não apresentavam quaisquer defeitos, as amostras de castanho tinham alguns buracos originados por pregos e sinais de queimado, presumivelmente também provocados por esses elementos que eram fixos à madeira ainda em brasa. Adicionalmente, foram também maquinados provetes para o ensaio de dureza e de compressão, no entanto, posteriormente, optou-se por aproveitar os provetes do ensaio de flexão e retirar amostras das secções de madeira que permaneceram sãs após esse ensaio.



a) Provetes de castanho

b) Provetes de pinho

Figura 4-12: Material utilizado na determinação da humidade dos provetes

Uma vez que o teor de humidade existente nos provetes é um fator a ter em conta na determinação dos resultados finais dos ensaios realizados foi necessário medir e pesar os provetes. A primeira pesagem foi feita antes do ensaio. Após o ensaio os provetes foram colocados numa estufa a uma temperatura constante de 103°C durante pelo menos dois dias até serem novamente pesados. A determinação da humidade dos provetes foi realizada de acordo com a metodologia descrita da NP-614 [1973].



a) Balança

b) Estufa

Figura 4-13: Material utilizado na determinação da humidade dos provetes

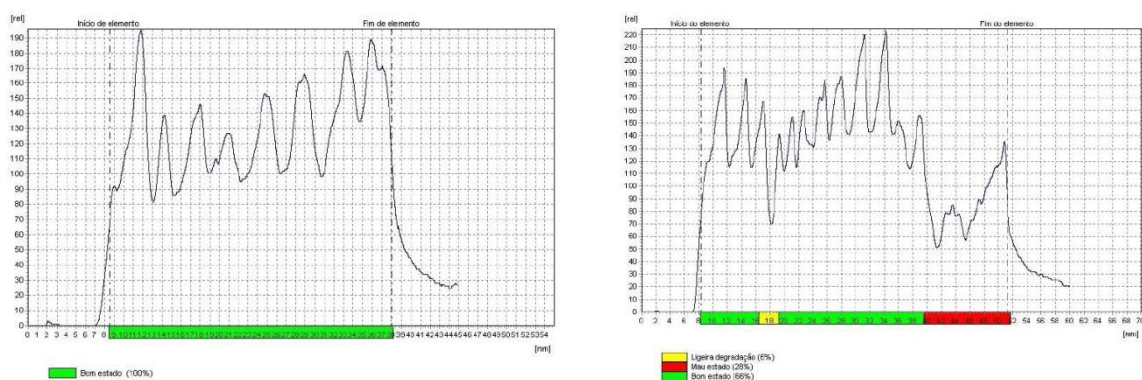
### 4.2.3 Realização dos Ensaio e Apresentação dos Resultados

Como já foi referido, com exceção do ensaio do resistógrafo, todos os ensaios foram realizados no Departamento de Madeiras do Instituto Superior Politécnico de Viseu e executados com o auxílio de uma máquina de ensaios SERVOSIS ME-405. Em seguida será feita uma breve descrição do plano de trabalhos e apresentados os respetivos resultados.

#### 4.2.3.1 Ensaio do Resistógrafo

Os ensaios com resistógrafo foram realizados no Ed.1, em distintos elementos de madeira, como tábuas das paredes de tabique, frechais, vigas de pavimento e até soalho. Os elementos ensaiados situavam-se no interior do edifício. O modelo utilizado na realização

dos ensaios foi o Resistograph 4453 RINNTECH. Na Figura 4-11 apresentam-se os resultados de dois dos ensaios realizados em paredes de tabique do Ed.1.



a) Peça em bom estado de conservação

b) Peça em mau estado de conservação

Figura 4-14: Ensaio do Resistógrafo – apresentação de resultados

De um modo geral, a maioria dos elementos apresentava bom estado de conservação (Figura 4-11.a)), existindo um ou outro caso com fendas de secagem pontuais e ligeira degradação superficial (Figura 4-11.b)), o que se pode considerar normal. Refira-se, que a preservação da madeira existente nas paredes de tabique depende diretamente da proteção que as argamassas de revestimento garantem relativamente aos agentes exteriores, sobretudo as humidades.

#### 4.2.3.2 Ensaio de Flexão Estática

Para o ensaio de flexão foram preparados trinta provetes, dezassete de pinho (*pinus pinaster*) e treze de castanho (*Castanea sativa*). Com o decorrer dos ensaios foram perceptíveis as diferenças de comportamento entre as duas espécies de madeira. Relativamente à deformação, o pinho revelou-se mais flexível do que o castanho, o que vai de encontro à informação presente nas fichas técnicas (Carvalho, 1996), utilizadas como base de apoio. Também ao nível dos tipos de rotura, as diferenças observadas foram significativas. No castanho, como se pode observar na Figura 4-12.a), a rotura ocorre sobretudo na zona onde as fibras se encontram tracionadas, no pinho a rotura ocorre ao longo de todo o plano transversal, levando à separação total da peça, pelo que não foi possível obter uma imagem ilustrativa desse momento na máquina de ensaio.

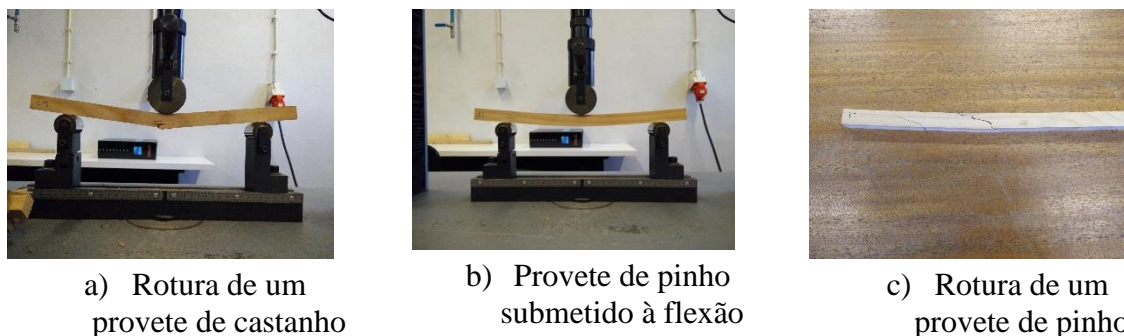
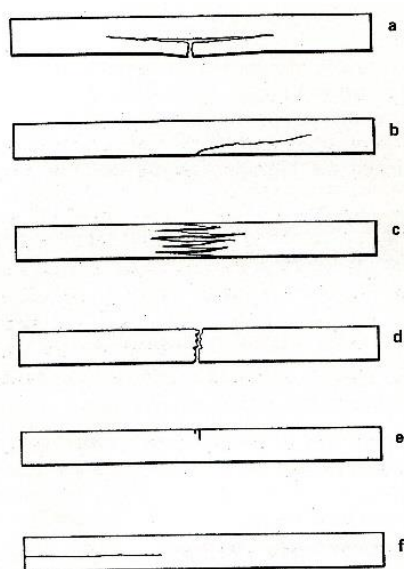


Figura 4-15: Ensaio à flexão estática e respetivas roturas

Com base nos tipos de rotura identificados por (Carvalho, 1996) (Figura 4-13), procedeu-se a um registo das roturas dos vários provetes ensaiados. Com essa informação determinaram-se as roturas mais frequentes para os dois tipos de madeira estudados (Tabela 4-6).



Legenda:

- a- tração simples (barras de fio direito; madeiras secas)
- b- tração diagonal (barras com fio diagonal);
- c- tração estilhaçada (madeira rígida; fratura fibrosa longa)
- d- tração quebradiça (madeira frágil; fratura lisa);
- e- fissura de compressão (madeira incompletamente seca)
- f- Fenda horizontal (barras de seção retangular, de posição relação altura/largura; máxima tensão de corte paralelo)

Figura 4-16: Tipos de rotura em barras submetidas ao ensaio de flexão estática

Tabela 4-6: Tipos de rotura observadas nos ensaios à flexão estática

	Tipo de Rotura - Flexão (%)					
	a	b	c	d	e	f
Pinho	23,53	5,88	0	70,59	0	0
Castanho	46,15	53,85	0	0	0	0

Como se pode observar na Tabela 4-6, nas amostras de pinho a rotura de tração quebradiça foi observada na grande maioria dos provetes. Alguns provetes de pinho também sofreram rotura por tração simples que por norma é indicação que a madeira pode estar

completamente seca. Apenas uma das amostras sofreu um tipo de rotura diferente dos dois já mencionados – tração diagonal.

Relativamente às amostras de madeira de castanho, treze no total, os tipos de rotura observados dividiram-se entre tração simples e tração diagonal.

O facto de as amostras de pinho apresentarem um grande número de roturas do tipo frágil, contrastante com as amostras de castanho, vai de encontro ao comportamento habitual desta madeira.

Nos Gráficos 4-4 e 4-5 pode ver-se o comportamento distinto durante a realização do ensaio das amostras de pinho e castanho respetivamente.

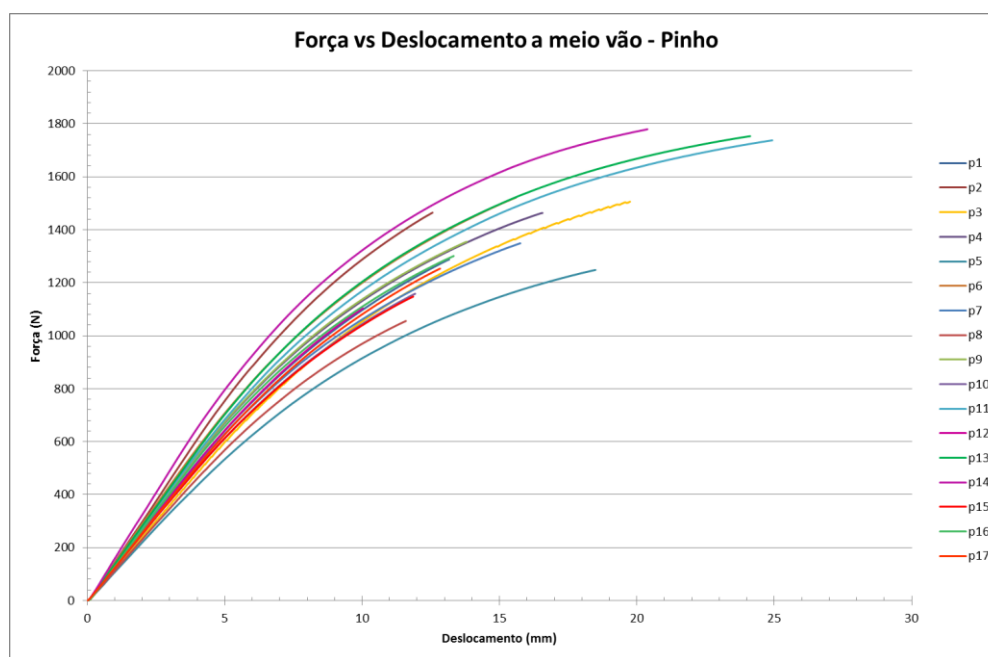


Figura 4-17: Ensaio de flexão estática – Amostras de Pinho

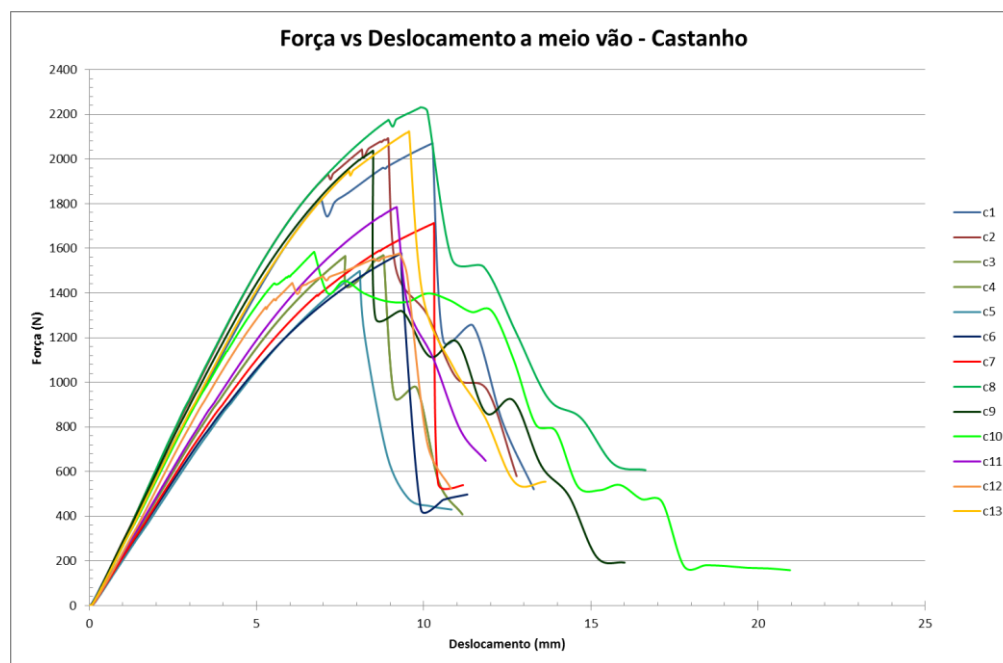


Figura 4-18: Ensaio de flexão estática – Amostras de Castanho

Observando os dois gráficos verifica-se facilmente a diferença de comportamento na rotura. Nas amostras de pinho, como já foi mencionado, as roturas eram repentinas e totais, condizentes com um material frágil, por consequência não existe nesses provetes uma zona de deformação com diminuição de carga observada nas amostras de castanho. No castanho, para além dessa zona de deformação com diminuição de carga, observa-se em alguns provetes ressaltos que poderiam indiciar o princípio da rotura. No entanto as amostras invariavelmente resistiram a cargas significativamente superiores às do ressalto.

Em função dos resultados obtidos foi possível determinar uma série de parâmetros para um teor em água de 12%, como a massa volúmica e as cotas de flexão, tenacidade e rigidez. De modo a ser possível determinar esses parâmetros foi necessário calcular o teor em água de cada uma das amostras (Tabela 4-7). Posteriormente calcularam-se os parâmetros referidos para o teor em água contido nas amostras, utilizando depois fórmulas específicas que nos dão o valor equivalente de cada parâmetro para um teor em água de 12%.

As colunas designadas com as letras ‘P’ e ‘C’ correspondem aos resultados obtidos para as amostras de pinho e castanho, respetivamente, sendo essa a nomenclatura utilizada nos quadros e gráficos daqui para a frente.

Tabela 4-7: Teor em água dos provetes utilizados no ensaio à flexão estática

	Média		Mínimo		Máximo		Desvio Padrão		Coeficiente de Variação (%)	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
Teor em água (%)	11,26	10,21	10,80	10,03	11,58	10,54	0,22	0,153	1,97	1,50

Conhecendo o teor em água das amostras foi também possível determinar a respetiva densidade dos provetes, na Tabela 4-8 apresentam-se as densidades determinadas e o valor de referência das espécies utilizadas como termo de comparação.

Tabela 4-8: Densidade média obtida e densidade de referência das espécies utilizadas como comparação

	Pinho (Valor médio)	Pinho Bravo (Viana)	Pinho Bravo (Leiria)	Castanho (Valor Médio)	Castanho Bravo	Castanho Manso
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	564,6	565	640	566,2	600	515

Verificou-se que o valor da densidade da amostra de pinho utilizada na realização dos ensaios é igual à densidade do Pinho Bravo de Viana que é uma madeira considerada moderadamente pesada (Carvalho, 1996). Relativamente à amostra de castanho, a sua densidade ficou entre os valores de referência do Castanho Manso e Castanho Bravo, ambas consideradas madeiras leves (Carvalho, 1996).

Na Tabela 4-9 seguinte apresentam-se os valores da tensão de rotura e as cotas de flexão, tenacidade e rigidez para um teor de água de 12%. De forma direta obteve-se ainda o deslocamento a meio vão dos provetes.

Tabela 4-9: Representação estatística dos resultados obtidos através do ensaio de flexão estática

		Média		Mínimo		Máximo		Desvio Padrão		Coeficiente de Variação (%)	
		P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
Tensão de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )		971	1250	757	995	1248	1523	146,14	183,62	15,05	14,69
Deslocamento (mm)		15,69	13,22	10,02	10,82	24,93	20,96	4,30	2,88	27,42	21,81
Cota	Flexão	17,21	22,04	13,73	17,58	24,03	24,68	2,49	2,29	14,48	10,40
	Tenacidade	2,43	2,77	1,78	1,94	3,34	4,52	0,39	0,64	16,09	23,18
	Rigidez	19,08	21,99	11,23	13,36	27,94	25,89	4,63	3,82	24,28	17,37

Para os valores do deslocamento a meio vão, verifica-se que, apesar de atingirem valores superiores de tensão de rotura, os provetes de castanho não correspondem a uma maior flexão. No pinho, verificou-se que, comparativamente com o castanho, para cargas menores a flexão do provete é maior.

As cotas apresentadas na Tabela 4-9 são três parâmetros importantes para completar a descrição do comportamento das madeiras à flexão estática. A cota de flexão estabelece uma relação entre a tensão de rotura à flexão do provete e a densidade do provete para um

teor de água de 12%. Este parâmetro caracteriza-se por ser relativamente constante para vários provetes da mesma amostra, permitindo comparar diversas madeiras entre si (Carvalho, 1996).

A cota de tenacidade resulta do quociente entre a tensão de rotura à flexão e a tensão de rotura à compressão para um teor em água de 12%. A maior parte das madeiras tem uma cota de tenacidade situada entre 2,2 e 2,7, estando os valores médios das amostras estudadas dentro dessa gama de valores. Quando existem valores inferiores a 2 normalmente é indicador de madeiras defeituosas ou com fio diagonal. Nas amostras de pinho esses valores poderão ficar a dever-se ao fio diagonal, uma vez que algumas amostras não estavam maquinadas segundo o sentido das fibras, que seria o mais correto para a realização do ensaio. Nas amostras de pinho os valores inferiores a 2 resultam dos defeitos já mencionados. Valores superiores a 3 são raros e costumam corresponder a madeiras com muito elevada resistência à flexão estática. Uma vez que o valor médio da cota de tenacidade dos provetes de castanho foi influenciado negativamente pelos provetes com defeitos, é possível que na ausência desses defeitos se tivesse obtido um valor médio muito próximo ou até superior a 3.

Por último, a cota de rigidez mede a flexibilidade da madeira, sendo muito influenciada pela humidade presente na madeira. Os valores obtidos, tanto para o pinho como o castanho, são bastante próximos, de acordo com os teores em água determinados.

Relativamente aos valores da tensão de rotura verificou-se que o castanho atingiu valores de carga significativamente mais altos do que o pinho, notando-se, no entanto, algumas amostras cujos resultados foram influenciados pela existência de furos provocados por pregos que aí estavam fixados, como se pode ver na Figura 4-14 e analisando a curva correspondente no Gráfico 4-5 (curva c10).

Comparativamente aos valores obtidos por (Pinto, 2013) verificou-se que as tensões de rotura obtidas se situam na mesma gama de valores embora as densidades as suas densidades fossem ligeiramente maiores. Inversamente, os deslocamentos e a cota de flexão obtidos nesta campanha de ensaios foram significativamente maiores.

Relativamente à cota de rigidez os valores obtidos são inferiores aos obtidos por (Pinto, 2013) mas significativamente mais próximos dos valores de referência retirados de (Carvalho, 1996).

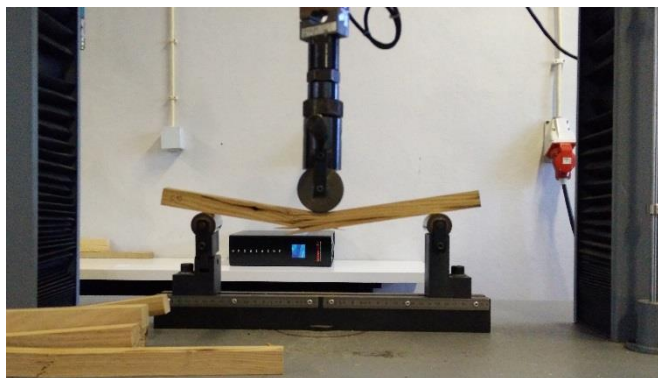


Figura 4-19 - Rotura do provete C10

Na Tabela 4-10 efetua-se uma comparação entre o valor médio das tensões de rotura obtidas nos dois grupos de amostras e as tensões de rotura das espécies similares existentes em Portugal onde as amostras se podem enquadrar. Os valores de referência utilizados como comparação foram retirados de (Carvalho, 1996).

Tabela 4-10: Comparação entre os valores de tensão de rotura obtidos e de referência – Flexão Estática

	Pinho (Valor médio)	Pinho Bravo (Viana)	Pinho Bravo (Leiria)	Castanho (Valor Médio)	Castanho Bravo	Castanho Manso
Tensão de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	971	1350	1519	1250	1210	1050

Verificou-se que no caso dos provetes em pinho o valor médio obtido na realização dos ensaios foi bastante inferior aos valores de referência de ambas as espécies usadas para comparação. Tal diferença pode justificar-se pela idade da madeira utilizada no ensaio, que provavelmente perdeu parte das suas qualidades ao longo do tempo. Na amostra de castanho verificou-se que o valor médio obtido na realização dos ensaios foi significativamente superior ao valor de referência do Castanho Manso e ligeiramente superior ao valor do Castanho Bravo, demonstrando a qualidade e durabilidade desta madeira.

Através das curvas apresentadas nos Gráficos 4-4 e 4-5 e recorrendo à metodologia preconizada na EN 408 [2003] foi possível determinar o módulo de elasticidade aparente de cada uma das amostras. Na Tabela 4-11 são apresentados os valores obtidos para as amostras de pinho e castanho, respetivamente. Verifica-se que o valor médio do módulo de elasticidade aparente do castanho é aproximadamente o dobro do valor obtido nas amostras de pinho. Pela classificação atribuída pela NP EN 338, (2003) os valores obtidos para as amostras de Pinho deixam-na abaixo da classe de resistência C14. Por sua vez a amostra de Castanho aproximava-se da classe de resistência D30.

Tabela 4-11: Módulo de Elasticidade aparente dos provetes

	Média		Mínimo		Máximo		Desvio Padrão		Coeficiente de Variação (%)	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
	Em,app (GPa)	4,51	9,30	3,71	7,04	5,47	11,06	0,41	1,29	9,03

Comparativamente com os valores apresentados por (Pinto, 2013) constatou-se que os módulos de elasticidade obtidos nesta campanha de ensaios são significativamente inferiores, o que pode indicar a utilização de madeiras menos nobres nos edifícios agora estudados.

#### 4.2.3.3 Ensaio de Compressão Axial

Após a realização do ensaio de flexão estática e respetiva secagem dos provetes, estes foram maquinados e das suas partes sãs foram retirados provetes para a realização do ensaio de compressão axial e de dureza.

No total foram ensaiados à compressão 34 provetes de pinho e 25 de castanho. Tal como no ensaio de flexão estática evidenciaram-se diferenças de comportamento no momento da rotura dos dois tipos de madeira estudada (Figura 4-15), pelo que novamente se procedeu a um tratamento estatístico desse fenómeno.

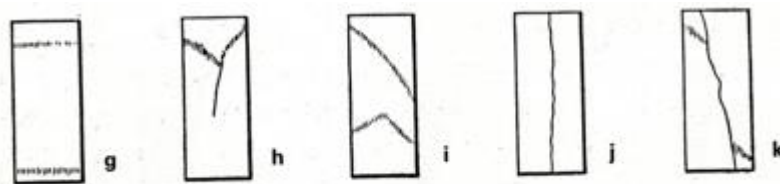
Na Tabela 4-12 apresenta-se o tratamento estatístico dos modos de rotura à compressão observados, sendo a nomenclatura dos vários modos de rotura interpretada de acordo com o explicitado na Figura 4-16 retirada de Carvalho (1996).



Figura 4-20: Exemplo de alguns tipos de rotura observados

Tabela 4-12: Análise estatística dos modos de rotura à compressão axial

	Tipo de Rotura - Compressão (%)				
	g	h	i	j	k
Pinho	36,36	12,12	39,39	0	12,12
Castanho	9,09	27,27	50	4,55	9,09



g – Esmagamento (topos de provetes relativamente húmidos)

h – fissura cuneiforme (conjugação de corte e fendimento)

i – fissura de corte transversal (rotura mais normal ou frequente)

j – fendimento (provetes exageradamente secos)

k – compressão e corte paralelo (provetes de fio diagonal; testes rejeitados)

Figura 4-21: Modos de rotura à compressão axial (Carvalho, 1996)

Nas amostras de pinho as roturas mais frequentes repartiram-se entre esmagamento, que pode indicar que o topo dos provetes pode conter excesso de humidade e fissura de corte transversal que é a rotura mais frequente neste tipo de ensaio. Embora em muito menor numero, verificaram-se ainda roturas por conjugação de corte e fendimento e compressão e corte paralelo.

Nas amostras de castanho verificou-se que metade dos provetes sofreu rotura por fissura de corte transversal e cerca de um quarto da amostra rotura do tipo cuneiforme.

Embora se tenham verificado algumas roturas por compressão e corte paralelo, que por norma são rejeitadas para estudo posterior, neste caso optou-se por considerar essas amostras no tratamento estatístico dos valores determinados a partir dos dados extraídos do ensaio, não se tendo verificado uma variação de valores que justificasse o contrário.

Nos Gráficos 4-6 e 4-7 apresentam-se os comportamentos das amostras de pinho e castanho respetivamente.

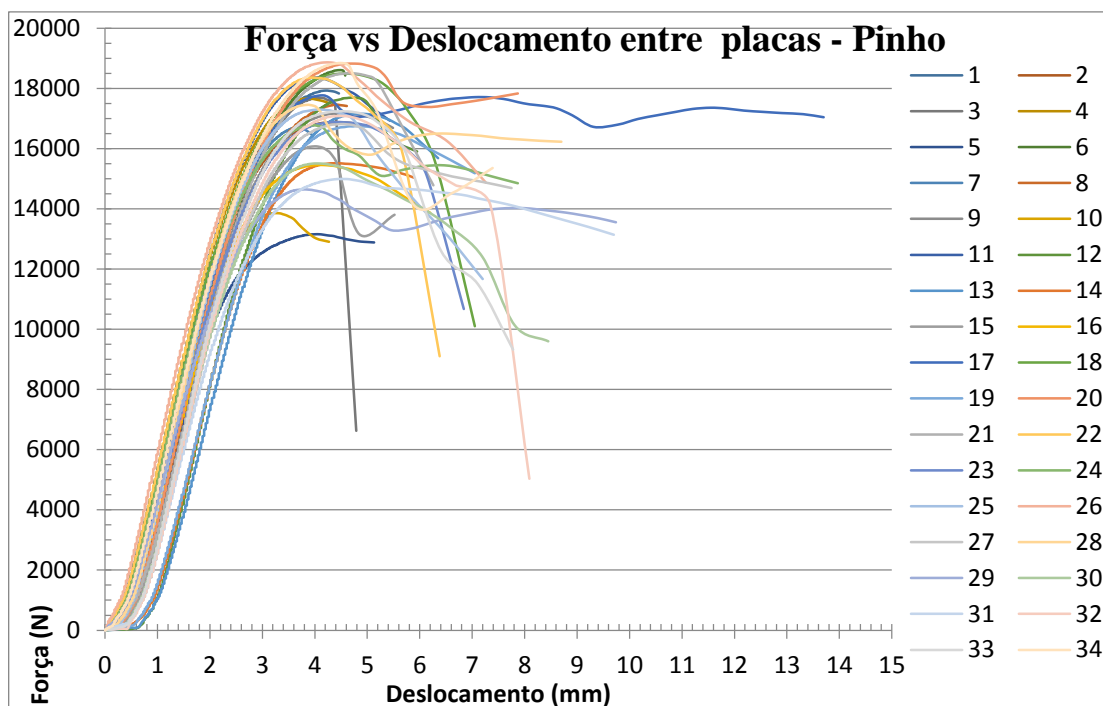


Figura 4-22: Ensaio de Compressão Axial – Amostras de Pinho

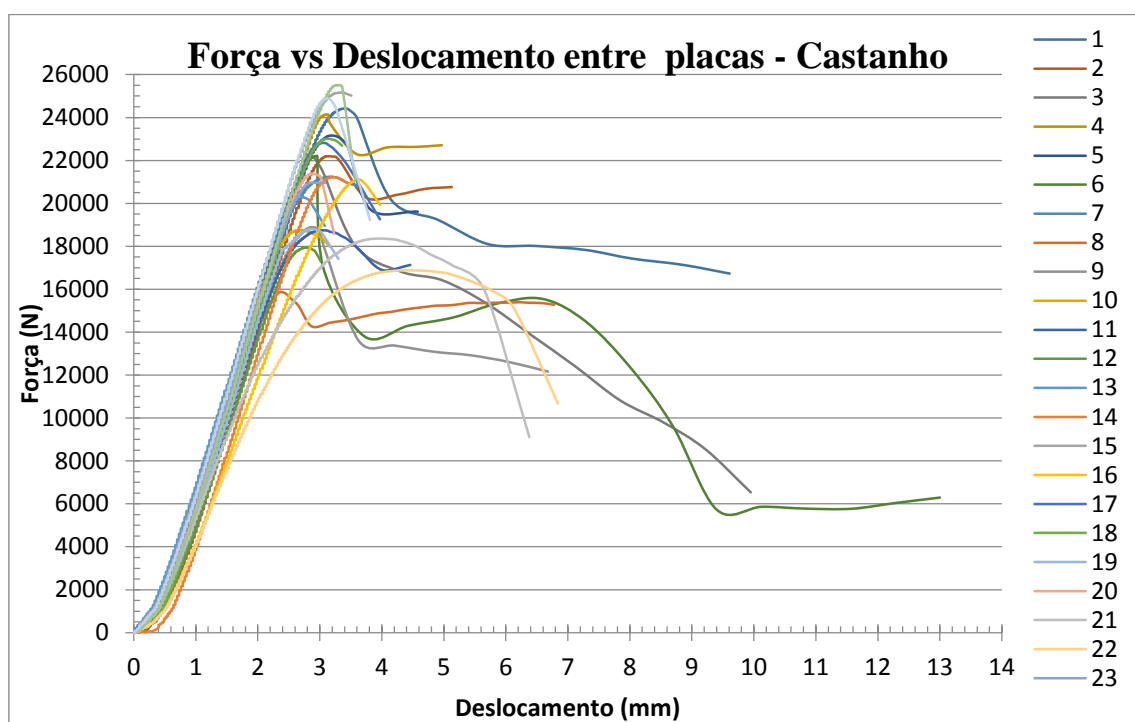


Figura 4-23: Ensaio de Compressão Axial – Amostras de Castanho

Contrariamente ao observado no ensaio de flexão estática, neste ensaio as diferenças de comportamento entre os dois tipos de madeira não são tão significativas. Destaque-se que as amostras de castanho suportaram uma maior carga até entrarem em rotura e que até ao instante de entrada em rotura a sua deformação é menor do que a que se verifica nas amostras de pinho.

Tal como no ensaio de flexão estática houve necessidade de proceder à determinação da humidade dos provetes. Na Tabela 4-13 apresentam-se os valores obtidos.

Tabela 4-13: Teor em água dos provetes utilizados no ensaio à compressão axial

	Média		Mínimo		Máximo		Desvio Padrão		Coeficiente de Variação (%)	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
Teor em água (%)	11,13	9,60	10,68	9,31	11,55	10,01	0,19	0,14	1,68	1,49

Comparativamente com os valores obtidos no ensaio de flexão estática, nas amostras de pinho a variação do teor em água pode considerar-se desprezável, nas amostras de castanho a variação foi mais significativa registando-se uma diminuição do teor em água de cerca de 0,5%.

Após a determinação do teor em água dos provetes, foi possível determinar a tensão de rotura para um teor de água de 12% e as cotas estática e específica. O tratamento estatístico dessa informação, bem como o deslocamento medido são apresentados na Tabela 4-14.

Tabela 4-14: Representação estatística dos resultados obtidos através do ensaio de compressão axial

	Média		Mínimo		Máximo		Desvio Padrão		Coeficiente de Variação (%)		
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	
Tensão de Rotura (kgf/cm <sup>2</sup> )	407	475	312	337	465	562	36,27	58,15	8,91	12,23	
Deslocamento (mm)	6,68	5,13	3,94	3,02	13,7	13	1,96	2,53	29,36	49,30	
Cota	Estática	7,22	8,42	5,07	6,63	7,91	9,63	0,57	0,72	7,94	8,58
	Específica	12,86	15,04	8,22	12,60	15,58	19,74	1,46	1,87	11,37	12,44

Observando os valores apresentados, constata-se que a tensão de rotura média dos provetes de castanho foi significativamente superior aos provetes de pinho. Verifica-se também que para uma tensão de rotura maior, os provetes de castanho sofreram um deslocamento menor, apresentando no entanto maior variabilidade de resultados comparativamente ao pinho.

Os ensaios de compressão axial são bastante influenciados pela inclinação do fio de madeira. Pelo facto de as amostras resultarem de elementos de madeiras com muitos pregos, não foi possível obter uma inclinação de fio ótima para todas as amostras.

Os defeitos internos são outro fator que influencia significativamente a resistência à compressão e a deformação dos provetes. Como mencionado anteriormente (Figura 4-14), os provetes de castanho apresentavam sinais de degradação provocados pelos conectores

metálicos o que terá também contribuído para a grande variabilidade dos deslocamentos observados no pinho e sobretudo no castanho.

A cota estática é o quociente da tensão de rotura à compressão axial pela massa volúmica de referência multiplicada por cem, já apresentada na Tabela 4-14, e permite uma boa comparação do comportamento de diferentes madeiras quando sujeitas à compressão axial (Carvalho, 1996). Uma cota estática superior caracteriza um melhor comportamento à compressão axial.

A cota específica é determinada através do quociente da tensão de rotura pelo quadrado da massa volúmica multiplicada por cem, sendo utilizada como medida de caracterização de amostras de uma mesma espécie (Carvalho, 1996).

Através da interpretação dos resultados obtidos para as amostras estudadas é possível concluir que as amostras de castanho, apesar dos defeitos internos já mencionados, apresentaram um melhor comportamento à compressão axial, pese embora, os valores de referência apresentados por (Carvalho, 1996) indiquem que regra geral, o pinho tem melhor comportamento neste tipo de ensaio.

Comparando com os valores apresentados por (Pinto, 2013) os valores obtidos são significativamente inferiores. Este facto torna-se particularmente relevante no Pinho, onde as amostras estudadas ficaram muito aquém dos valores de referência. Tanto os deslocamentos como as cotas estática e específica obtidas eram significativamente superiores às apresentadas por (Pinto, 2013), indo um pouco contra os valores da tensão de rotura obtidos.

Na Tabela 4-15 efetua-se a comparação entre os valores de tensão de rotura médios obtidos no ensaio de compressão axial e os valores de referência das espécies utilizadas como comparação.

Tabela 4-15: Comparação entre os valores de tensão de rotura obtidos e de referência –  
Compressão Axial

	Pinho (Valor médio)	Pinho Bravo - Viana	Pinho Bravo - Leiria	Castanho (Valor Médio)	Castanho Bravo	Castanho Manso
Tensão de Rotura (kgf/cm <sup>2</sup> )	407	590	685	475	450	430

Os valores obtidos na amostra de pinho ficam muito aquém dos valores de referência dos pinhos utilizados como base de comparação, existindo uma diferença superior a 180kgf/cm<sup>2</sup> entre o valor médio obtido e o menor dos valores de referência fornecidos por (Carvalho, 1996), o que pode indicar uma perda acentuada das propriedades deste tipo de madeira com o tempo.

Relativamente ao castanho, tal como no ensaio de flexão estática, a amostra estudada apresenta um excelente desempenho, obtendo-se um valor médio para a tensão de rotura superior a ambos os valores de referência retirados de (Carvalho,1996), demonstrativo da durabilidade deste tipo de madeira.

#### 4.2.3.4 Ensaio de Dureza

Tal como mencionado na breve descrição feita do ensaio, neste trabalho a determinação da dureza foi realizada apenas pelo método de Chalais-Meudon. Foram testados 36 provetes, 19 de castanho e 17 de pinho. Embora nos cálculos decorrentes do ensaio o teor em água dos provetes não tenha qualquer influência nos resultados, optou-se ainda assim, por determinar esse parâmetro. Na Tabela 4-16 expõem-se os resultados obtidos.

Tabela 4-16: Teor em água dos provetes utilizados no ensaio à dureza

	Média		Mínimo		Máximo		Desvio Padrão		Coeficiente de Variação (%)	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
Teor em Água (%)	10,43	9,52	8,53	9,34	10,75	9,78	0,49	0,12	4,71	1,25

Tal como nos outros ensaios, os valores obtidos indicam que as amostras se encontravam bastante secas, com teores de água inferiores ao teor de água padrão de 12%.

Na Tabela 4-17 apresentam-se os resultados dos ensaios à dureza realizados.

Tabela 4-17: Representação estatística dos resultados obtidos através do ensaio de dureza

	Média		Mínimo		Máximo		Desvio Padrão		Coeficiente de Variação (%)	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
Dureza	4,45	2,51	2,56	1,45	7,69	4,42	1,24	0,78	27,84	30,98
Profundidade da moosa (mm)	1,10	1,29	0,85	0,92	1,25	1,54	0,12	0,17	10,56	12,84

A dureza é um parâmetro com diferente classificação em função da categoria de madeira que se estuda, isto é, resinosa ou folhosa. Uma vez que este estudo recai sobre uma madeira do tipo resinosa (pinho) e outra do tipo folhosa (castanho), antes de efetuar comparações entre as duas será conveniente estabelecer a classe de dureza de cada uma, em primeiro lugar.

No pinho o valor médio da dureza é de 4,45, que segundo a classificação apresentada por Carvalho (1996), representa uma madeira dura.

O castanho apresenta um valor médio de dureza de 2,51, sendo classificado pelos critérios das madeiras do tipo folhoso como uma madeira branda (Carvalho, 1996).

É de realçar que apesar do número de dureza do pinho ser significativamente maior do que o do castanho, a profundidade média da moosa de cada uma das amostras é muito idêntica. Na Tabela 4-18 estabelece-se uma comparação entre os valores de dureza obtidos e os valores de referência das espécies selecionadas para comparação.

Comparativamente com os resultados apresentados por (Pinto, 2013) a amostra de pinho apresenta resultados bastante aproximados.

Tabela 4-18: Comparação entre o número de dureza da amostra estudada e as espécies de referência

	Pinho (Valor médio)	Pinho Bravo Viana	Pinho Bravo Leiria	Castanho (Valor Médio)	Castanho Bravo	Castanho Manso
Dureza (CM)	4,45	3,6	2,2	2,51	2,5	1,8

Como se pode verificar o pinho estudado apresenta um número de dureza médio bastante superior a ambos os valores das espécies de referência retirados de (Carvalho, 1996), que segundo a classificação mencionada acima seriam qualificadas como sendo de classe moderadamente dura.

O castanho apresenta um valor coincidente com o valor do castanho bravo utilizado como referência, indo de encontro ao evidenciado nos ensaios anteriores onde apresentou bastantes similaridades com essa espécie.

É, no entanto, através da cota de dureza, que é possível aferir o uso indicado para cada tipo de madeira. A cota de dureza é dada pelo quociente entre o número de dureza e o quadrado da massa volúmica do provete. Na Tabela 4-19 apresentam-se as cotas de dureza média obtidas e o restante tratamento estatístico desse tópico.

Tabela 4-19: Representação estatística da cota de dureza das amostras estudadas

	Média		Mínimo		Máximo		Desvio Padrão		Coeficiente de Variação (%)	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
Cota de Dureza	7,87	4,43	4,53	2,56	13,61	7,82	2,19	1,37	27,84	30,98

De acordo com Carvalho (1996), a cota de dureza média do pinho classifica-se como normal e apresenta aptidão para servir como madeira de construção em funções estruturais. A amostra de castanho qualifica-se como fraca, sendo apenas classificada como madeira de carpintaria.

Verifica-se que o castanho, tendo ótimos resultados no ensaio de flexão estática e de compressão axial, apresenta uma má classificação neste critério, constatando-se o inverso no pinho. O resultado do pinho pode ser justificado pelo facto do seu número de dureza, que influencia diretamente a cota de dureza, ser significativamente maior do que os valores de referência existentes para madeiras de pinho.

#### **4.2.4 Análise dos Resultados**

Nos ensaios de flexão estática verificaram-se diferenças significativas entre os dois tipos de madeira. Saliente-se os tipos de rotura, onde o pinho apresentou um comportamento mais frágil do que o castanho.

As densidades determinadas para os dois materiais foram praticamente idênticas, situando-se na gama de valores da espécie de referência, o pinho de Viana. No caso da amostra de pinho esse resultado pode considerar-se perfeitamente normal. Por sua vez, no castanho, comparando com as amostras de referência escolhidas, a densidade determinada encontra-se dentro do intervalo de valores expectável.

É, no entanto, de salientar que as tensões de rotura obtidas neste ensaio ficaram bastante aquém dos valores das amostras de referência no caso do pinho, sendo que o castanho obteve resultados ligeiramente melhores que os apresentados como referência. Na determinação do módulo de elasticidade verificou-se que o valor obtido para a amostra de pinho é metade do valor obtido para a amostra de castanho.

No ensaio de compressão axial, tal como se verificou no ensaio de flexão estática, também os modos de rotura entre os dois tipos de madeira estudados apresentaram algumas diferenças, embora a fissura de corte transversal tenha em ambos os casos sido o tipo de rotura mais frequente.

Relativamente aos valores de tensão de rotura, o castanho obteve valores médios superiores aos do pinho e apresentou deformações menores.

Já comparando as amostras estudadas com as respetivas espécies de referência verifica-se que a amostra de pinho fica aquém dos valores das espécies utilizadas para comparação, enquanto a amostra de castanho supera os valores de referência das espécies comparáveis.

Por último, no ensaio de dureza, a amostra de pinho obteve um número de dureza bastante superior aos dos valores de referência. Este valor pode ser justificável por não ter sido possível maquinar os provetes de pinho segundo a direção do fio da madeira, o que, por consequência, levou a que alguns dos provetes tenham sido ensaiados segundo uma direção que conduziu a um número de dureza não correspondente com a realidade. O

castanho, que tinha as três direções perfeitamente definidas apresenta um número de dureza coincidente com o do castanho bravo utilizado como comparação.

A cota de dureza é um parâmetro que relaciona o número de dureza com a densidade da madeira em estudo, segundo a classificação preconizada por Carvalho (1996). De acordo com essa classificação a amostra de pinho é uma madeira apta para utilização estrutural, sendo o castanho apenas apto para utilização como carpintaria.

### 4.3 Argamassas

As argamassas de revestimento e enchimento de paredes de tabique têm um papel que vai para além da componente estética, revelando-se como um agente determinante no incremento da durabilidade deste tipo de paredes.

Sendo o material que cria uma barreira entre os elementos de madeira (fasquio e tábuas verticais) e o ambiente exterior, é desejável que este, além de compatível com o suporte, tenha boa durabilidade e baixa permeabilidade, evitando que a água se infiltre e se aloje na madeira, levando ao surgimento de patologias nesses elementos.

Normalmente as argamassas tradicionais de paredes de tabique têm origem terrosa ou argilosa, sendo frequentemente misturadas com matéria vegetal, mais especificamente no caso da região de Viseu, palha.

Embora ao longo deste trabalho, se tenham observado diversas paredes de tabique revestidas com argamassa de cimento, essa solução não será abordada neste subcapítulo, pois é um material contemporâneo e de características conhecidas, cujas propriedades já foram exaustivamente estudadas, em que a sua aplicação surge em obras de reabilitação das referidas paredes.



a) Amostra de argamassa terrosa



a) Amostra de argamassa calcária

Figura 4-24: Tipos de argamassa utilizados nas paredes de tabique

Uma vez que já foi feita uma caracterização exaustiva das várias propriedades deste material por Pinto (2013) e por Godinho (2014), optou-se por analisar apenas um parâmetro, a resistência à compressão uniaxial das argamassas que até à data ainda não tinha sido muito aprofundado, nomeadamente na região das Beiras, onde Viseu se insere.

### 4.3.1 Descrição do Ensaio

Este ensaio tem sido realizado em estudos de argamassas de paredes de alvenaria de edifícios antigos, destacando-se os estudos de Veiga (2004), Magalhães (2006) e de Válek (2009), entre outros.

Mais recentemente, Godinho (2014) efetuou ensaios de compressão uniaxial em amostras de argamassa recolhidas de paredes de tabique de edifícios antigos da cidade de Viseu.

O método consiste na realização do ensaio de compressão em amostras irregulares utilizando a prensa convencional utilizada para ensaios de compressão de provetes prismáticos de argamassa (EN 1015 - 11).

Foram ensaiados quatro lotes de amostras recolhidas no Ed.1, todas de aspeto e constituição semelhante (origem terrosa com pedaços de palha). A cada lote correspondia um intervalo de espessura total da amostra, que engloba a espessura da argamassa tradicional e a espessura de uma argamassa calcária utilizada como revestimento exterior (Figura 4-18). O lote 1 abrangia as amostras de 15 a 20mm de espessura, o lote 2 as amostras de 21 a 25 mm, o lote 3 as amostras de 26 a 30 mm e o lote 4 as amostras de 31 a 35mm.

Além destes, foi ensaiado um lote recolhido no Ed.3, embora neste caso, se tenha optado por agrupar todos os elementos no mesmo lote, pois a dimensão da amostra não justificava a separação das amostras por espessuras.



Figura 4-25: Aspeto das amostras de argamassa recolhidas no Ed.1

### 4.3.2 Preparação das amostras

A preparação das amostras consistiu numa primeira fase no seccionamento de amostras de grandes dimensões em amostras mais pequenas (Figura 4-19.a)). Nesta fase é essencial a

escolha da zona a seccionar. O procedimento mais fácil consiste em aproveitar as fendas existentes na amostra para efetuar o seccionamento e ao mesmo tempo rejeitar zonas com fendilhação excessiva.

Posteriormente, a superfície das amostras mais pequenas foi nivelada e limpa (Figura 4-19.b)). Tal procedimento é indispensável, uma vez que os prismas servem de elemento de contacto entre a prensa e as amostras, garantindo que a carga transmitida pela prensa atua numa área plana e de dimensão conhecida.



a) Divisão de uma placa de revestimento em amostras mais pequenas



b) Amostra após corte, nivelamento e limpeza

Figura 4-26: Preparação das amostras

Após o nivelamento, procedeu-se à colagem de prismas retangulares de alumínio numa das faces das amostras, preferencialmente, a mais plana (Figura 4-20.a)).

É de referir que devido ao número de amostras a ensaiar, associado à escassez inicial de prismas, houve a necessidade de adquirir mais prismas, cujas dimensões eram ligeiramente diferentes. Deste modo, os prismas utilizados na realização dos ensaios tinham dimensões de 40x40x10mm e de 43x43x10mm respetivamente.

Para efetuar a ligação entre os prismas e as amostras de argamassa utilizou-se cimento.

Após garantida a adesão da chapa à face da amostra e removido o cimento em excesso, procedeu-se à colagem da chapa na face oposta (Figura 4-20.d)), com o cuidado de garantir que as duas chapas ficavam alinhadas. Para isso idealizou-se um elemento realizado em contraplacado, como que se pode verificar na Figura 4-20.c).



a) Colagem da primeira chapa



b) Pasta de cimento utilizada na colagem



c) Engenho de auxílio ao alinhamento dos prismas      d) Pormenor da colagem do segundo prisma

Figura 4-27: Processo de colagem dos prismas às amostras

De modo a garantir a correta adesão dos prismas às amostras, adotou-se um tempo de repouso entre a colagem e o ensaio de sete dias.



Figura 4-28: Aspeto da amostra de argamassa pronta para ensaiar

### 4.3.3 Realização dos ensaios e apresentação dos resultados

Como já foi referido, as amostras do Ed.1 foram divididas em quatro lotes, em função da sua espessura, por sua vez, no Ed.3 ensaiou-se um único lote, independentemente da espessura da amostra. Na Figura 4-22 pode observar-se uma imagem da prensa de ensaios e do sistema de aquisição de dados, onde se visualizaram e extraíram os resultados.



Figura 4-29: Prensa de ensaios e sistema de aquisição de dados

Na Figura 4-23 apresentam-se algumas imagens do aspeto das amostras após a rotura. Verificou-se que na secção da amostra exterior à área contida entre os prismas, ocorria o desprendimento da argamassa calcária relativamente à argamassa terrosa.

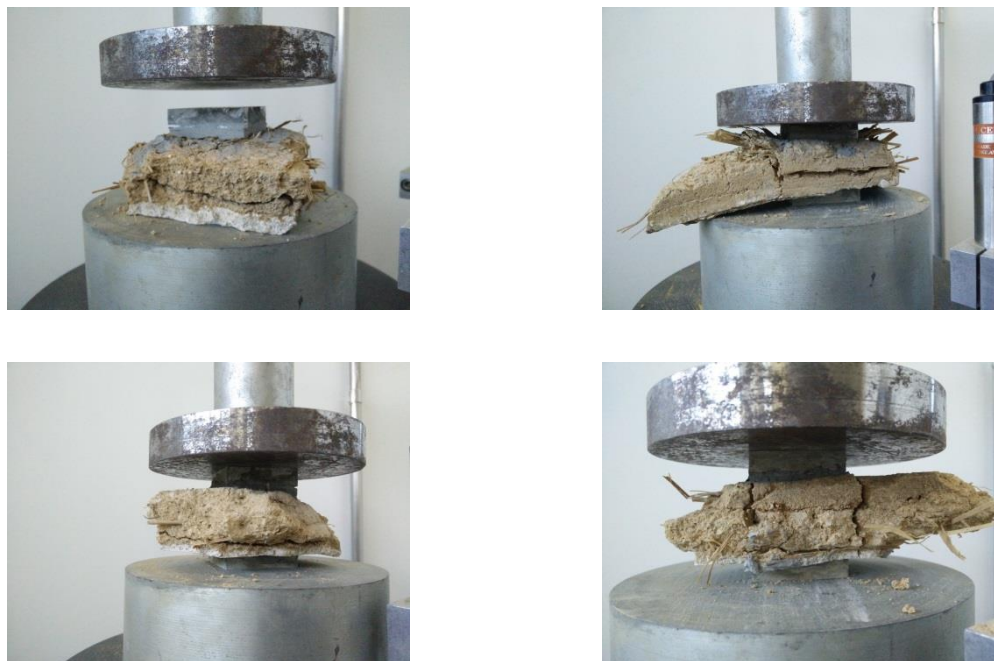


Figura 4-30: Aspeto geral das amostras após a rotura

Também se verificou que o cubo delimitado pelos dois prismas se comportava de forma independente da restante amostra, separando-se de todo o material existente fora dessa área. Por sua vez, na Figura 4-24 apresentam-se imagens da zona de rotura de algumas das amostras ensaiadas.

Verificou-se que nas amostras onde a palha era mais abundante na zona de rotura, o ângulo de rotura era menos pronunciado que nas restantes, podendo ser a justificação para a qual algumas amostras apresentaram uma espécie de patamar de cedência.

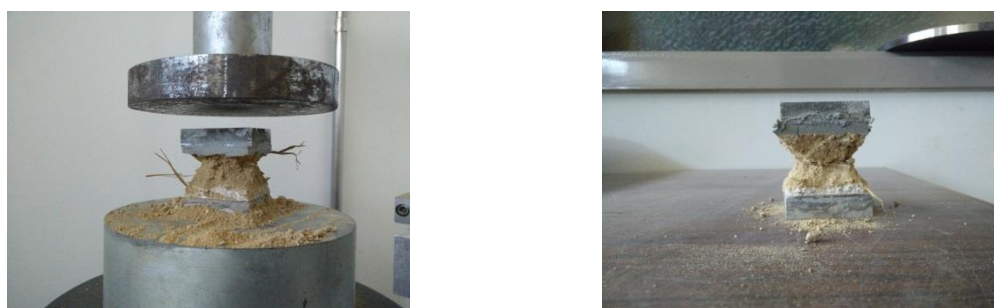




Figura 4-31: Aspeto das amostras na zona de rotura

### 4.3.3.1 Resultados das amostras do Ed.1

Nos Gráficos 4-8 a 4-11 apresentam-se as curvas Força vs. Deslocamento de cada um dos lotes do Ed.1. Os lotes 1, 2, 3 e 4 correspondem a intervalos de espessuras de [15; 20], [21; 25], [26; 30], e [31; 35] milímetros respetivamente.

Cada um dos lotes era inicialmente constituído por dez amostras, tendo à data do ensaio de cada um dos lotes sido feita uma exclusão das amostras onde os prismas não ficaram devidamente solidarizados.

No lote 1 verificou-se uma grande dispersão das curvas, tendo ocorrido rotura entre valores de carga a rondar os 7500 N até valores próximos dos 40000 N. Estes resultados podem indicar que a espessura da amostra era demasiado baixa e consequentemente os seus resultados serem pouco fiáveis. Constatou-se ainda que apesar da diversidade de valores já assinalados, três das oito amostras (a2, a6 e a7), entraram em rotura para valores de carga bastante próximos.

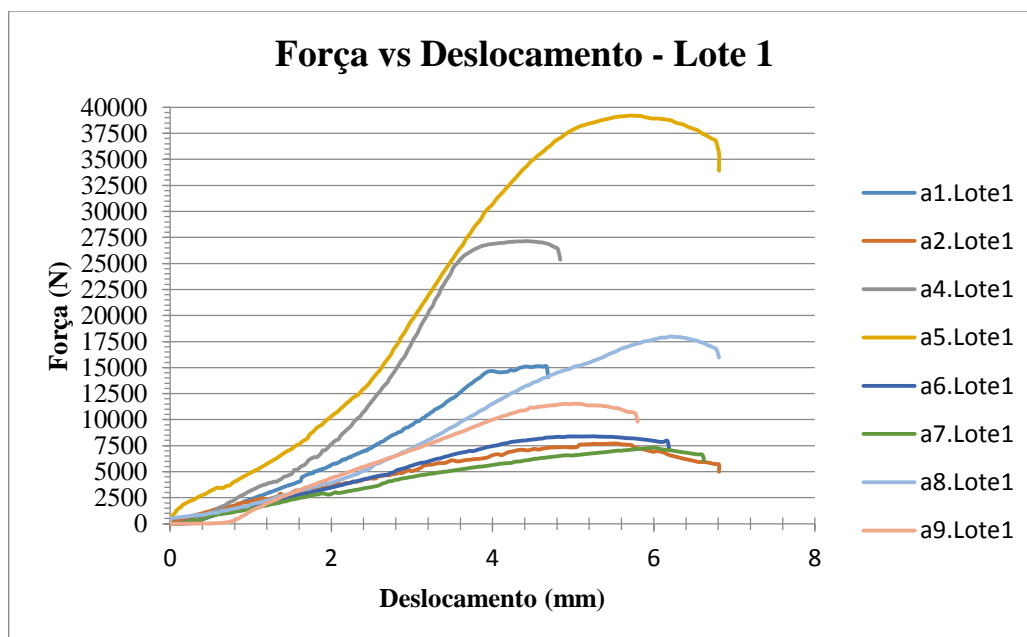


Figura 4-32: Ensaio compressão uniaxial: Força vs. Deslocamento (lote 1)

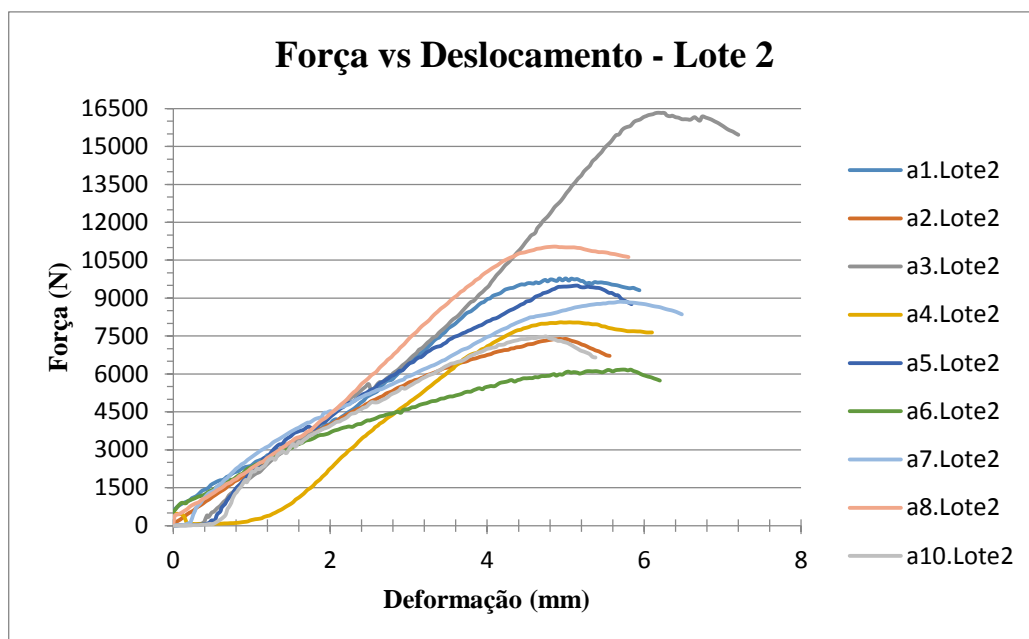


Figura 4-33: Ensaio compressão uniaxial: Força vs. Deslocamento (lote 2)

No lote 2, observou-se uma diminuição da dispersão de resultados verificada no lote 1, tendo a maioria das amostras entrado em rotura entre os 6000 e os 10500 N, podendo concluir-se que o aumento da espessura da amostra, traz maior fiabilidade aos resultados obtidos.

No lote 3, acentuaram-se duas tendências, por um lado todas as roturas ocorreram num intervalo de valores inferior a 3000N, verificou-se ainda que a força necessária para as amostras entrarem em rotura continuou a diminuir.

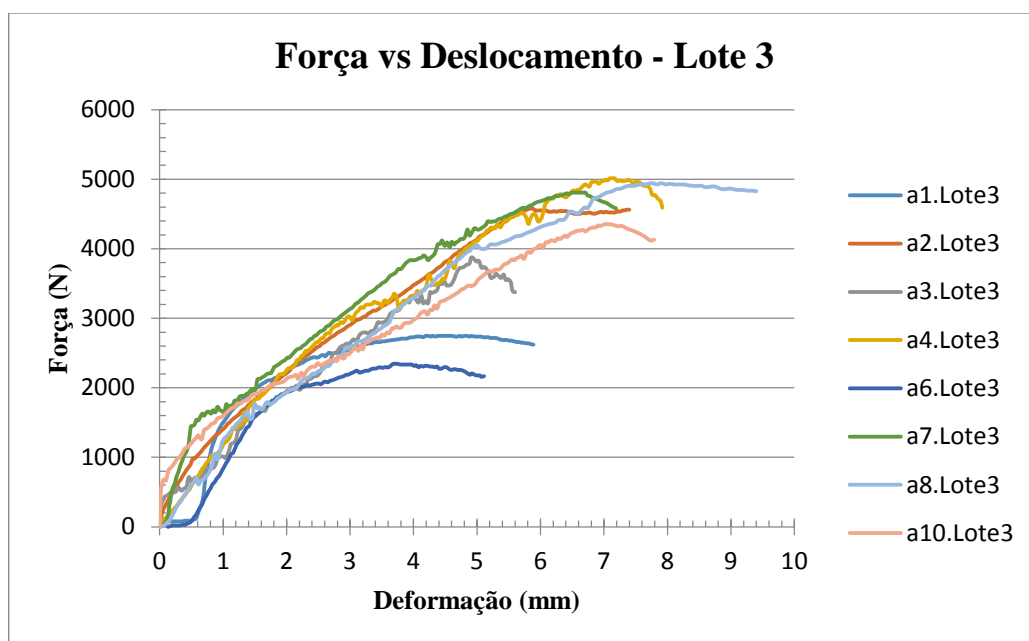


Figura 4-34: Ensaio compressão uniaxial: Força vs. Deslocamento (lote 3)

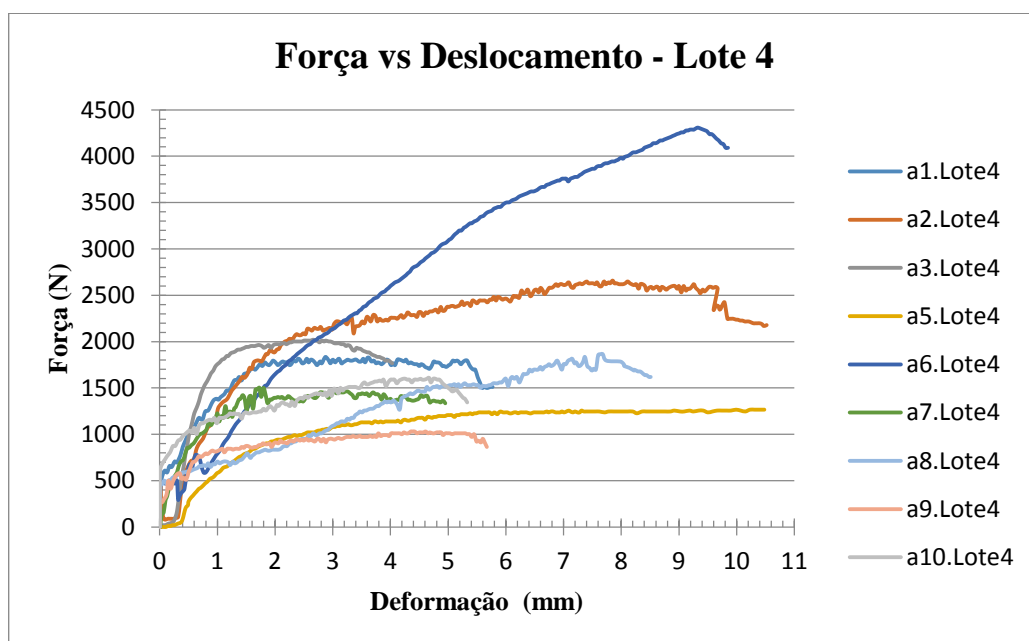


Figura 4-35: Ensaio compressão uniaxial: Força vs. Deslocamento (lote 4)

No lote 4, manteve-se a tendência de diminuição da força necessária para a amostra entrar em rotura. Neste lote as roturas ocorreram, na sua grande maioria, para uma gama de valores entre os 2500 e os 1000N.

Uma vez que alguma biografia relativa a argamassas de edifícios antigos (Magalhães, 2006), tem vindo ao longo do tempo a estudar a relação entre a esbelteza dessas argamassas e a respetiva tensão de rotura à compressão, por analogia, procurou-se estabelecer uma relação idêntica para as argamassas obtidas das paredes de tabique dos edifícios estudados.

Nas Tabelas 4-20 a 4-23 apresentam-se os valores obtidos para a tensão de rotura à compressão e respetivo rácio de esbelteza de cada uma das amostras.

Para a determinação da tensão de rotura considerou-se a área total do prisma, e na determinação do rácio da esbelteza considerou-se a sua espessura total, subtraída da espessura da argamassa de cal, dividindo-se o valor obtido pela menor dimensão da amostra.

Relativamente aos resultados obtidos, eles vão de encontro aos comportamentos observados e descritos nos gráficos anteriormente apresentados. No lote 1 verificou-se que as tensões de rotura apresentam uma variação superior a 400%, entre a amostra menos e mais resistente.

Nos lotes 2 e 3 observou-se uma maior homogeneidade dos resultados obtidos, que coincidiu também com uma diminuição progressiva dos valores das tensões de rotura observadas.

Por último, no lote 4 apesar de se manter a tendência de diminuição dos valores da tensão de rotura, verificou-se uma maior disparidade de resultados em comparação aos lotes 2 e 3.

Tabela 4-20: Tensões de Rotura e Rácio de esbelteza – Lote 1

Amostra	Tensão de rotura à compressão (MPa)	Esbelteza
a1.Lote1	8,18	0,15
a2.Lote1	4,81	0,14
a3.Lote1	14,68	0,14
a5.Lote1	21,20	0,13
a6.Lote1	5,25	0,20
a7.Lote1	4,57	0,14
a8.Lote1	11,24	0,17
a9.Lote1	7,20	0,26
a10.Lote1	12,23	0,26

Tabela 4-21: Tensões de Rotura e Rácio de esbelteza – Lote 2

Amostra	Tensão de rotura à compressão (MPa)	Esbelteza
a1.Lote2	5,29	0,21
a2.Lote2	4,00	0,23
a3.Lote2	8,83	0,21
a4.Lote2	5,03	0,26
a5.Lote2	5,14	0,22
a6.Lote2	3,86	0,21
a7.Lote2	5,54	0,26
a8.Lote2	6,90	0,19
a10.Lote2	4,68	0,18

Tabela 4-22: Tensões de Rotura e Rácio de esbelteza – Lote 3

Amostra	Tensão de rotura à compressão (MPa)	Esbelteza
a1.Lote3	1,49	0,24
a2.Lote3	2,48	0,23
a3.Lote3	2,42	0,27
a4.Lote3	2,71	0,26
a6.Lote3	1,47	0,28
a7.Lote3	3,00	0,28
a8.Lote3	3,09	0,29
a10.Lote3	2,36	0,28

Tabela 4-23: Tensões de Rotura e Rácio de esbelteza – Lote 4

Amostra	Tensão de rotura à compressão (MPa)	Esbelteza
a1.Lote4	0,99	0,25
a2.Lote4	1,44	0,27
a3.Lote4	1,09	0,33
a5.Lote4	0,79	0,40
a6.Lote4	2,69	0,29
a7.Lote4	0,94	0,31
a8.Lote4	1,16	0,34
a9.Lote4	0,64	0,33
a10.Lote4	1,01	0,45

Relativamente às esbeltezas, analisando primeiro para cada um dos lotes de forma individual, verifica-se que para valores desse parâmetro iguais ou muito idênticos, existem variações significativas da respetiva tensão de rotura. Fazendo uma comparação entre lotes, já é possível constatar que a diminuição da tensão de rotura é acompanhada de um aumento da esbelteza.

Na Tabela 4-24 apresenta-se uma síntese dos valores considerados mais relevantes para a interpretação dos resultados obtidos nos ensaios de compressão.

Tabela 4-24: Análise estatística dos parâmetros fundamentais do ensaio de rotura à compressão – Ed.1

		Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Espessura total (mm)	Média	19,10	23,55	28,40	33,60
	Mínimo	17,0	22,0	26,0	31,0
	Máximo	20,0	25,0	30,0	35,0
	Desvio Padrão	1,04	0,96	1,50	1,11
	Coefficiente de Variação (%)	5,47	4,08	5,27	3,31
Espessura argamassa de cal (mm)	Média	7,06	6,85	7,80	7,50
	Mínimo	5,1	5,5	6,0	5,0
	Máximo	9,0	9,0	10,0	10,0
	Desvio Padrão	1,13	1,10	1,23	1,5
	Coefficiente de Variação (%)	16,07	16,01	15,75	20,00
Deformação máxima (mm)	Média	5,33	5,23	7,04	7,24
	Mínimo	4,39	4,75	5,11	4,03
	Máximo	6,23	6,18	9,40	10,52
	Desvio Padrão	0,62	0,47	1,33	2,43
	Coefficiente de Variação (%)	11,58	9,06	18,85	33,58
Força Máxima (N)	Média	17106,5	9399,1	4083,4	2009,96
	Mínimo	7308,5	6170,5	2344,6	1030,1
	Máximo	39200,8	16333,7	5012,9	4306,6
	Desvio Padrão	9950,4	2812,4	955,5	923,9
	Coefficiente de Variação (%)	58,17	29,92	23,40	45,96
Tensão de Rotura à compressão (MPa)	Média	9,93	5,47	2,38	1,20
	Mínimo	4,57	3,86	1,47	0,64
	Máximo	21,20	8,83	3,09	2,69
	Desvio Padrão	5,21	1,46	0,58	0,57
	Coefficiente de Variação (%)	52,43	26,62	24,23	47,66
Esbelteza	Média	0,18	0,23	0,26	0,33
	Mínimo	0,13	0,19	0,23	0,25
	Máximo	0,26	0,26	0,29	0,45
	Desvio Padrão	0,048	0,022	0,019	0,058
	Coefficiente de Variação (%)	27,46	9,90	7,30	17,53

Relativamente à espessura das argamassas, constata-se que a argamassa de cal tem uma espessura média relativamente constante, não influenciando de forma especial qualquer um dos quatro lotes.

No que diz respeito às deformações máximas observadas, verifica-se uma grande paridade entre o Lote 1 e o Lote 2, quer em termos de valores médios, quer em termos da variação verificada dentro de cada um dos lotes. Os Lotes 3 e 4 apresentam deformações máximas médias significativamente superiores e próximas entre si, embora o Lote 4 apresente uma grande variabilidade de resultados.

No que concerne aos valores da tensão de rotura, tal como já foi mencionado, verifica-se uma tendência de diminuição com o aumento da espessura.

Quanto aos resultados da esbelteza, têm um desenvolvimento inverso ao da tensão da rotura, apresentando um valor médio superior com o respetivo aumento da espessura, com os Lotes 2 e 3 a serem os que apresentam valores de esbelteza mais homogéneos, evidenciando a influência deste parâmetro nos resultados obtidos.

De modo a evidenciar com mais detalhe a relação existente entre a tensão de rotura e o rácio de esbelteza, apresenta-se o Gráfico 4-12 que relaciona os dois parâmetros para as amostras do Ed.1.

Como se pode verificar pelo gráfico, de uma forma geral, à medida que os valores médios da esbelteza aumentam os valores da tensão de rotura diminuem. No entanto, existem casos em que, para um mesmo valor da esbelteza, os valores da tensão de rotura são bastante distintos. Refira-se que as amostras foram retiradas de paredes de tabique e posteriormente seccionadas em diversas amostras, podendo esse processo influenciar negativamente os resultados. Por outro lado tratando-se de amostras com espessuras reduzidas (17 a 35 mm) a influência de pequenas pedras e até a maior ou menor presença de palha nas amostras poderá ter influência nos resultados finais do ensaio à compressão.

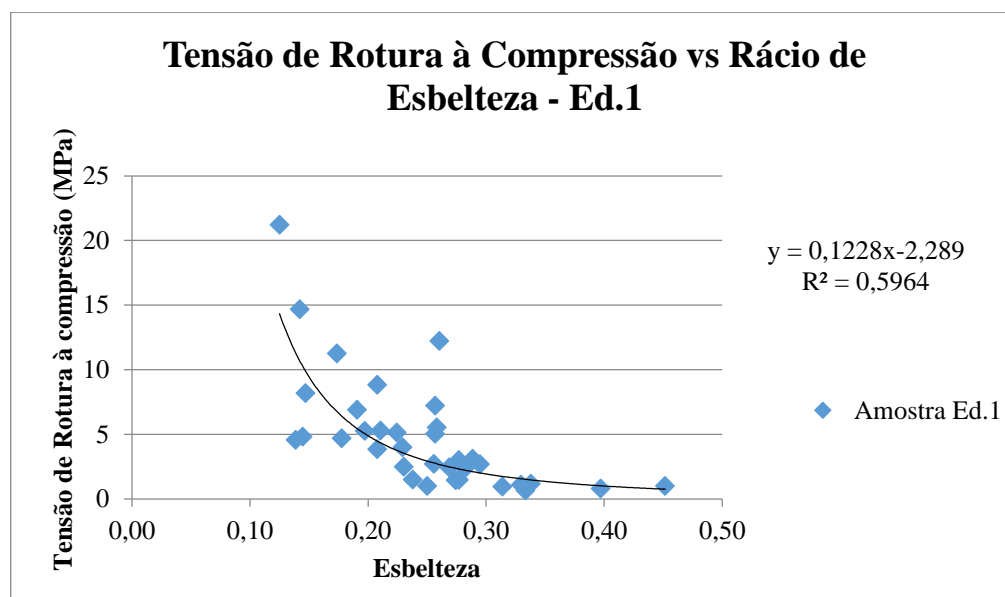


Figura 4-36: Curva de relação entre a tensão de ruptura à compressão e o rácio de esbelteza

Comparativamente a resultados obtidos por (Magalhães, 2006) verifica-se que a maioria das amostras apresenta uma resistência de compressão semelhante. As amostras divergentes são sobretudo as menos esbeltas, possivelmente influenciadas pela pouca espessura das amostras, que tende a dificultar a obtenção de resultados consistentes.

#### 4.3.3.2 Resultados das amostras do Ed.3

Apresenta-se no Gráfico 4-13 as curvas Força vs. Deslocamento, resultantes dos ensaios realizados às amostras do Ed.3.

Uma vez que a amostra não era significativa de modo a se efetuar uma separação por espessuras semelhante à realizada para o Ed.1, criou-se um único lote, sem qualquer restrição dimensional. As dimensões das amostras ensaiadas variavam entre os 27 e 33 milímetros de espessura total, o que se enquadra com os terceiro e quarto lotes ensaiados do Ed.1.

Inicialmente foram preparadas dez amostras. No entanto teve de ser rejeitada uma pois ao fim dos sete dias de cura definidos, constatou-se que a adesão entre a amostra e o cimento não ocorreu como previsto.

Apesar das espessuras das amostras estudadas se encontrarem entre a gama de valores dos terceiros e quartos lotes, os valores da força de ruptura registados ficaram mais próximos dos registados no Lote 4. Verificou-se ainda que a deformação das amostras do Ed.3 foi significativamente inferior ao observado nos Lotes 3 e 4 do Ed.1.

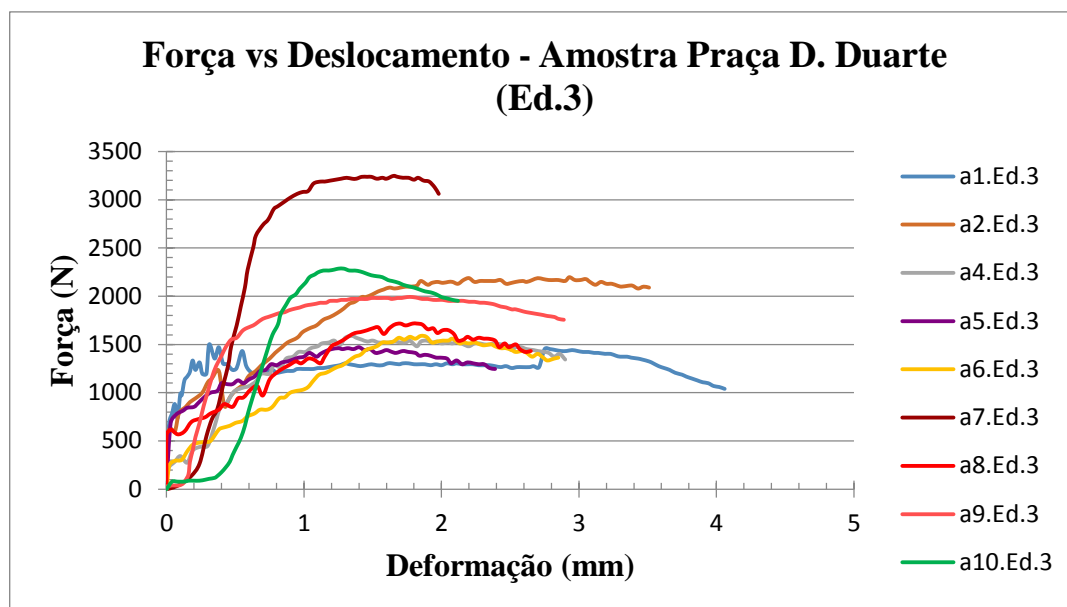


Figura 4-37: Ensaio compressão uniaxial: Força vs. Deslocamento (Ed.3)

Na Tabela 4-25 apresentam-se os valores da tensão de rotura à compressão e respetiva esbelteza de cada uma das amostras ensaiadas do Ed.3.

Analisando os resultados obtidos, verifica-se que se podem considerar na gama de valores do Lote 4 do Ed.1, inclusivamente as amostras cujas dimensões se enquadram no Lote 3.

Tabela 4-25: Tensões de Rotura e Rácio de esbelteza – Ed.3

Amostra	Tensão de rotura à compressão (MPa)	Esbelteza
a1.Ed.3	0,81	0,26
a2.Ed.3	1,19	0,38
a4.Ed.3	0,99	0,31
a5.Ed.3	0,92	0,35
a6.Ed.3	0,99	0,28
a7.Ed.3	1,76	0,35
a8.Ed.3	1,07	0,47
a9.Ed.3	1,24	0,37
a10.Ed.3	1,43	0,38

Efetuada uma comparação entre os resultados obtidos no Lote 4 do Ed.1 e os apresentados na Tabela 4-26, verifica-se que apenas a deformação das amostras apresenta uma variação significativa, não se traduzindo essa menor deformabilidade, numa maior capacidade resistente aos esforços de compressão.

Tabela 4-26: Análise estatística dos parâmetros fundamentais do ensaio de rotura à compressão – Ed.3

	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
Espessura total (mm)	29,78	27	33	2,14	7,17
Espessura argamassa de cal (mm)	4,56	3	6	0,98	21,61
Espessura útil (mm)	25,22	22	29	2,17	8,62
Deformação máxima (mm)	2,83	2,1	4,06	0,60	21,22
Força Máxima (N)	1954,37	1471,5	3247,11	537,83	27,52
Tensão de Rotura à Compressão (MPa)	1,16	0,81	1,76	0,27	23,73
Esbelteza	0,35	0,26	0,47	0,06	17,14

#### 4.3.4 Análise dos Resultados

No que concerne às amostras do Ed.1, os resultados obtidos apresentaram uma menor variação nos Lotes 2 e 3 que correspondem a valores de espessura totais entre 21 e 30 milímetros. Através dos valores médios das tensões de rotura e esbelteza de cada um dos lotes, foi possível identificar uma relação entre o aumento da esbelteza e a consequente diminuição da tensão de rotura à compressão. No entanto, a variabilidade de resultados exige cuidado na interpretação dos resultados, pois os valores da tensão de rotura são facilmente afetados, positiva ou negativamente, por fatores difíceis de controlar, já acima referidos.

De modo a aprofundar o conhecimento nesta matéria, será recomendável no futuro, para além da separação por espessuras, estabelecer valores fixos das dimensões transversais da amostra e criar subgrupos com essas dimensões para cada um dos intervalos de espessura definidos. Relativamente à espessura seria desejável que se trabalhassem com amostras tão espessas quanto possível, pois constatou-se que quanto menor a espessura da argamassa maior é a dispersão de resultados obtidos.

Relativamente aos resultados no Ed.3, a informação extraída dos resultados é condicionada pela pequena dimensão e variabilidade da amostra, foi ainda assim, possível constatar que os resultados obtidos ao nível dos valores de tensão de rotura eram próximos dos observados nas amostras do Ed.1, sendo a deformação o parâmetro que apresentava uma maior divergência de resultados. Apesar de as amostras do Ed.3 apresentarem uma menor deformabilidade, não se verificou uma maior resistência à compressão.

Os resultados de (Godinho, 2014) à semelhante dos aqui apresentados apresentavam uma grande variabilidade entre si.

Comparativamente com (Veiga, 2006) os seus resultados apresentam uma maior homogeneidade comparativamente com os resultados obtidos.

De futuro seria interessante aprofundar a influência da deformabilidade na resistência à compressão das argamassas antigas.



## 5 Conclusão

### 5.1 Considerações finais

Durante a realização deste trabalho foi possível estudar um conjunto de edifícios antigos existentes no centro histórico da cidade de Viseu, mais concretamente as paredes de tabique que lá existiam. Apresentam-se em seguida as principais conclusões que resultam deste trabalho.

No capítulo 2 efetuou-se uma apresentação dos principais aspetos construtivos de cada um dos edifícios analisados. Em todos existiam paredes de tabique, algumas das quais com funções estruturais. Em todos as paredes interiores eram de tabique, excetuando em alguns edifícios na zona do r/chão em contato com o solo. Apenas num dos edifícios (casa da Calçada) é que não existiam paredes de tabique exteriores. Foi ainda possível constatar que cada edifício apresentava especificidades próprias, sobretudo ao nível das ligações e travamentos das paredes de tabique.

No Ed.1 verificou-se a aplicação de algumas chapas metálicas que efetuavam ou complementavam ligações entre paredes de tabique. Foram utilizadas tábuas diagonais de forma complexa (nas duas direções e em todos os pisos). No Ed.2, pese embora se tenham identificado algumas chapas metálicas, a prevalência de diagonais era enorme. Com efeito, observou-se a aplicação de tábuas diagonais nas duas direções e em todos os pisos superiores, sendo que essa aplicação resultou na presença de muitas variantes de acordo com o que foi ilustrado no capítulo 3. No Ed.3 apenas existiam duas diagonais, sendo que neste edifício se verificou uma grande utilização de chapas metálicas para ligar as paredes de tabiques a paredes de alvenaria de pedra e aos pavimentos. Por último, no Ed.4, as paredes de tabique aí existentes tinham sobretudo um papel de compartimentação.

No capítulo 3 procedeu-se à caracterização geométrica e arquitetural das paredes de tabique, identificando as principais soluções observadas nos edifícios estudados, em função do número e do tipo de aberturas existentes nestes elementos.

Procedeu-se também à definição de várias tipologias de paredes de tabique que foram encontradas nos edifícios estudados. Para efetuar essa definição foram tidas em consideração as características dos vários elementos que as constituem, com particular ênfase nas tábuas verticais onde a variabilidade dos elementos era maior. Associada às tipologias foram ainda estudadas as principais dimensões de cada tipo de parede tendo-se verificado que dentro das paredes de tabique a variabilidade das principais dimensões dos seus elementos constituintes é bastante grande. Ainda neste capítulo, e tendo em conta o elevado número de diagonais encontradas, tanto no Ed.1 e sobretudo no Ed.2, procedeu-se ao estudo e pormenorização das várias configurações de diagonais existentes, tendo-se constatado que existem múltiplas soluções distintas, desde diagonais isoladas a combinações de várias diagonais num só pano de parede. Foi ainda estudada a influência destes elementos na estrutura, através da criação de esquemas tridimensionais dos edifícios 1 e 2 com a localização espacial das respetivas diagonais. Constatou-se que a aplicação destes elementos na estrutura não era feita ao acaso e que é possível identificar alinhamentos desses elementos quer ao longo do plano horizontal, quer ao longo do plano vertical (entre pisos). Assume-se que o papel destes elementos é fundamental para o comportamento geral dos edifícios.

Posteriormente, estudaram-se as ligações de paredes de tabique com os restantes elementos do edifício, tendo-se verificado que existe uma enorme variedade de soluções construtivas. Os principais elementos utilizados para efetivar essas ligações são os frechais e as chapas metálicas.

Foram ainda abordadas de forma sucinta algumas particularidades da técnica de tabique, nomeadamente aspetos construtivos relacionados com os vãos (portas e janelas) e aspetos que mais contribuem para a incrementar a aderência entre as argamassas e a estrutura de madeira. Foi ainda apresentado um tratamento estatístico dos diversos tipos de argamassas utilizadas no Ed.1, verificando-se que dentro de um mesmo edifício as argamassas utilizadas no revestimento de paredes de tabique podem ser variadas.

No capítulo 4 foram explicados os ensaios realizados e efetuada a apresentação dos resultados obtidos. Nos conectores metálicos foram realizados ensaios à tração, à dureza e análise da sua microestrutura. Através dos resultados obtidos nos ensaios de tração foi possível constatar que a degradação acumulada pelos elementos metálicos ao longo dos anos prejudicou a sua capacidade resistente. Isso levou a que os valores obtidos para os respetivos módulos de elasticidade ficassem muito aquém do expectável, até mesmo para um ferro fundido. Na determinação da dureza dos conectores verificou-se que os seus valores não diferiam substancialmente dos obtidos por Pinto (2013).

Com os resultados obtidos nos dois ensaios, e seguindo a metodologia apresentada por Vantyne, (2008) tentou-se correlacionar o número de dureza obtido com a resistência à

tração das peças. No entanto, os resultados ficaram aquém dos obtidos por Vantyne (2008). Concluiu-se que a degradação das peças afeta a sua resistência à tração o que pode ter reflexos no estabelecimento da correlação proposta. No futuro, de modo a verificar se este método pode vir a ser viável na caracterização recomenda-se para além da replicação do processo executado, a introdução nos ensaios de uma amostra de propriedades conhecidas, que permita servir de grupo de controlo.

Na análise microestrutural foi possível observar microscopicamente amostras dos conectores do Ed.1 e do Ed.3, tendo-se em ambos os casos constatado a degradação existente nos elementos (elevado numero de inclusões) e os efeitos provocados nos elementos metálicos pelos métodos antigos de forjagem, nomeadamente, a criação de zonas distintas de ferrite e perlite.

Nos ensaios às madeiras estudaram-se amostras de pinho e castanho à flexão, à compressão e à dureza.

*In situ* procedeu-se ainda à avaliação do estado de conservação de alguns elementos da estrutura do Ed.1, recorrendo ao ensaio do Resistógrafo, tendo-se verificado que na generalidade as amostras se apresentavam em bom estado de conservação, com fendas de secagem pontuais.

Nos ensaios de flexão constatou-se uma diferença de comportamento entre os tipos de rotura observados na madeira de pinho e de castanho. Verificou-se que, embora os dois tipos de madeira tivessem densidades idênticas e próximas dos valores de referência recolhidos da bibliografia consultada, o comportamento da madeira de castanho foi significativamente melhor que a de pinho. Refira-se ainda que a madeira de pinho, em comparação com os valores de referência, ficou aquém da resistência expectável, enquanto a de castanho superou, ainda que de forma ligeira, os valores de referência.

Nos ensaios de compressão verificou-se novamente um comportamento aquém do esperado na madeira de pinho. Por sua vez, nas amostras de madeira de castanho obtiveram-se bons resultados de acordo com a bibliografia consultada (Carvalho, 1996).

No ensaio de dureza as amostras de pinho apresentaram excelentes resultados (acima dos valores de referência), enquanto as de castanho apresentaram valores normais, segundo a bibliografia consultada.

Os maus resultados da madeira de pinho podem ser explicados pelo facto de ser um tipo de madeira resinosa, que está mais exposta aos ataques biológicos e, em consequência, pode sofrer degradação mais facilmente que o castanho, que é uma madeira folhosa.

Nos ensaios de argamassas efetuaram-se ensaios à compressão de várias amostras recolhidas nos Ed.1 e Ed.3.

As amostras foram separadas por lotes, em função da sua espessura. De seguida tentou-se estabelecer uma correlação entre a esbelteza das amostras e a sua resistência à compressão. Embora os resultados não tenham sido totalmente negativos, também não se obtiveram resultados que nos permitam afirmar que existe uma relação direta. Sobretudo nas amostras

de menor espessura (inferior a 2 centímetros) verificou-se que existe uma enorme dispersão de resultados.

Refira-se que com a enorme quantidade de dados recolhida, nos quais se incluem dimensões dos diferentes elementos de paredes de tabique, dimensões totais dessas paredes, amostras de argamassa, conectores e chapas metálicas, fasquios, frechais e material fotográfico se pretende criar uma base de dados sobre paredes de tabique.

A grande variedade de soluções encontradas permite perceber a complexidade desta técnica, que em muito dependia da qualidade da mão-de-obra que a executava, da capacidade financeira do dono de obra, e da facilidade de acesso aos materiais que a constituíam como madeiras, componentes da argamassa e conectores metálicos.

Apesar da enorme quantidade de informação relevante recolhida, alguma da qual que não foi possível mencionar e dar o devido destaque nesta dissertação por constrangimentos de tempo e espaço, este trabalho carece de continuidade futura, através do estudo de diferentes edifícios e do aprofundamento de matérias aqui abordadas de forma superficial mas que será importante serem estudadas e divulgadas.

## 5.2 Desenvolvimentos futuros

Em trabalhos futuros seria importante:

- Continuar e aprofundar o estudo da geometria e das tipologias de paredes de tabique, para desta forma se conseguir uma amostragem cada vez maior de casos de estudo, que posteriormente seriam introduzidos numa verdadeira base de dados relativa a paredes de tabique.
- Iniciar um estudo de carácter estatístico dos tipos de ligações existentes, procurando integrar esse aspeto numa futura base de dados sobre paredes de tabique.
- Aprofundar o conhecimento sobre a importância das diagonais, quer de forma isolada (numa só parede), quer na estrutura de uma forma geral, procurando perceber, e se possível quantificar, qual o seu papel no contraventamento das estruturas, e se têm ou não influência no modo como as cargas são distribuídas pelos elementos verticais de suporte e se os alinhamentos identificados funcionavam como pórticos.
- Realizar de ensaios a paredes de tabique integrais (com revestimento), com e sem diagonais e sob diferentes condições de apoio, simulando situações existentes em obra;

- Continuar a ser dada importância ao estudo e caracterização de cada um dos materiais que constituem uma parede de tabique, através de campanhas de ensaios, com o intuito de alargar e aprofundar o conhecimento dos mesmos, quando aplicados nesta técnica construtiva.
- Procurar novas formas de determinar a resistência das argamassas à compressão, diminuindo os efeitos negativos provocados pela remoção desses elementos da parede de tabique.
- Traduzir todos os dados recolhidos em modelos numéricos que permitam simular com o auxílio de programas automáticos o comportamento de paredes de tabique de forma simples e eficaz, promovendo assim a sua conservação e reabilitação como elementos fundamentais no comportamento de estruturas antigas.

## Apêndice A – Medição das paredes (tratamento estatístico por piso –Ed.1)

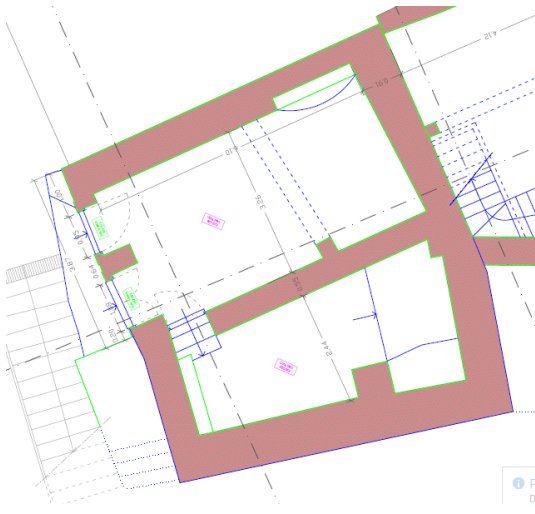
<b>A</b>					
<b>Piso</b>	Média (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coef. Variação (%)
0	19,95	13,20	27,18	4,09	20,49
1	18,29	9,00	27,47	4,33	23,66
2 (Int.)	17,91	8,23	25,25	4,04	22,55
2 (Ext.)	16,90	9,57	26,02	4,15	24,56
<b>B</b>					
<b>Piso</b>	Média (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coef. Variação (%)
0	5,66	3,50	9,00	1,13	19,95
1	4,52	1,90	6,50	0,84	18,66
2 (Int.)	4,84	1,50	7,42	0,93	19,28
2 (Ext.)	5,01	2,80	9,00	1,13	22,45
<b>C</b>					
<b>Piso</b>	Média (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coef. Variação (%)
0	2,89	0,50	7,00	1,79	61,78
1	2,87	0,20	10,30	2,24	78,18
2 (Int.)	2,57	0,20	7,72	1,82	70,88
2 (Ext.)	2,68	0,20	7,50	1,81	67,53
<b>D</b>					
<b>Piso</b>	Média (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coef. Variação (%)
0	2,98	2,00	4,44	0,54	18,02
1	2,70	2,00	4,80	0,49	18,15
2 (Int.)	3,27	2,04	4,31	0,49	14,91
2 (Ext.)	3,59	2,34	5,16	0,64	17,72
<b>E</b>					
<b>Piso</b>	Média (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coef. Variação (%)
0	1,33	0,80	1,90	0,27	20,19
1	1,88	0,50	1,90	0,23	12,36
2 (Int.)	1,09	0,60	1,80	0,21	19,28
2 (Ext.)	1,10	0,70	2,07	0,21	18,91
<b>F</b>					
<b>Piso</b>	Média (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coef. Variação (%)
0	3,76	1,00	6,61	1,13	30,05
1	3,84	2,20	6,60	0,75	19,43
2 (Int.)	3,87	0,50	11,36	1,03	26,62
2 (Ext.)	4,28	2,08	7,80	1,06	24,78

## Apêndice B (Medição das paredes (tratamento estatístico por piso –Ed.2)

<b>PISO 0</b>					
	Média (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coefficiente de Variação (%)
A	11,06	7,80	20,40	2,57	23,23
B	5,64	3,90	8,60	1,25	22,10
C	3,08	0,00	15,50	4,45	144,50
D	4,33	2,60	5,50	0,75	17,39
E	1,06	0,80	1,30	0,13	11,99
F	6,10	3,00	8,20	1,37	22,37
<b>PISO 1</b>					
	Média (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coefficiente de Variação (%)
A	11,78	8,30	15,50	1,79	15,22
B	5,08	3,90	6,20	0,54	10,72
C	7,20	1,10	15,40	2,88	40,00
D	4,58	3,60	5,40	0,43	9,47
E	1,13	0,80	2,00	0,21	18,27
F	5,68	1,80	9,00	1,36	23,97
<b>PISO 2</b>					
	Média (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coefficiente de Variação (%)
A	12,52	7,80	20,20	2,83	22,58
B	4,95	3,80	6,90	0,65	13,12
C	5,32	0,70	12,60	3,15	59,24
D	4,35	2,20	6,50	0,98	22,62
E	0,96	0,60	1,50	0,17	17,93
F	5,24	1,80	8,50	1,48	28,29
<b>PISO 3</b>					
	Média (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coefficiente de Variação (%)
A	11,53	5,80	18,90	3,05	26,43
B	4,53	3,40	5,90	0,53	11,75
C	7,48	0,50	19,20	5,12	68,43
D	3,97	1,50	7,50	1,36	34,29
E	0,96	0,70	1,90	0,23	23,82
F	5,05	2,00	9,00	1,42	28,20



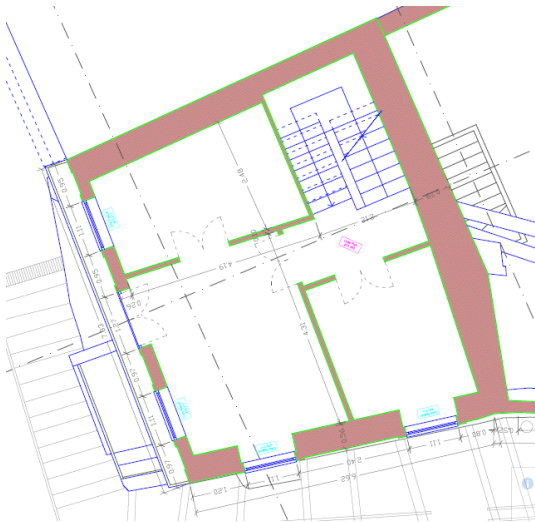
## Anexo A – Peças desenhadas dos edifícios estudados



a) Planta Piso -1 (Ed.1)



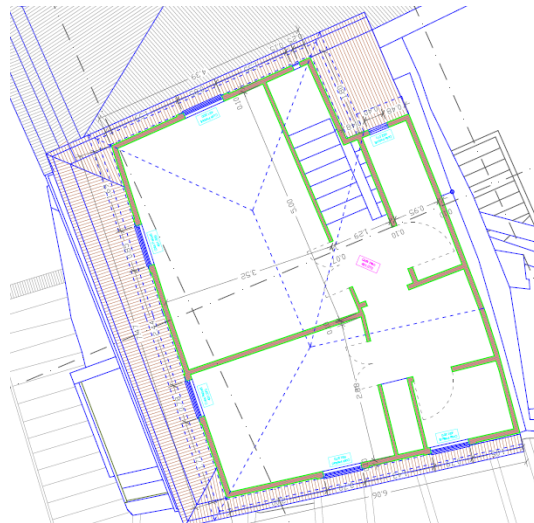
b) Planta Piso 0 (Ed.1)



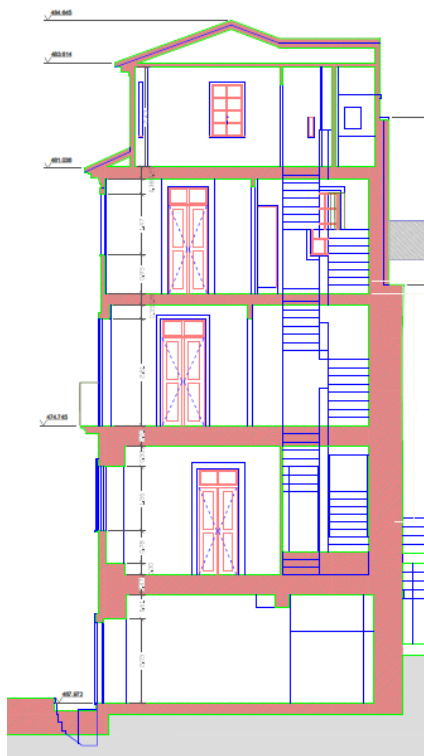
c) Planta Piso 1 (Ed.1)



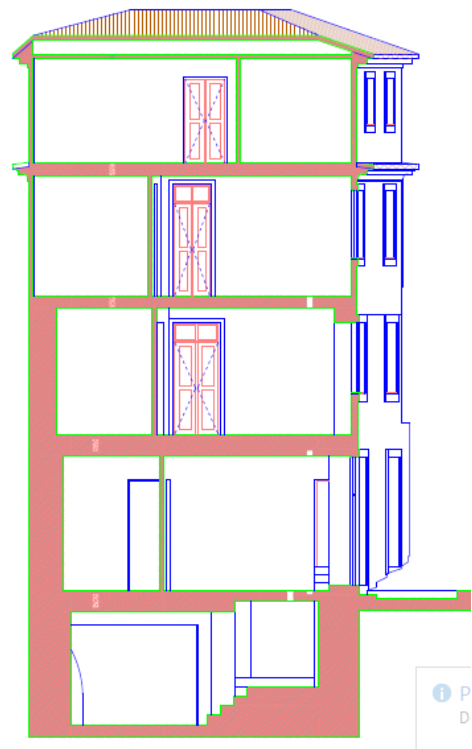
d) Planta Piso 2 (Ed.1)



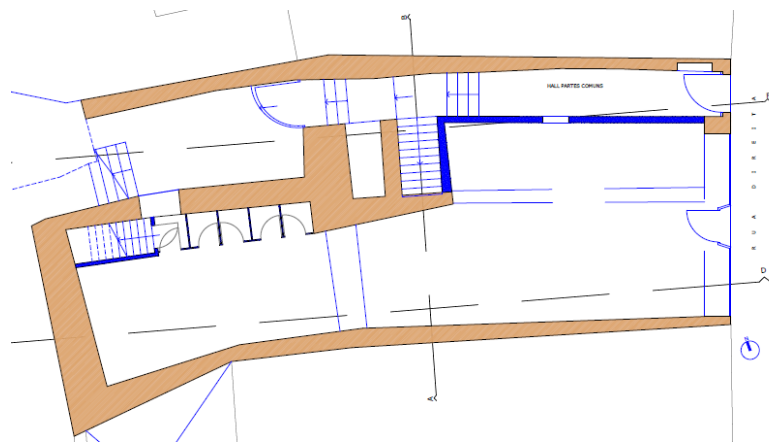
e) Planta Piso 3 (Ed.1)



a) Corte AA (Ed.1)



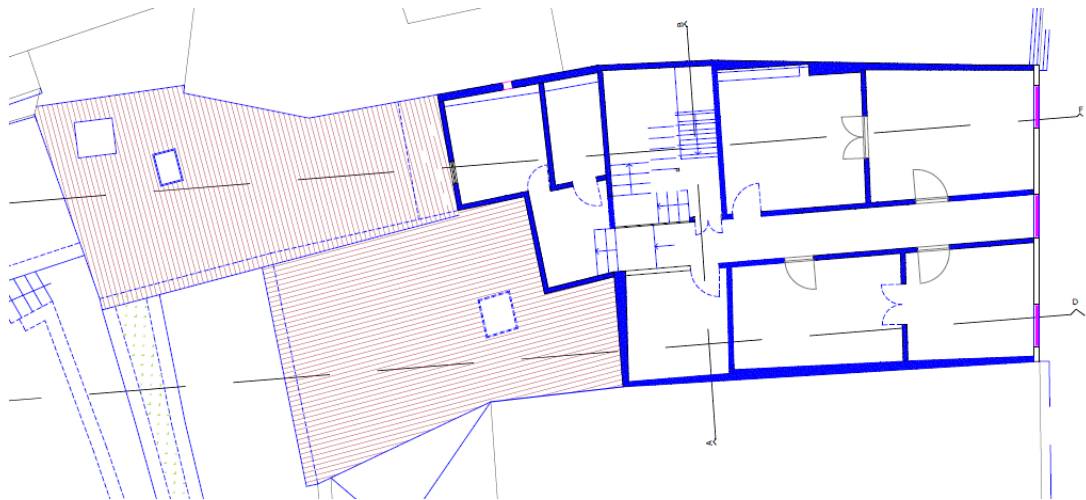
b) Corte BB (Ed.1)



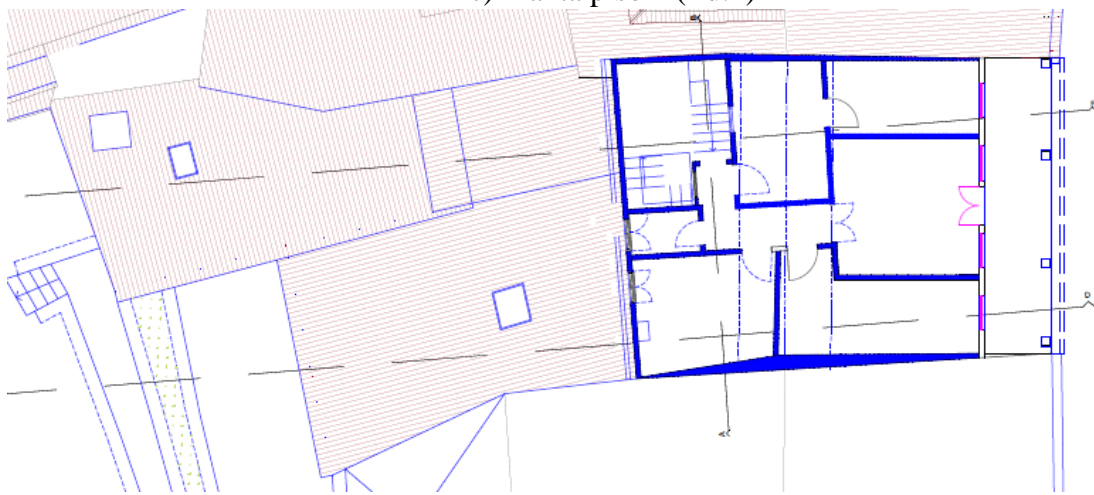
a) Planta Piso 0 (Ed.2)



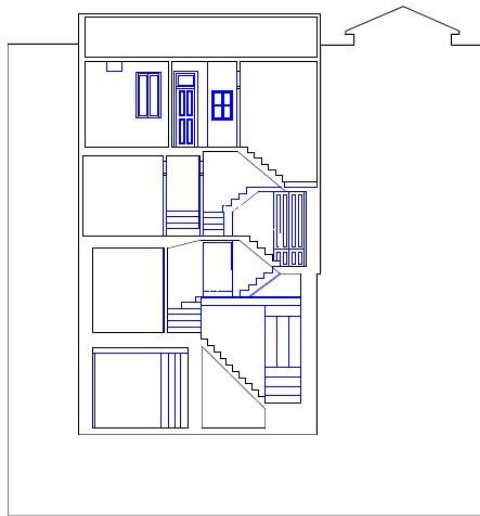
b) Planta Piso 1 (Ed.2)



c) Planta piso 2 (Ed.2)



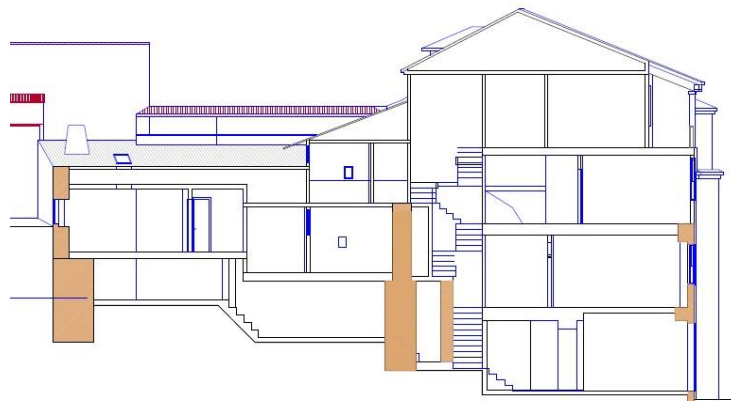
d) Planta piso 3 (Ed.2)



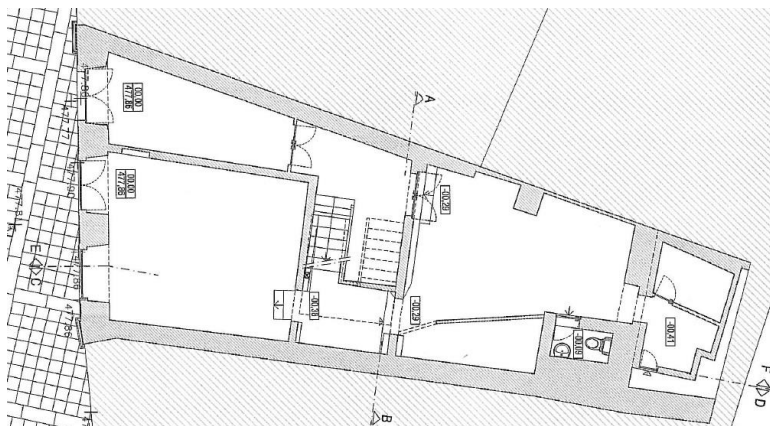
a) Corte AB (Ed.2)



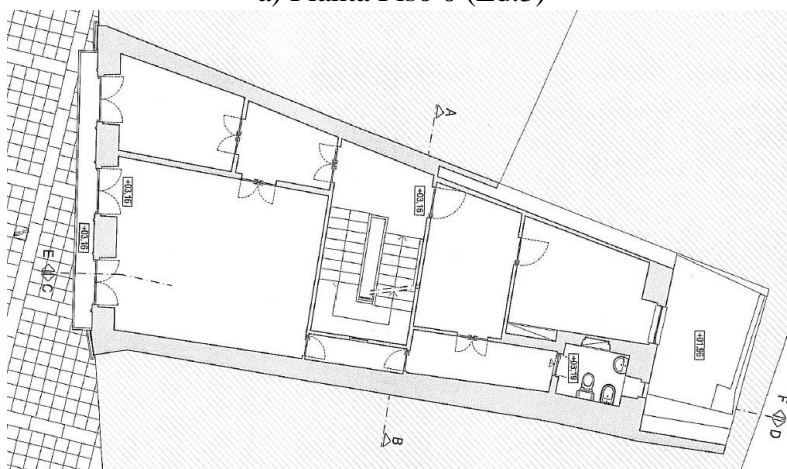
b) Corte CD (Ed.2)



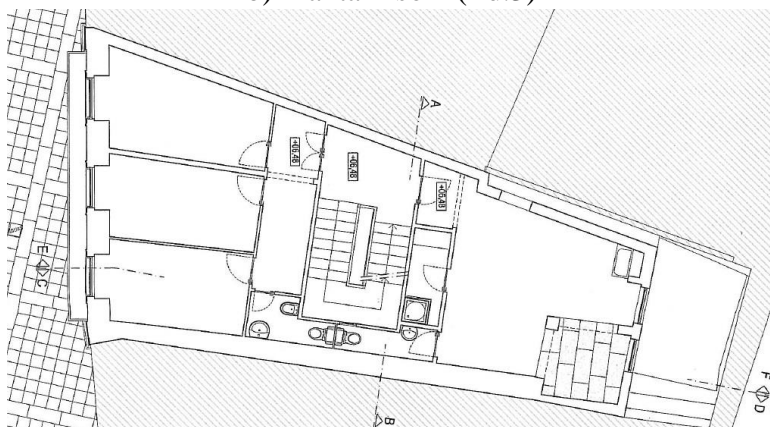
c) Corte EF (Ed.2)



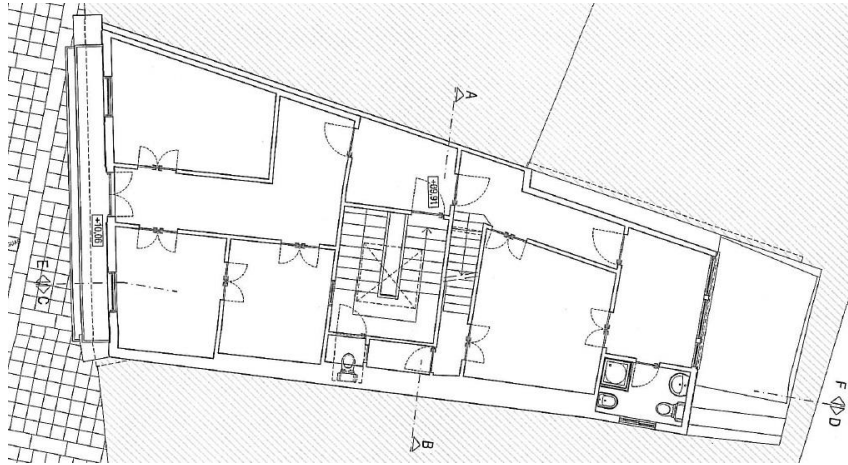
a) Planta Piso 0 (Ed.3)



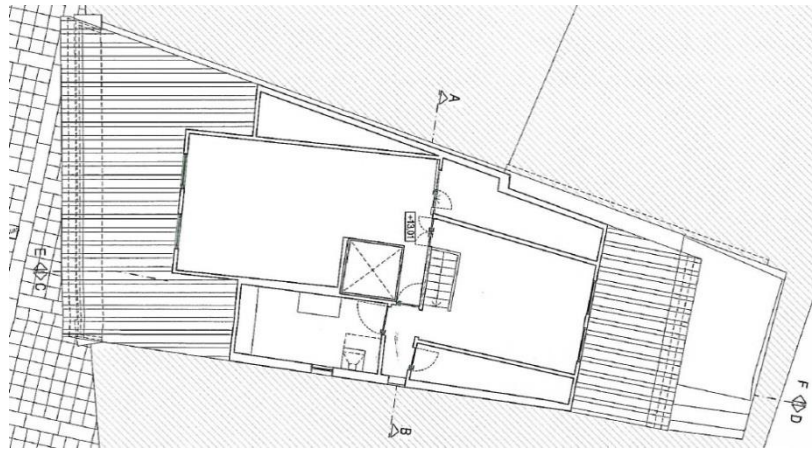
b) Planta Piso 1 (Ed.3)



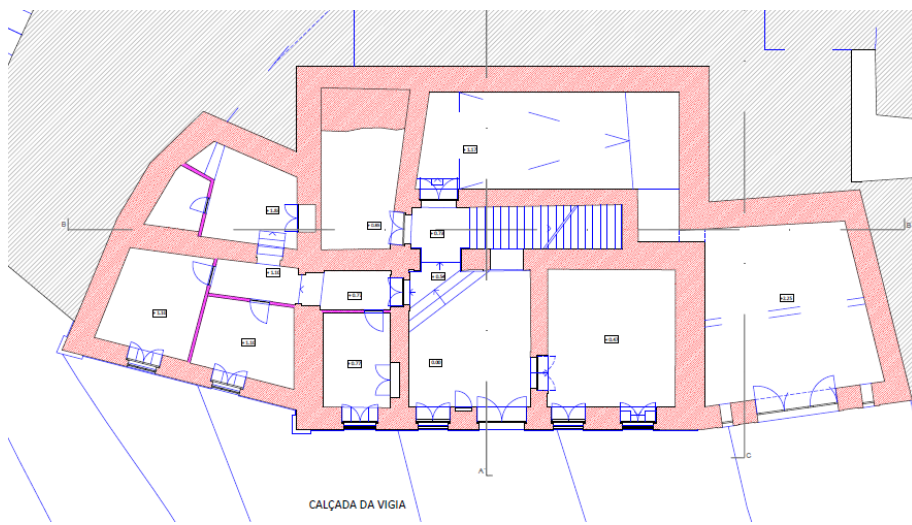
c) Planta Piso 2 (Ed.3)



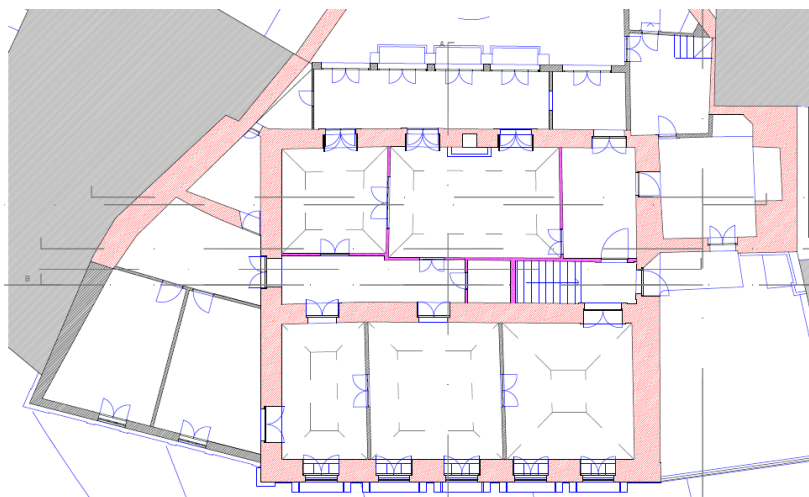
d) Planta Piso 3 (Ed.3)



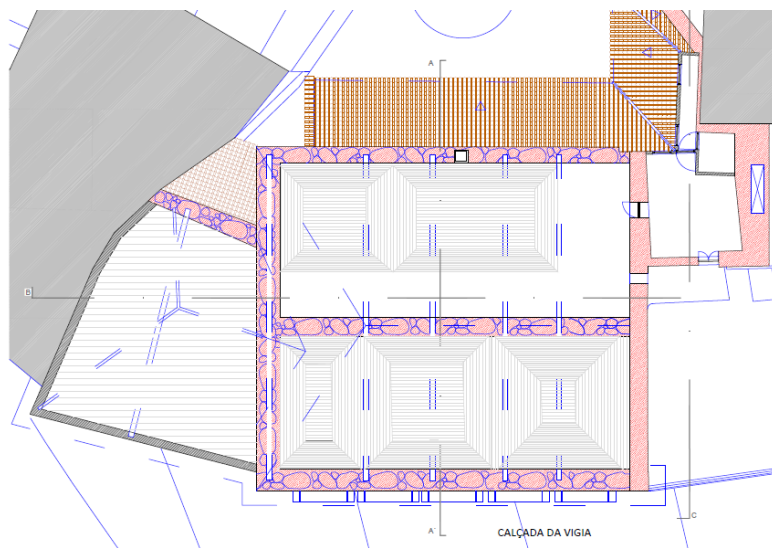
e) Planta Piso 4 (Ed.3)



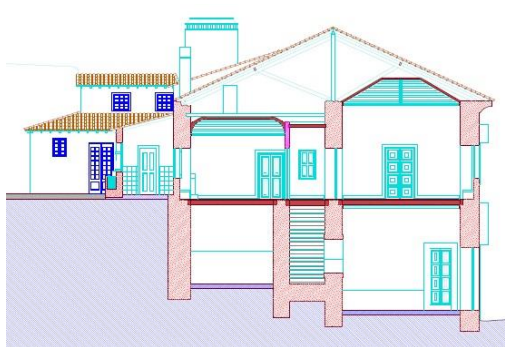
a) Planta Piso 0 (Ed.4)



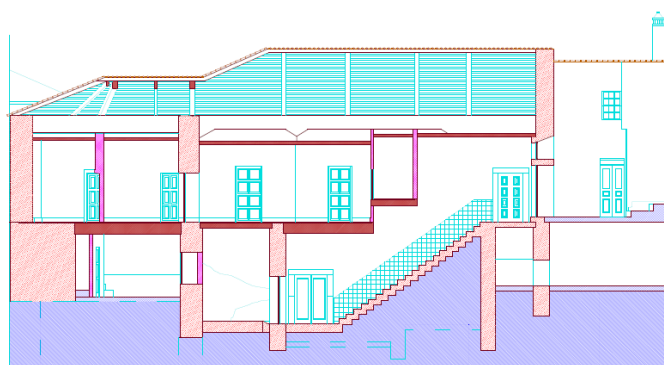
b) Planta Piso 1 (Ed.4)



c) Planta Piso 2 (Ed.4)



a) Corte AA



b) Corte BB



## REFERÊNCIAS

- Cardoso, R. (2013). *Construção de tabique: Construção sustentável* (Tese de Doutoramento). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.
- Carvalho, A. (1996) *Madeiras Portuguesas - Estrutura anatómica. Propriedades. Utilizações* (Volume 1 e 2). Lisboa: Instituto Florestal.
- Carvalho, J. (2009). *Construções em tabique na região de Trás-os-Montes e Alto Douro* (Dissertação de Mestrado). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.
- Domingues, F. (2014). *Caracterização do comportamento estrutural de paredes de tabique* (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Tecnologia de e Gestão de Viseu, Viseu, Portugal.
- Ribeiro, S. (2014). *Estudo do comportamento estrutural de paredes de tabique* (Dissertação de Mestrado). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.
- Godinho, V. (2014). *Caracterização das argamassas em edifícios antigos de Viseu* (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Tecnologia de e Gestão de Viseu, Viseu, Portugal.
- Junior, J. (2006). *Avaliação Não Destrutiva da Capacidade Resistente de Estruturas de Madeira de Edifícios Antigos*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- Magalhães, A. C., & Veiga, M. R. (2006). *Avaliação da resistência de amostras de argamassas históricas recolhidas em obra. Metodologia e correlação de resultados. Relatório 259/06-NRI*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia, 2006, 34p.
- Oliveira E. Veiga, Galhano F. (1992). *“Arquitetura tradicional Portuguesa”*. Publicações D. Quixote. ISBN: 972-20-0959-1. Lisboa.
- Pinto, R. (2013). *Caracterização das paredes de tabique do centro histórico de Viseu; estudo numérico* (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Tecnologia de e Gestão de Viseu, Viseu, Portugal.
- Vantyne, C. (2008). *Correlation of Yield Strength and Tensile Strength with Hardness for Steels*. Journal of Materials Engineering and Performance. December 2008, Volume 17, Issue 6, pp 888-893
- Google Maps. Disponível: <https://maps.google.pt/>

EN 1015-11 (1999). *Methods of test for mortar for masonry. Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar*. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN 338 (2003). *Structural timber – Strength classes*. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN 408 (2003). *Timber structures - Structural timber and glued laminated timber Determination of some physical and mechanical properties*. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

NP 614 (1973). *Madeiras – Determinação do teor em água*. Lisboa: IGPAI – repartição de normalização.

NP 616 (1973). *Madeiras – Determinação da massa volúmica*. Lisboa: IGPAI – repartição de normalização.

NP 617 (1973). *Madeiras – Determinação da dureza*. Lisboa: IGPAI – repartição de normalização.

NP 618 (1973). *Madeiras – Ensaio de compressão axial*. Lisboa: IGPAI – repartição de normalização.

NP 619 (1973). *Madeiras – Ensaio de flexão estática*. Lisboa: IGPAI – repartição de normalização.

NP 711-1 (1990). *Materiais metálicos – Ensaios de dureza. Ensaio Vickers*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.