

Capítulo 4

Materiais de construção e detalhes construtivos

4.1 Objetivos

Os objetivos principais deste capítulo são os seguintes:

- Identificar e descrever as principais tipologias adotadas no elemento construtivo de tabique do tipo parede e registar as suas dimensões e a dos seus elementos constituintes;
- Apresentar diversos pormenores construtivos alusivos a este tipo de técnica construtiva assim como propor uma possível sequência construtiva para um edifício de habitação unifamiliar genérico.
- Localizar, identificar e caracterizar os principais materiais de construção utilizados em construções de tabique existentes no concelho de Lamego;

4.2 Introdução

O trabalho de campo permitiu identificar e descrever algumas tipologias diferenciadas de soluções da estrutura de madeira integrante das paredes de tabique, permitindo deste modo, o processamento de esquemas representativos. Foi possível registar dados relativos às dimensões das paredes de tabique e dos elementos de madeira que as constituem. Esta informação é valiosa tanto na ótica da reabilitação de construções de tabique como na ótica

do desenvolvimento de modelos numéricos capazes de simular o comportamento estrutural destes elementos construtivos e que será desenvolvido no Capítulo 6.

Verificaram-se no entanto algumas dificuldades na obtenção de dados relativos às dimensões dos elementos construtivos de tabique e dos seus componentes, resultante da dificuldade em aceder diretamente aos edifícios, principalmente ao seu interior.

Complementarmente, um edifício de habitação unifamiliar de tabique foi utilizado como referência com vista a ser possível desenvolver uma análise detalhada da solução estrutural e, em particular, dos pormenores de conexão entre os elementos de madeira. Nesse sentido realizou-se uma breve descrição do edifício e do sistema estrutural global subjacente e apresentaram-se alguns detalhes construtivos do sistema estrutural destacando-se o processo de ligação entre elementos estruturais. Seguidamente descreveu-se o estado de conservação do edifício. Por fim, apresentou-se uma proposta possível de sequência construtiva do edifício com recurso a imagens ilustrativas e sequenciais das diversas fases da construção. Com o intuito de que esta sequência construtiva possa ser extrapolada para edifícios de tabique em geral.

Finalmente, o trabalho de localização, de identificação e de caracterização dos principais materiais de construção utilizados em construções de tabique baseou-se no trabalho de campo descrito no Capítulo 3. Durante a realização deste trabalho de campo recolheram-se diversas amostras dos materiais que foram posteriormente caracterizadas e identificadas através de ensaios realizados em três laboratórios da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (doravante denominada de UTAD), em dois laboratórios da Universidade da Beira Interior (doravante denominada de UBI) e num laboratório da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Oliveira do Hospital do Instituto Politécnico de Coimbra (doravante denominada de ESTGOH).

Verificaram-se algumas limitações importantes na recolha das amostras de material devido ao facto de ser difícil retirar materiais de edifícios por serem propriedades privadas. Paralelamente, o acesso a muitos edifícios estava vedado. O contacto com os proprietários também foi uma tarefa árdua e, muitas vezes, com pouco sucesso. Estas limitações condicionaram a representatividade das amostras dos materiais estudados.

4.3 Descrição das paredes de tabique

No capítulo 2, Secção 2.4.3.3, foi efetuada uma breve descrição do sistema construtivo de tabique utilizado nas paredes, que caracteriza a região de Trás-os-Montes e Alto Douro. Nesta secção descrevem-se as paredes exteriores e interiores de tabique existentes nos edifícios de

tabique do concelho de Lamego. Em primeiro lugar apresentam-se as tipologias mais frequentemente observadas para a estrutura interna de madeira das paredes. Depois indicam-se as dimensões globais das paredes de tabique, o comprimento e a altura e por fim as dimensões dos componentes de madeira que constituem a estrutura das paredes (tábuas, prumos e ripas do fasquio). A informação apresentada nesta secção resulta também do estudo e das medições efetuadas durante o trabalho de campo apresentado no Capítulo 3.

4.3.1 Tipologias de paredes

Aquando do trabalho de levantamento e de caracterização das construções de tabique existentes no concelho de Lamego, exposto no Capítulo 3, verificou-se a existência de diferentes tipos de estruturas de madeira aplicadas em paredes exteriores e interiores de tabique. A existência de estruturas diferenciadas levou a que as paredes de tabique fossem agrupadas em tipologias. Atendendo a que se considera que esta informação é muito valiosa, procedeu-se à elaboração de esquemas da estrutura de madeira associada a cada uma das tipologias identificadas e que serão apresentados nas duas secções seguintes.

4.3.1.1 Paredes exteriores

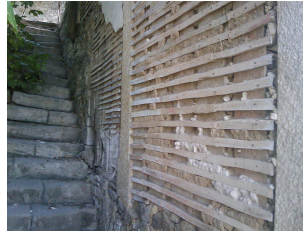
No que diz respeito às paredes exteriores de tabique foram identificados três tipologias para a estrutura de madeira, designadas por tipologias A, B e C. A tipologia B foi subdividida nas subtipologias B1 e B2, em virtude de poderem ser utilizados nesta tipologia dois tipos distintos de elementos verticais de madeira. Na Figura 4.1 exemplifica-se, através de imagens de construções de tabique, cada uma dessas tipologias. Nessas imagens é possível verificar que cada uma das tipologias apresenta especificidades em termos da disposição dos elementos construtivos (tábuas, prumos e ripas) e das suas dimensões.

Quando se observam, atentamente, as paredes exteriores de tabique ilustradas na Figura 4.1 constata-se que estas podem ser constituídas por prumos de eixo longitudinal curvilíneo ou retilíneo, dispostos verticalmente ou de forma inclinada (Figuras 4.1-a)) ou exclusivamente por tábuas (subtipologia B1) ou prumos (subtipologia B2) de madeira dispostas na vertical (Figura 4.1-b)).

Para além dos aspetos referidos, também se observa que a estrutura de madeira da parede pode ser uniforme ou constante ao longo do seu desenvolvimento, Figuras 4.1-a) e 4.1-b), ou pode ser constituída por subestruturas delimitadas por prumos e travessanhos, Figura 4.1-c).



a) Tipologia A



Tipologia B1

Tipologia B2

b) Tipologia B



c) Tipologia C

Figura 4.1 - Tipologias da estrutura de madeira das paredes exteriores de tabique

Também foi possível verificar que a quantidade de material de enchimento pode variar significativamente em virtude da variabilidade dimensional passível de ocorrer no espaçamento vertical das tábuas ou dos prumos de madeira, como se pode verificar nas Figuras 4.1-a) e 4.1-b), respetivamente.

Convém referir que a subtipologia B1, constituída por tábuas verticais e ripas, tem sido a mais referida nos trabalhos de investigação desenvolvidos nesta temática, relativamente às construções de tabique existentes na região de Trás-os-Montes e Alto Douro e dos quais se destacam os trabalhos de Pinto *et al.* [2011] e de Cardoso *et al.* [2011].

Deste modo, na Figura 4.2 apresenta-se um pormenor esquemático de uma parede exterior de tabique da tipologia A, relativo às paredes ilustradas na Figura 4.1-a).

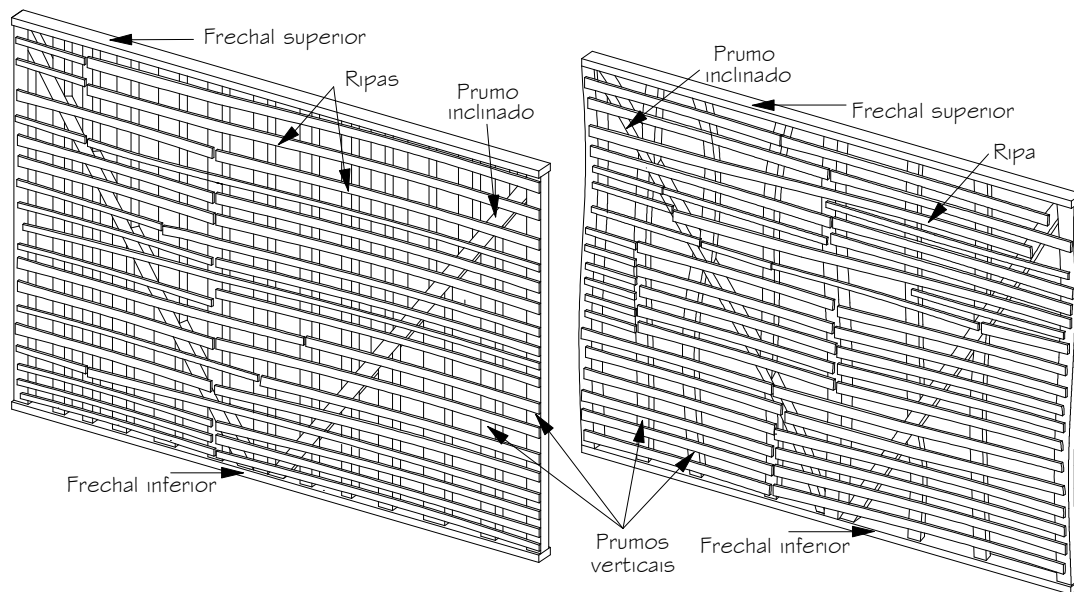


Figura 4.2 - Esquema de uma parede exterior de tabique da tipologia A

A estrutura de madeira da tipologia A é constituída por prumos verticais, prumos inclinados e ripas. Os prumos verticais apresentam alguma variabilidade relativamente ao seu afastamento na horizontal e relativamente às suas dimensões. As ripas estão dispostas horizontalmente e são aplicadas em ambas as faces da estrutura. Tanto a sua largura (dimensão D da Figura 4.8-b) como o seu afastamento (na vertical) apresentam também alguma variabilidade. Cada prumo inclinado é constituído por uma peça única de madeira (sem cortes ou emendas). Estes prumos inclinados interseam os diferentes prumos verticais, a diferentes alturas e ao longo do plano da estrutura de madeira. Nos pontos de cruzamento dos prumos inclinados com os prumos verticais, os prumos verticais são cortados. Os prumos verticais e os prumos inclinados coexistem no mesmo plano. Todos estes elementos estruturais são ligados entre si através de pregos metálicos. Tanto os prumos verticais como os inclinados são fixados nas suas extremidades ao frechal, que é um elemento estrutural de madeira horizontal (semelhante a uma viga cinta).

Pensa-se que os prumos inclinados desempenham uma função de travamento de toda a estrutura, funcionando por isso como um contraventamento vertical no plano da estrutura, conferindo deste modo um incremento de capacidade resistente à estrutura de madeira em relação às ações horizontais tais como a ação do vento e a do sismo. Em função da direção de aplicação da ação horizontal nos dois prumos inclinados, um trabalhará à compressão e o outro à tração. Tendo em conta que a madeira apresenta uma capacidade resistente à compressão significativamente superior à sua capacidade resistente à tração, as tábuas inclinadas funcionem como escoras.

Por sua vez, na Figura 4.3 apresenta-se um esquema de uma parede exterior de tabique da tipologia B, relativo às paredes das construções apresentadas na Figura 4.1-b). A Tipologia B, e como já se referiu, foi subdividida em duas subtipologias, B1 e B2. Estas duas subtipologias diferenciam-se pelo tipo de elementos verticais existentes. Na subtipologia B1, as paredes exteriores de tabique são constituídas por tábuas verticais, Figura 4.3-a), e na subtipologia B2 estas são constituídas por prumos verticais, Figura 4.3-b).

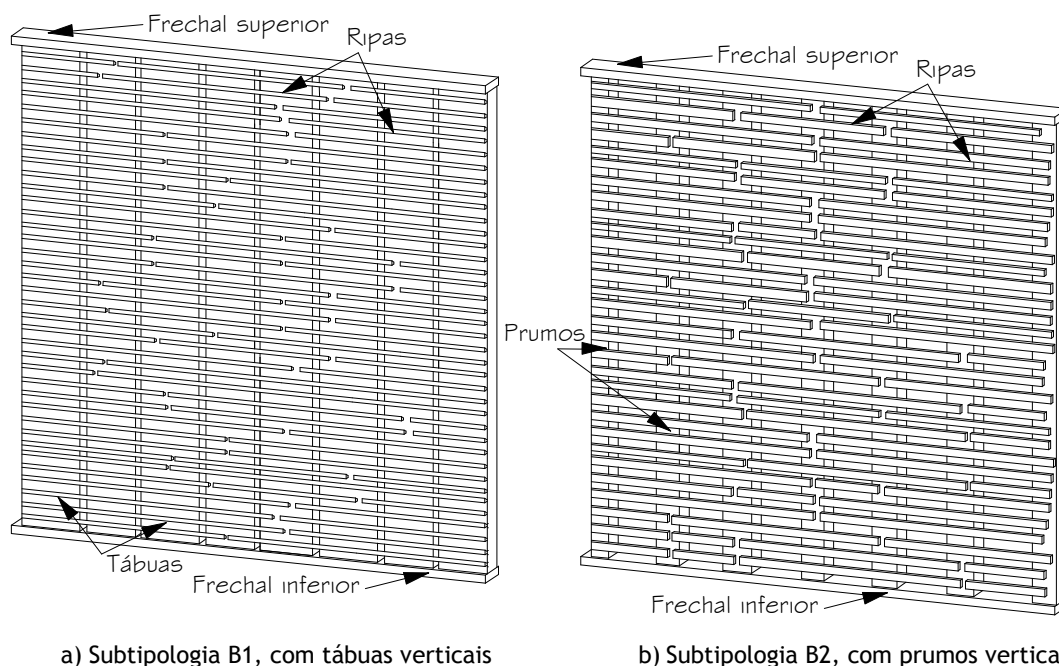


Figura 4.3 - Esquema de uma parede exterior de tabique da tipologia B

Nesta tipologia as ripas encontram-se igualmente espaçadas entre si e ligadas aos elementos verticais por pregos metálicos. Também neste caso, as ripas existem nas duas faces da parede de tabique. Quando esta tipologia é constituída por tábuas verticais, tanto estas como as ripas apresentam um acabamento perfeito e uma reduzida variabilidade dimensional. Este facto poderá indiciar o recurso a um processo de corte automático (ao contrário do que sucede na tipologia A). Por sua vez, a subtipologia B2 é constituída por prumos verticais e ripas cujas secções transversais indiciam terem sido obtidos através de um processo de corte manual. Para além disto, o afastamento entre as tábuas ou entre os prumos apresenta-se uniforme. As extremidades das tábuas e dos prumos apoiam-se nos frechais inferior e superior. Nesta tipologia não parecem existir escoras, ao contrário do identificado na tipologia A.

Finalmente, para a tipologia C, ilustrada na Figura 4.1-c), apresenta-se na Figura 4.4 um esquema representativo da estrutura de madeira de uma parede exterior de tabique.

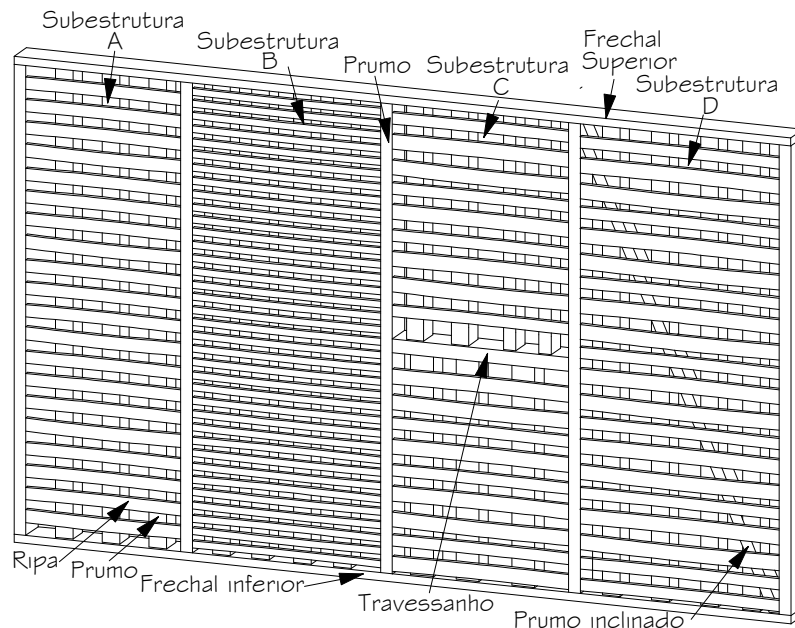


Figura 4.4 - Esquema de uma parede exterior de tabique da tipologia C

A tipologia C distingue-se das outras tipologias em virtude de consistir na associação em série de subestruturas (subestruturas A, B, C e D representadas na Figura 4.4). Cada uma destas subestruturas é delimitada pelos frechais (inferior e superior) e por dois prumos verticais afastados de aproximadamente 2 m. Da mesma forma, cada uma destas subestruturas envolve elementos de tabique, que são essencialmente constituídos por prumos verticais e ripas aplicadas em ambas as faces da estrutura (subestrutura A e B). Em cada subestrutura, o afastamento entre ripas e entre prumos é constante. As dimensões dos prumos e das ripas têm pouca variabilidade. No entanto, as subestruturas apresentam entre si uma notória variabilidade de dimensões. O elemento de tabique da subestrutura C apresenta a aplicação de um prumo, localizado a meia altura do elemento de tabique, disposto horizontalmente, e que liga os dois prumos verticais que delimitam a subestrutura. Este elemento horizontal é designado de travessanho. O travessanho tem uma geometria quadrangular com 7.0 cm a 10.0 cm de lado e interseta os prumos verticais do elemento de tabique. Pensa-se que o travessanho tem como função aumentar a capacidade resistente dos prumos verticais uma vez que diminui o seu comprimento de encurvadura. Para além disto, o travessanho estabelece uma ligação entre os dois prumos verticais que delimitam a subestrutura e assegura um funcionamento de conjunto daqueles dois prumos e portanto da subestrutura.

A subestrutura D mostra que o elemento de tabique incluído na subestrutura pode prever a aplicação de um prumo disposto na diagonal. Este prumo é uma peça única que interseta os prumos verticais a diferentes alturas. Também aqui (à semelhança do que sucede com a tipologia A) pensa-se que este prumo tem uma função de contraventamento do plano vertical e funciona como uma escora. Esta tipologia foi apresentada por Pinto *et al.* [2011], tendo sido

designada por estrutura modular dupla. Um sistema estrutural análogo é apresentado por Flórido [2010] e por Teixeira [2004].

Após a análise destas três possíveis tipologias da estrutura de madeira de paredes exteriores de tabique, pode concluir-se que existe uma linha mestra na forma de construir paredes de tabique, que é essencialmente baseada na aplicação de elementos verticais e horizontais. Contudo, a disposição e a dimensão dos vários elementos constituintes pode ser muito variável. Em particular é perceptível que o possível comportamento estrutural das paredes referentes às três tipologias identificadas, descritas anteriormente, às ações horizontais possa ser bem diferenciado pelo facto de poder ser contemplado prumos inclinados (escoras) ou prumos horizontais (travessanhos).

4.3.1.2 Paredes interiores

No que diz respeito às paredes interiores de tabique, as múltiplas observações permitiram definir duas tipologias para a estrutura de madeira deste tipo de elemento construtivo, que se apresentam na Figura 4.5. À semelhança do sucedido para as paredes exteriores de tabique, também se verificou que a cada uma das tipologias identificadas para a estrutura de madeira das paredes interiores estão associadas especificidades quer em termos da disposição dos elementos construtivos (tábuas, prumos e ripas) quer das suas dimensões.



a) Tipologia A

b) Tipologia B

Figura 4.5 - Estrutura de madeira das paredes interiores de tabique

Quando se observam detalhadamente as imagens da Figura 4.5, verifica-se que as paredes de tabique interiores são essencialmente constituídas por tábuas ou prumos dispostos verticalmente ligados entre si por ripas dispostas horizontalmente e que estas últimas são aplicadas em ambas as faces da parede, sendo possível definir duas tipologias distintas A e B. De forma a completar esta informação elaborou-se um esquema da solução estrutural de madeira preconizada para cada uma destas tipologias.

Na Figura 4.6 apresenta-se um esquema da solução estrutural de madeira de uma parede interior de tabique referente à tipologia A, e correspondente ao caso real ilustrado na Figura 4.5-a).

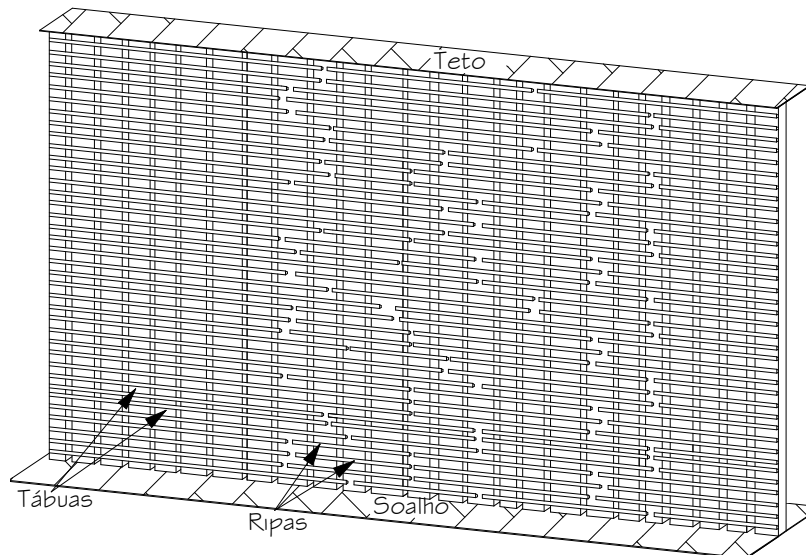


Figura 4.6 - Esquema da solução estrutural de madeira de uma parede interior da tipologia A

A tipologia A de paredes interiores de tabique é muito semelhante à tipologia B1 de paredes exteriores de tabique, Figura 4.3. Esta tipologia é caracterizada por apresentar uma estrutura de madeira reticulada regular, constituída por tábuas verticais e por ripas horizontais, igualmente espaçadas entre si, e ligadas entre si por pregos metálicos. As ripas existem nas duas faces da parede de tabique. Os elementos de madeira (tábuas e ripas) apresentam dimensões aproximadamente constantes. Pensa-se também que deve ter sido utilizado um processo mecânico de corte dos elementos de madeira. Verifica-se, ainda que as tábuas verticais são frequentemente tábuas costaneiras. No tocante à ligação das extremidades das tábuas, verificou-se que não existem frechais e que as tábuas estão transversalmente travadas pelas tábuas de soalho do piso e pelas tábuas de forro existentes no teto.

Na Figura 4.7 apresenta-se o esquema da solução estrutural de madeira de uma parede interior de tabique, alusiva à tipologia B e ilustrada na Figura 4.5-b. Esta tipologia é caracterizada por ter uma estrutura interna muito irregular e semelhante à tipologia A das paredes exteriores de tabique, Figura 4.2. A estrutura de madeira é constituída por prumos e por ripas aplicadas em ambas as faces da parede. Os afastamentos entre os prumos e entre as ripas apresentam alguma variabilidade. O mesmo facto sucede relativamente às suas dimensões. Para além disto, os elementos verticais (prumos), têm frequentemente o seu eixo longitudinal curvilíneo. Tanto os prumos como as ripas apresentam secções transversais geralmente variáveis ao longo dos seus eixos longitudinais. Esta informação leva a crer que estes elementos de madeira são toscos e não foram sujeitos a um processo de preparação em obra muito laborioso.

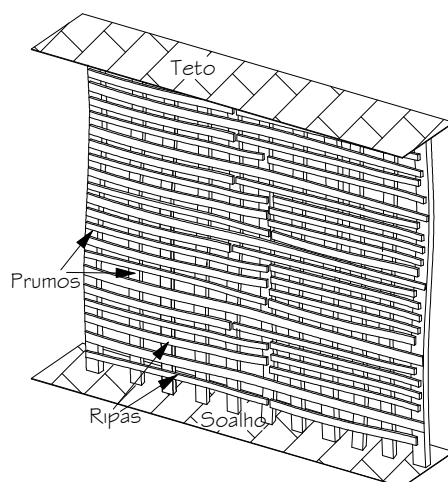


Figura 4.7 - Esquema da solução estrutural de madeira de uma parede interior de tabique da tipologia B

A ligação entre as peças de madeira é também concretizada por pregos metálicos.

Quando se comparam as tipologias anteriores da solução estrutural de madeira de paredes de tabique, verifica-se que as soluções são basicamente semelhantes e caracterizadas por apresentarem elementos verticais e elementos horizontais formando um reticulado.

4.3.2 Dimensões das paredes

Referiu-se anteriormente que durante a realização do trabalho de campo também houve a preocupação de se proceder ao registo das dimensões globais das paredes de tabique e dos elementos construtivos de madeira. Inventariar estas grandezas poderá ser importante tendo em conta que muitos destes edifícios apresentam uma degradação muito acentuada, podendo ruir a qualquer momento. Para o efeito, estas grandezas são apresentadas nas duas secções seguintes.

4.3.2.1 Dimensões globais

No que diz respeito às dimensões globais (comprimento, largura e espessura) das paredes de tabique, foi possível realizar algumas medições, que se apresentam na Tabela 4.1. Nesta tabela, são indicadas a localização da parede de tabique, o tipo de parede (interior ou exterior) e os valores do seu comprimento, altura e espessura.

Na Tabela 4.1, existe uma expressiva escassez de informação relativa à espessura das paredes de tabique. Este facto resulta das limitações expressas anteriormente, associadas às dificuldades de acesso ao interior dos edifícios estudados.

Tabela 4.1 - Dimensões globais de algumas paredes de tabique

Amostra	Localização	Tipo	Comprimento (m)	Altura (m)	Espessura (m)
1	2º piso	Interior	2,50	3,00	0,07
2	1º piso	Interior	1,00	2,05	--
3	2º piso	Interior	2,45	2,65	0,08
4	2º piso	Interior	2,20	2,50	--
5	2º piso	Interior	5,00	2,70	--
6	2º piso	Interior	4,80	2,65	--
7	2º piso	Interior	1,20	2,70	0,07
8	2º piso	Interior	5,00	2,65	--
9	2º piso	Interior	2,00	3,00	0,075
10	2º piso	Exterior	6,00	3,00	0,10
11	2º piso	Exterior	8,00	1,65	0,10
12	2º piso	Exterior	4,00	1,60	--
13	2º piso	Exterior	7,00	2,50	--
14	2º piso	Exterior	4,00	2,60	--
15	2º piso	Exterior	5,20	2,80	0,95
16	2º piso	Exterior	5,50	2,40	--
17	2º piso	Exterior	7,50	2,30	0,11
18	2º piso	Exterior	4,20	2,40	--
19	2º piso	Exterior	0,60	2,00	--
20	2º piso	Exterior	3,80	2,50	--
21	2º piso	Exterior	7,00	2,65	--
22	2º piso	Exterior	4,40	2,25	--
23	2º piso	Exterior	6,00	3,00	--
24	2º piso	Exterior	4,50	2,80	--

Através da análise dos dados apresentados na Tabela 4.1 verifica-se que das vinte e quatro paredes estudadas, apenas uma se encontra ao nível do rés-do-chão.

A análise dos dados da Tabela 4.1 também permite concluir que, para as paredes observadas, a altura e o comprimento das paredes de tabique tem dimensões compreendidas entre 3,00 m e 1,60 m e entre 8,00 m e 0,60 m, respetivamente.

À semelhança dos resultados obtidos por Cepeda [2009], a escassez de leituras e o pequeno número de construções de tabique estudadas não permite fazer extrapolações relativamente às dimensões globais (altura e comprimento) de paredes de tabique e propor valores médios. De facto, também aqui, os valores registados para a altura e para o comprimento são muito variáveis e indiciam que muito provavelmente as paredes de tabique não terão dimensões padronizadas. Contudo, constata-se que a altura das paredes de tabique está limitada a cerca

de 3,00 m. Outro dado que se pensa ser relevante é a existência de panos de parede de tabique que têm comprimentos significativos, podendo atingir 8,00 m. Estes valores são muito superiores aos valores utilizados para panos de paredes de alvenaria de tijolo correntes que são condicionados pelo efeito da retração e da dilatação térmica. Relativamente à espessura das paredes de tabique, esta grandeza parece situar-se entre 7,0 cm e 8,0 cm para as paredes interiores e entre 9,5 cm e 11,0 cm para as paredes exteriores. Estes valores são inferiores aos dos panos de alvenaria de tijolo corrente, permitindo um melhor aproveitamento do espaço útil interior.

4.3.2.2 Dimensões dos elementos constituintes de paredes

Nesta secção, apresentam-se os resultados das medições realizadas nos elementos constituintes da estrutura de madeira das paredes de tabique, de forma a complementar a informação já disponibilizada sobre a constituição destas estruturas. Na Figura 4.8 apresentam-se dois esquemas exemplificativos da estrutura de madeira típica de paredes de tabique constituídas por tábuas verticais (Figura 4.8-a)) e por prumos verticais e inclinados (Figura 4.8-b)). Nestas figuras, estão identificadas as grandezas seleccionadas e consideradas representativas. As tábuas ou os prumos verticais têm uma largura A , uma espessura B e um espaçamento horizontal C . O fasquio horizontal é constituído por ripas de madeira de largura D e espessura E , e estão afastadas verticalmente entre si de uma distância F . Finalmente, os prumos inclinados têm uma largura G e uma espessura H .

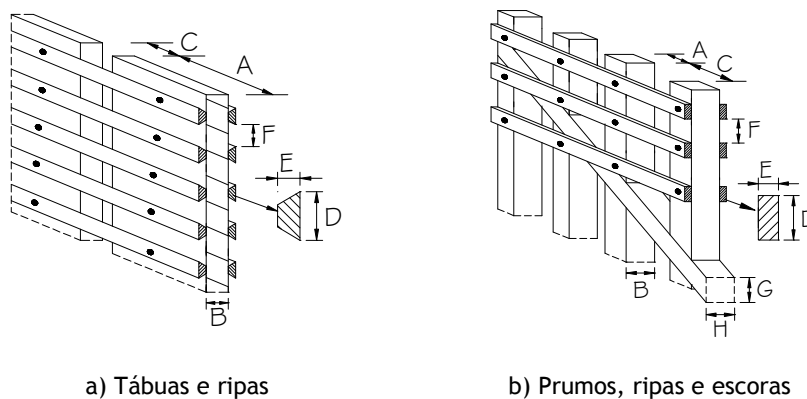


Figura 4.8 - Exemplo das estruturas de madeira de uma parede de tabique consideradas mais representativas

Relativamente às paredes interiores de tabique, foram efetuadas medições em oito paredes interiores de oito edifícios de tabique distintos. Na Tabela 4.2 indica-se a tipologia em que se enquadra cada uma dessas paredes, de acordo com a informação referida na Secção 4.3.1.2. Também se apresentam os resultados das medições efetuadas em paredes interiores de tabique, relativos à largura, à espessura e ao espaçamento dos prumos, das tábuas e das ripas do fasquio. Dado que os elementos constituintes da estrutura de madeira de uma parede de tabique não têm em regra dimensões constantes, as dimensões apresentadas na Tabela 4.2

correspondem ao intervalo de valores das várias grandezas registadas. Nesta tabela também se apresentam os valores médios de cada uma das medições para as tipologias A e B.

Como se pode observar através da análise da Tabela 4.2, a largura (A) média das tábuas verticais e dos prumos está compreendida entre 13,3 cm e 21,5 cm e entre 9,0 cm e 11,0 cm, respetivamente para as tipologias A e B. A espessura (B) média das tábuas e dos prumos apresenta valores uniformes situados entre 3,4 cm e 3,6 cm. Para o afastamento entre elementos verticais (C), verifica-se que estes estão compreendidos entre 3,0 cm e 5,8 cm para as tábuas e entre 16,8 cm e 22,0 cm para os prumos. Por sua vez, as ripas apresentam uma espessura (E) uniforme compreendida entre 1,0 cm e 1,2 cm. Relativamente à largura das ripas (D) verifica-se que as ripas da tipologia A são em regra inferiores àquelas que são aplicadas na tipologia B. Na tipologia A, a largura das ripas (D) está compreendida entre 2,1 cm e 3,0 cm e na tipologia B esta grandeza está compreendida entre 3,8 cm e 5,4 cm. Finalmente, e em relação ao espaçamento entre ripas de madeira (F), constata-se que em geral o afastamento entre ripas na tipologia A é inferior em relação ao observado na tipologia B. Na tipologia A o afastamento entre ripas oscila entre 2,8 cm e 4,5 cm, e na tipologia B este afastamento está compreendido entre 4,1 cm e 5,5 cm.

Tabela 4.2 - Dimensões dos elementos de madeira das paredes de tabique interiores

Amostra	Tipologia	Tábuas verticais ou prumos (cm)			Ripas (cm)		
		A	B	C	D	E	F
1	A	10,0 - 16,0	4,0 - 4,5	4,0 - 6,0	2,5 - 4,5	0,9 - 1,0	3,0 - 6,0
2	A	14,0 - 25,0	3,0	1,0 - 5,0	2,2	1,0	3,0 - 4,0
3	A	14,0 - 20,0	3,0 - 3,5	5,0 - 8,0	1,8 - 2,2	1,2	3,0 - 4,0
4	A	15,0 - 25,0	3,5	2,0 - 4,0	2,0 - 3,0	1,0	2,0 - 4,0
5	B	12,0 - 15,0	3,0	10,0 - 16,0	2,5 - 4,0	1,0	3,8 - 4,1
6	B	7,0	3,0	22,0 - 28,0	5,0 - 6,0	0,8	6,0
7	B	9,0 - 10,0	4,5	15,0 - 22,0	4,0 - 5,5	1,2 - 1,6	3,6 - 6,0
8	B	8,0 - 12,0	3,0 - 4,0	20,0 - 25,0	3,5 - 6,0	1,0 - 1,2	3,0 - 6,0
Valores médios para a tipologia A		13,3 - 21,5	3,4 - 3,6	3,0 - 5,8	2,1 - 3,0	1,0 - 1,1	2,8 - 4,5
Valores mínimos e máximos para a tipologia A		10,0 - 25,0	3,0 - 4,5	1,0 - 8,0	1,8 - 4,5	0,9 - 1,2	2,0 - 6,0
Valores médios para a tipologia B		9,0 - 11,0	3,4 - 3,6	16,8 - 22,8	3,8 - 5,4	1,0 - 1,2	4,1 - 5,5
Valores mínimos e máximos para a tipologia B		7,0 - 15,0	3,0 - 4,0	10,0 - 28,0	2,5 - 6,0	0,8 - 1,6	3,0 - 6,0

Comparando nesta fase os resultados das medições efetuados nas paredes destas duas tipologias, e observando as Figuras 4.5, 4.6 e 4.7, conclui-se que o espaçamento entre os prumos e entre as ripas da tipologia B é muito superior em relação ao respetivo espaçamento verificado na tipologia A. Este facto implica o recurso a uma maior quantidade de material de enchimento na execução de paredes da tipologia B. O registo dos valores máximos e mínimos das dimensões dos elementos de madeira de cada tipologia permite concluir que a largura das tábuas, prumos, ripas e o seu espaçamento apresentam uma grande variabilidade.

Seguidamente, apresentam-se, na Tabela 4.3, os resultados das medições efetuadas em amostras de paredes exteriores de tabique e de forma análoga à apresentada na Tabela 4.2. No entanto, uma vez que algumas tipologias de paredes exteriores de tabique apresentam prumos inclinados, como acontece nas tipologias A e C, a largura G e a espessura H desses prumos também foi registada e incluída na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Dimensões dos elementos de madeira das paredes de tabique exteriores

Am.	Tip.	Tábuas/prumos verticais (cm)				Fasquio (cm)		Prumos inclinados (cm)	
		A	B	C	D	E	F	G	H
1	A	9,0 - 11,5	5,5	15,0 - 17,0	2,5 - 4,6	0,7	4,0 - 5,5	10,0	5,5
2	A	8,0 - 14,0	5,5 - 6,0	14,0 - 30,0	3,5 - 4,5	1,2	4,0	13,0	6,0
3	A	6,0 - 11,0	4,0 - 7,0	11,0 - 12,0	3,0 - 5,0	1,0	3,0 - 6,0	9,0	6,0
4	A	12,0 - 16,0	5,0	20,0 - 23,0	3,0 - 6,0	1,0 - 1,2	4,0 - 6,0	12,0	5,0
5	A	10,0 - 13,0	5,0	16,0 - 18,0	4,0 - 6,0	1,0 - 1,2	5,0 - 10,0	11,0	5,0
6	A	10,0 - 12,0	5,5	17,0 - 20,0	4,0 - 5,0	1,2	4,0 - 7,0	12,0	5,5
7	A	9,0 - 12,0	5,0	9,0 - 12,0	2,0 - 4,0	1,1	4,0 - 6,0	10,0	5,0
8	A	9,0 - 11,0	5,0	12,0 - 16,0	2,5 - 3,5	0,8 - 1,0	4,0 - 6,0	12,0	5,0
9	B2	8,0 - 9,0	7,0	22,0 - 28,0	3,5	1,6	5,0 - 6,5	--	--
10	B2	9,0 - 12,0	4,0	15,0 - 21,0	3,0 - 6,0	1,5	3,0 - 7,0	--	--
11	B2	8,5 - 11,0	3,5	7,5 - 9,0	3,5 - 4,0	0,9	3,8 - 4,4	--	--
12	B1	25,0 - 30,0	5,0 - 6,0	3,0 - 4,0	2,2	1,0	3,0 - 5,0	--	--
13	B2	8,0 - 11,0	4,0	20,0 - 27,0	3,0 - 4,5	1,3 - 1,5	4,0 - 6,0	--	--
14	B1	15,0 - 20,0	5,5	1,0 - 4,0	2,0 - 3,5	1,0	2,0 - 4,0	--	--
15	B2	7,0 - 13,0	5,0	15,0 - 25,0	3,0 - 5,5	1,1	2,0 - 4,0	--	--
16	C	7,0 - 8,0	5,5	15,0 - 17,0	3,5 - 4,0	1,1 - 1,2	4,0 - 5,0	--	--
17	C	7,0 - 8,5	5,5	10,0 - 17,0	6,5 - 9,0	1,0 - 1,1	4,0 - 6,0	8,5	5,5
18	C	7,0 - 10,0	5,0 - 6,0	17,0 - 20,0	4,0 - 5,0	1,1 - 1,2	6,0 - 15,0	--	--
19	C	6,0 - 9,0	5,5	11,0 - 26,0	2,0 - 6,0	1,0 - 1,1	3,0 - 7,0	--	--

Na Tabela 4.4 apresentam-se os valores médios, mínimos e máximos das dimensões dos elementos de cada uma das tipologias.

Tabela 4.4 - Valores médios, mínimos e máximas das dimensões da Tabela 4.3

	Tábuas/prumos verticais (cm)				Fasquio (cm)		Prumos inclinados (cm)	
	A	B	C	D	E	F	G	H
Valores médios, tipologia A	9,1 - 12,6	5,1 - 5,5	14,3 - 16,5	3,1 - 4,8	1,0 - 1,1	4,0 - 6,3	11,1	5,4
Valores mínimos e máximos, tipologia A	6,0 - 16,0	4,0 - 7,0	9,0 - 30,0	2,0 - 6,0	0,7 - 1,2	3,0 - 10,0	9,0 - 13,0	5,0 - 6,0
Valores médios, tipologia B1	20,0 - 25,0	5,3 - 5,8	2,0 - 4,0	2,1 - 2,9	1,0	2,5 - 4,5	--	--
Valores mínimos e máximos, tipologia B1	15,0 - 30,0	5,0 - 6,0	1,0 - 4,0	2,0 - 3,5	1,0	2,0 - 5,0	--	--
Valores médios, tipologia B2	8,1 - 11,2	4,7	15,9 - 22,0	3,2 - 4,7	1,3	3,6 - 5,6	--	--
Valores mínimos e máximos, tipologia B2	7,0 - 13,0	3,5 - 7,0	7,5 - 28,0	3,0 - 6,0	0,9 - 1,6	2,0 - 7,0	--	--
Valores médios, tipologia C	6,8 - 8,9	5,4 - 5,6	13,3 - 20,0	4,0 - 6,0	1,1 - 1,2	4,3 - 8,3	8,5	5,5
Valores mínimos e máximos, tipologia C	6,0 - 10,0	5,0 - 6,0	10,0 - 26,0	2,0 - 9,0	1,0 - 1,2	3,0 - 15,0	8,5	5,5

Para a tipologia A constata-se que os prumos verticais têm uma largura média compreendida entre 9,1 cm e 12,6 cm, uma espessura média que varia entre 5,1 cm e 5,5 cm, enquanto o afastamento médio oscila entre 14,3 cm e 16,5 cm. Relativamente às ripas, a largura média oscila entre 3,1 cm e 4,8 cm, a espessura média está compreendida entre 1,0 cm e 1,1 cm, e o espaçamento médio varia entre 4,0 cm e 6,3 cm. Os prumos inclinados têm uma largura média de 11,1 cm e uma espessura média de 5,4 cm. Nesta tipologia os prumos têm uma largura que varia entre um mínimo de 6,0 cm e um máximo de 16,0 cm, o seu afastamento está compreendido entre um mínimo de 9,0 e 30,0 cm.

A subtipologia B1 é constituída por tábuas verticais com uma largura média compreendida entre 20,0 cm e 25,0 cm, uma espessura média que varia entre 5,3 cm e 5,8 cm e um

espaçamento vertical que está compreendido entre 2,0 e 4,0 cm. Comparativamente com a tipologia A, esta subtipologia utiliza maiores quantidades de madeira e, aparentemente, menor quantidade de material de enchimento. No que diz respeito às ripas, estas apresentam uma largura média compreendida entre 2,1 cm e 2,9 cm, uma espessura média de 1,0 cm e um espaçamento médio entre elas que oscila entre 2,5 cm e 4,5 cm. Nesta tipologia a largura das tábuas verticais está compreendida entre um mínimo de 15,0 cm e um máximo de 30,0 cm.

Por sua vez, na subtipologia B2 os prumos verticais são caracterizados por apresentarem uma largura que oscila entre 8,1 cm e 11,2 cm, uma espessura média de 4,7 cm e um afastamento médio situado entre 15,9 cm e 22,0 cm. Esta subtipologia é algo semelhante à tipologia B das paredes interiores, em termos de largura e de afastamento médio dos prumos. As ripas utilizadas nesta tipologia apresentam uma largura média compreendida entre 3,2 cm e 4,7 cm, uma espessura média de 1,3 cm e um espaçamento médio situado entre 3,6 e 5,6 cm. Nesta tipologia a largura das tábuas verticais está compreendida entre um mínimo de 7,0 cm e um máximo de 13,0 cm.

Finalmente, os resultados reportados e que caracterizam a tipologia C, indicam que a largura média dos prumos está compreendida entre 6,8 cm e 8,9 cm, a sua espessura média varia entre 5,4 cm e 5,6 cm, enquanto o seu afastamento médio varia entre 13,3 cm e 20,0 cm. Para as ripas, os resultados das medições obtidos em quatro paredes diferenciadas, indicam que a largura média das ripas se situa entre 4,0 cm e 6,0 cm, a espessura média varia entre 1,1 cm e 1,2 cm e o afastamento médio está compreendido entre 4,3 cm e 8,3 cm. A única escora que se conseguiu medir tem uma largura de 11,1 cm e uma espessura de 5,5 cm. Nesta tipologia a largura das tábuas verticais está compreendida entre um mínimo de 6,0 cm e um máximo de 10,0 cm.

Os resultados reportados nas Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4 evidenciam que as dimensões dos elementos constituintes da estrutura de madeira apresentam uma variabilidade acentuada, em particular no respeitante à largura das tábuas e ao espaçamento entre estas. Este facto também já foi referido por Cepeda *et al.* [2010] e Pinto *et al.* [2010-b], relativamente a outras construções de tabique localizadas na região do Alto Tâmega.

Analisando e comparando globalmente as dimensões dos elementos constituintes das paredes exteriores e interiores de tabique, constata-se que a espessura dos prumos verticais ou das tábuas verticais das paredes exteriores de tabique é superior à das paredes interiores de tabique. Pensa-se que as maiores espessuras das paredes exteriores de tabique se deve ao facto destas desenvolverem uma função estrutural resistente muito importante, para além da função de compartimentação.

4.4 Análise detalhada do sistema construtivo de um edifício

De forma a complementar o exposto anteriormente achou-se oportuno e enriquecedor proceder a um levantamento exaustivo do sistema construtivo de um edifício de tabique, considerado de referência do concelho de Lamego, e que visasse aprofundar tecnicamente diversos aspetos construtivos inerentes a este tipo de construção tradicional. Este registo poderá futuramente possibilitar e auxiliar processos de reabilitação e de conservação. Os aspetos construtivos abordados nesta análise foram o sistema estrutural global, os detalhes construtivos relativos às paredes de tabique e os pormenores construtivos inerentes aos pisos.

No respeitante ao sistema global, foram elaboradas especificamente para este edifício peças desenhadas (cortes e plantas) no sentido de facilitar a localização desses elementos estruturais.

Em relação aos pormenores construtivos, estes são abrangentes atendendo a que foi possível aceder à totalidade do edifício. Pormenores construtivos referentes à cobertura, que incluem a identificação da solução estrutural da cobertura, a conexão do pavimento do sótão à cobertura e à parede exterior de tabique do andar foram elaborados. A solução do sistema estrutural da parede interior e da parede de empena ao nível da cobertura foi também alvo de pormenorização. Foram ainda executados pormenores construtivos das paredes de tabique. Considera-se que o edifício em análise é adequado e representativo deste tipo de construção, porque contempla tanto paredes exteriores como paredes interiores de tabique. Este facto, possibilitou a apresentação de pormenores construtivos reais e exaustivos dos elementos acima referidos, bem como pormenores da conexão das paredes nos cantos e na ligação ao frechal, da ligação entre uma parede interior de tabique e o teto, e o da ligação entre uma parede interior e o pavimento.

Finalmente, também se apresentam alguns pormenores construtivos referentes ao pavimento de madeira característico deste tipo de edifícios.

4.4.1 Localização e descrição do edifício de tabique

O edifício de tabique utilizado como referência (Figura 4.9), localiza-se na freguesia de Cambres, na margem esquerda do rio Douro, no concelho de Lamego, na região do Alto Douro Vinhateiro, com as seguintes coordenadas geográficas, Latitude: N 41° 09,230' e Longitude: W 7° 47,117'.



Figura 4.9 - Construção de tabique de referência

Trata-se de um edifício de habitação unifamiliar, com mais de cem anos, e que é caracterizado por apresentar dois pisos e um sótão. Podem identificar-se paredes exteriores de tabique nos pisos superiores. Ao nível do rés-do-chão, as paredes exteriores são de alvenaria de pedra de xisto local. Esta solução construtiva de tabique é uma das mais comuns nos aglomerados rurais existentes nesta região e daí ter sido utilizada como referência, [Cardoso *et al.*, 2011]. Na Figura 4.9 apresenta-se uma fotografia do alçado principal deste edifício, que evidencia claramente o avançado estado de deterioração que esta construção apresenta devido à falta de conservação, de manutenção e à ação de agentes externos. Este facto é concordante com as conclusões tecidas e reportadas em trabalhos prévios desenvolvidas neste contexto por Cepeda [2009], nos quais se faz um alerta para a urgência em se proceder à execução de trabalhos de conservação, restauro e reabilitação das construções de tabique existentes na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, de forma a reduzir o risco eminente de colapso total que muitos destes tipos de edifícios enfrentam.

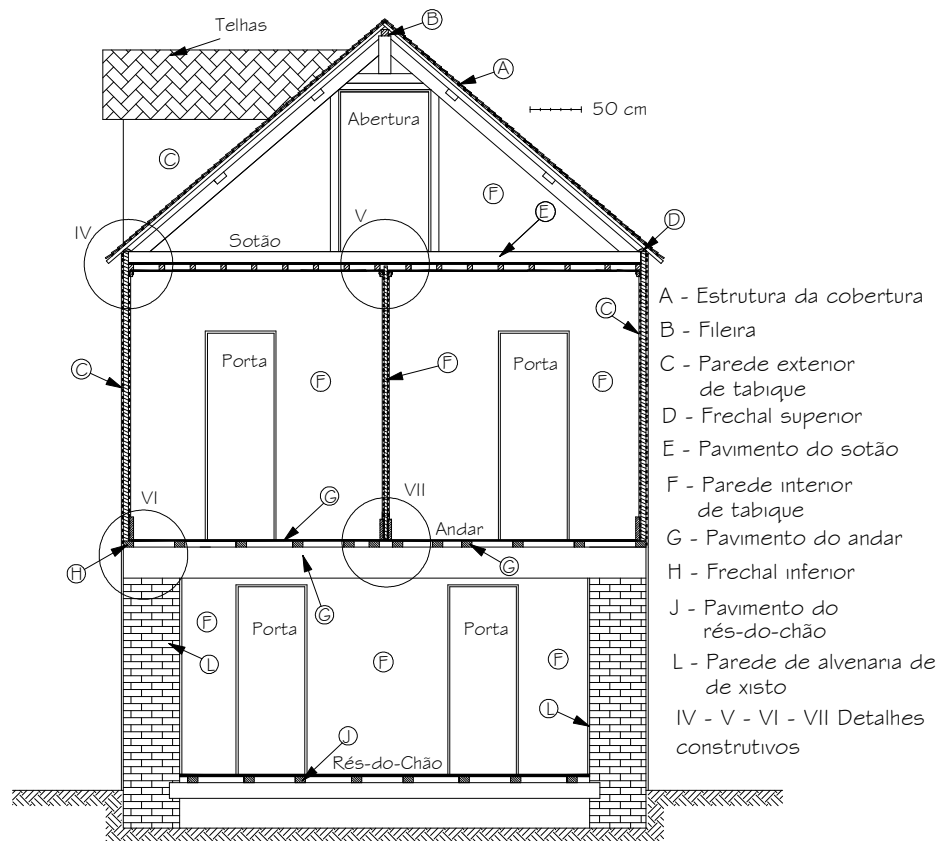
4.4.2 Descrição do sistema estrutural global

A construção de tabique selecionada também está apresentada na Figura 4.10 onde é possível observar o seu alçado frontal (Figura 4.10-a)), assim como um corte transversal ao longo do alinhamento A-A (Figura 4.10-b)). Tal como foi referido, trata-se de um edifício de habitação unifamiliar, constituído por três pisos (rés-do-chão, primeiro andar e águas furtadas). Ao nível do rés-do-chão as paredes exteriores são de alvenaria de xisto local e as paredes interiores são de tabique. Este edifício apresenta a grande particularidade de apresentar paredes interiores de tabique no rés-do-chão. Esta situação é muito pouco frequente no contexto da construção de tabique existente na região de Trás-os-Montes e Alto Douro. Por sua vez, nos pisos superiores, os elementos construtivos verticais são todos de tabique, quer as paredes exteriores, quer as paredes interiores ou divisórias. Os pavimentos do rés-do-chão, do primeiro andar e das águas furtadas, e a estrutura da cobertura são de madeira. A cobertura deste edifício é de duas águas com mansarda e é revestida externamente por telhas cerâmicas. A ligação entre o andar e as águas furtadas é materializada através de uma escada interior. A Figura 4.10 foi desenvolvida especificamente para este trabalho de investigação e

permite complementar a informação acima referida que visa fazer um registo rigoroso da disposição arquitetónica de uma construção tipo de tabique existente no concelho de Lamego.



a) Alçado frontal



b) Corte transversal A-A

Figura 4.10 - Construção de tabique de referência

O edifício tem uma configuração em planta retangular, com as dimensões de 5,00 m x 7,00 m (Figura 4.11). O rés-do-chão é constituído por uma sala e uma arrecadação.

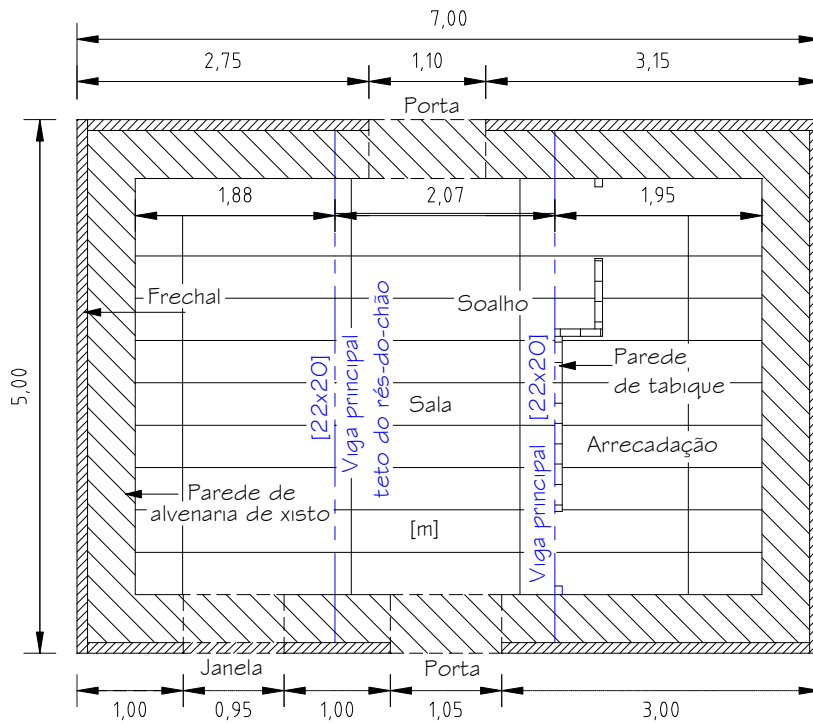


Figura 4.11 - Planta do rés-do-chão

Por sua vez, no andar existe uma sala, um quarto e um compartimento que contem a escada de acesso ao sótão (Figura 4.12).

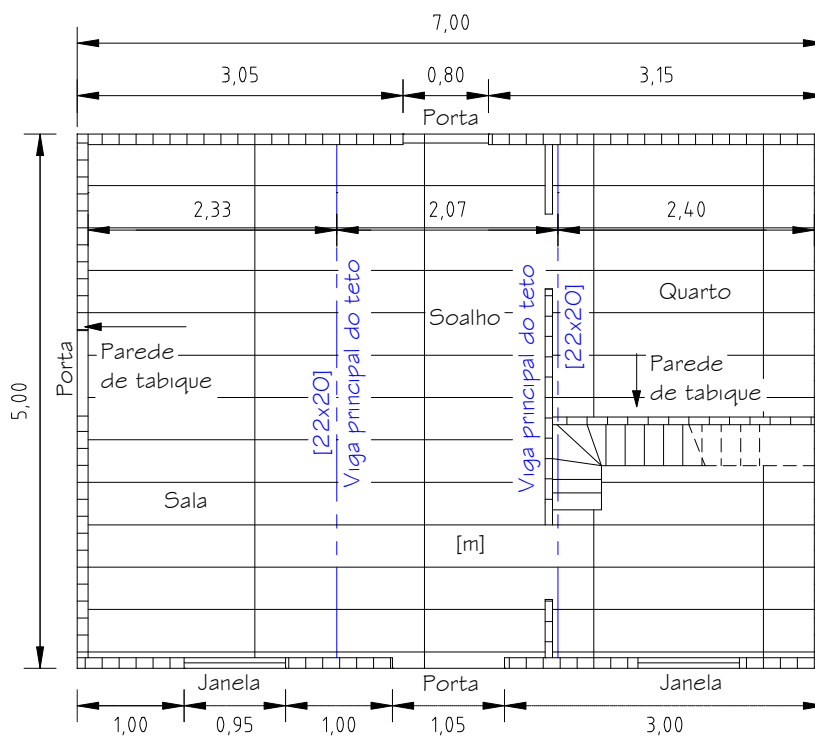


Figura 4.12 - Planta do andar

O sistema estrutural principal é constituído ao nível do rés-do-chão por paredes exteriores resistentes de alvenaria simples de pedra de xisto local, rebocada com uma argamassa terrosa bastarda (detalhe L da Figura 4.10-b). Estas paredes suportam as vigas principais de madeira, que são parte do sobrado do andar, correspondente ao detalhe G da Figura 4.10-b). Este pavimento também inclui vigas secundárias, o soalho do piso e o rodapé (detalhe VII da Figura 4.10-b)). A ligação entre as paredes exteriores de alvenaria de xisto do rés-do-chão e as paredes exteriores de tabique do andar é efetuada através do frechal (detalhe VI da Figura 4.10-b)). As paredes interiores do rés-do-chão e do andar são de tabique e apoiam-se diretamente em elementos de madeira (detalhe VII da Figura 4.10-b)). O pavimento do sótão tem uma estrutura de madeira similar à do andar mas é invertida (detalhe E da Figura 4.10-b)). A solução do sistema estrutural da cobertura é do tipo viga de madeira (arco de três rótulas), (detalhe A da Figura 4.10-b)), apoiada nas duas vigas principais do pavimento do sótão. Existe também um sobrado ao nível do rés-do-chão (detalhe J da Figura 4.10-b)), cujo sistema estrutural é similar ao adotado no pavimento do andar. Na Figura 4.10-b) também se ilustra o facto da estrutura de madeira do pavimento do rés-do-chão não estar em contacto direto com o solo. Este detalhe é muito interessante porque corresponde a uma solução construtiva tradicional de salvaguarda da durabilidade dos elementos construtivos de madeira, que neste caso são as vigas e as tábuas de soalho do pavimento do rés-do-chão, e a estrutura de madeira das paredes interiores de tabique existentes ao nível do rés-do-chão.

4.4.3 Pormenores construtivos

Nesta secção pretende-se apresentar os pormenores construtivos de construção de tabique, tendo em conta que a bibliografia consultada no âmbito deste trabalho de investigação é relativamente omissa neste contexto. Estes pormenores são apresentados utilizando uma aproximação no sentido de cima para baixo (*top down approach*). Em primeira análise apresentam-se os detalhes construtivos relativos à cobertura e ao sótão. Seguidamente, faz-se uma descrição das paredes de tabique através da apresentação de pormenores construtivos relativos a este tipo de elemento construtivo, tais como os pormenores da ligação da parede ao frechal inferior, da junção ortogonal entre paredes exteriores e entre uma parede exterior e uma parede interior e da conexão entre paredes e o pavimento do andar e o pavimento do sótão. Por fim, também são disponibilizados detalhes construtivos relacionados com os pavimentos de madeira.

4.4.3.1 Cobertura e sótão

O sistema estrutural da cobertura de madeira apresenta-se esquematicamente na Figura 4.13. As telhas cerâmicas (A1) são suportadas pelas ripas (A2) que são suportadas pelas varas (A3). Por sua vez, estas últimas apoiam-se, inferiormente, no frechal (D) localizado no topo superior das paredes exteriores de tabique, superiormente, na viga de cumeeira ou fileira da cobertura (B) e, ao longo do seu vão, em madres (A4). O frechal destina-se a distribuir as

ações atuantes ao longo da cobertura na parede exterior de tabique e, simultaneamente, a contraventar superiormente a própria parede exterior de tabique.

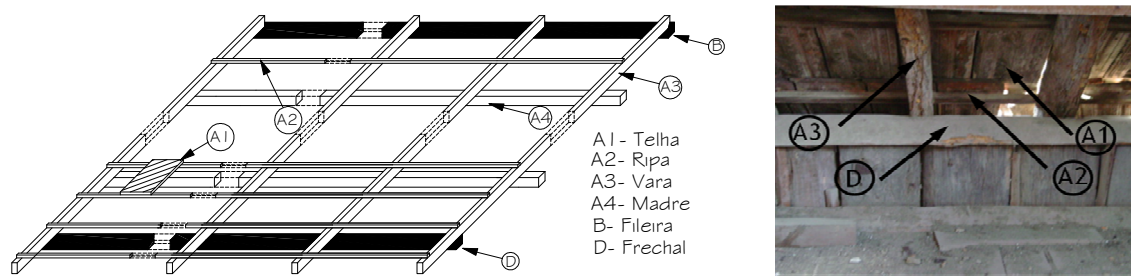


Figura 4.13 - Solução do sistema estrutural de madeira da cobertura

Complementarmente, na Figura 4.14 apresenta-se o pormenor construtivo IV da Figura 4.10-b), correspondente à ligação da estrutura da cobertura ao pavimento do sótão e às paredes exteriores de tabique situadas no primeiro andar. Cada uma das duas vigas principais apoia-se diretamente num elemento estrutural vertical, integrante da parede exterior de tabique.

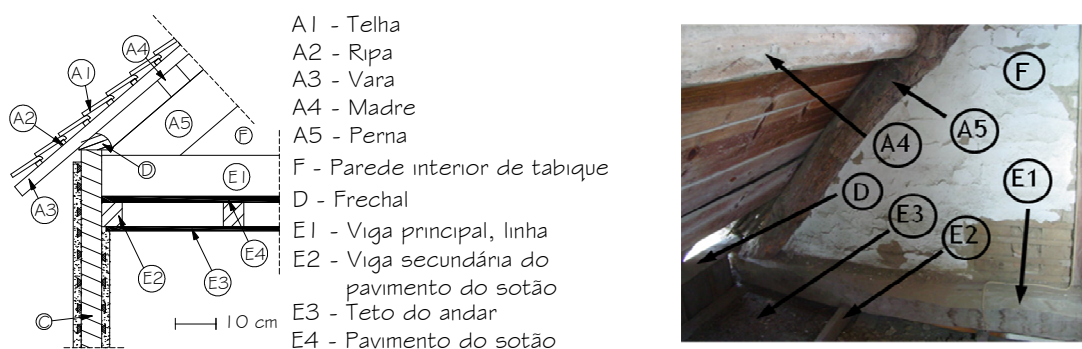


Figura 4.14 - Pormenor construtivo da ligação da estrutura da cobertura à parede exterior e ao pavimento, detalhe IV

Na Figura 4.15 apresenta-se um esquema da solução do sistema estrutural das paredes interiores de tabique existentes ao nível do sótão assim como a sua ligação com a asna de madeira. Convém esclarecer, que o arco de três rótulas referido anteriormente constitui, de acordo com Lopes [2007] e Teixeira [2004], uma asna simples sem pendural, composta por duas pernas, uma linha e um nível. A linha é uma das vigas principais do pavimento do sótão, e está no alinhamento do arco de três rótulas mencionado. Neste caso, uma parte da parede de tabique embutida na asna funciona como parede exterior da mansarda (Figura 4.15).

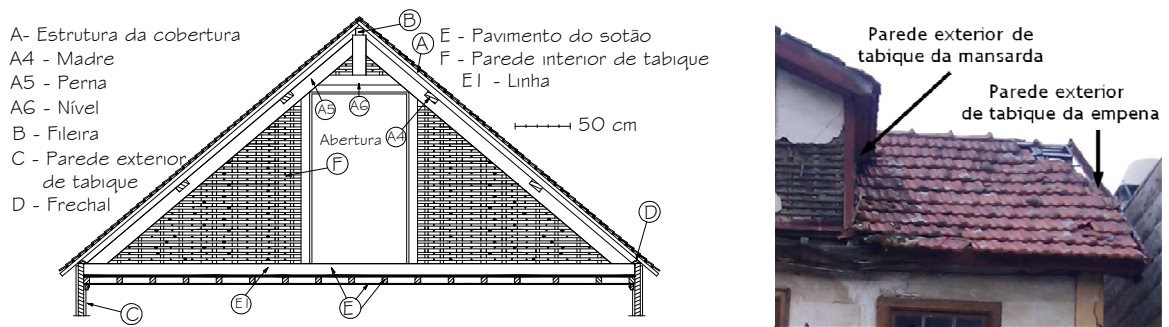


Figura 4.15 - Solução do sistema estrutural da parede interior ao nível da cobertura

Respeitante à ligação da parede exterior de tabique da empena (ao nível do sótão), ao pavimento do sótão e à parede exterior de tabique da empena (ao nível do andar), na Figura 4.16 apresenta-se um pormenor construtivo detalhado da solução construtiva adotada neste edifício. É possível observar nessa figura que as madres de cobertura (A4) se apoiam diretamente sobre a parede de empena (C).

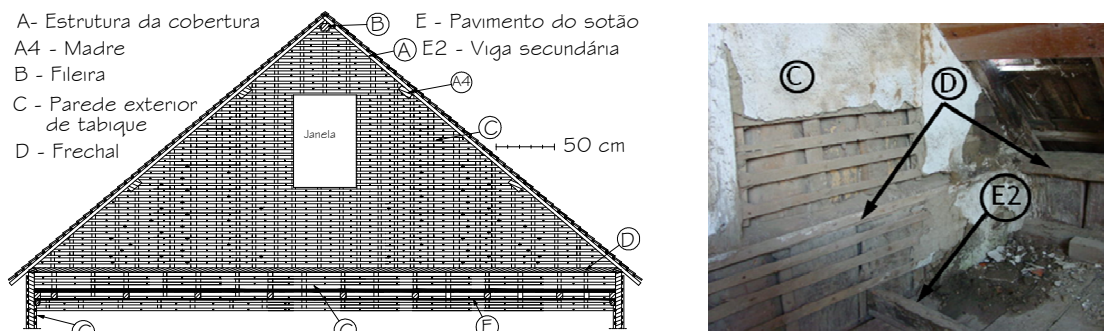


Figura 4.16 - Solução do sistema estrutural da parede de tabique da empena ao nível da cobertura

Também é visível, na fotografia da Figura 4.16, que o frechal (D) é colocado no topo superior da parede exterior de tabique e funciona de apoio à parede sobrejacente de tabique da empena. Esta solução construtiva parece ser a habitual na conceção da transição entre paredes exteriores de tabique localizadas em pisos diferentes. Contudo, esta afirmação técnica requer de um maior número de casos de estudo para ser devidamente comprovada.

4.4.3.2 Paredes de tabique

As paredes exteriores e interiores de tabique (C e F nas Figuras 4.17-a) e 4.17-b)) deste edifício apresentam uma solução estrutural da tipologia B1, Secção 4.3.1.1, para as paredes exteriores e da tipologia A, Secção 4.3.1.2, para as paredes interiores, e que consiste em dispor-se elementos verticais de madeira (tábuas) ligados entre si por elementos horizontais também de madeira (ripas), tal como se apresenta nas Figuras 4.17-a), 4.17-b) e 4.17-c). A “janela” de inspeção indicada na Figura 4.17-b) permite observar que estes elementos de madeira apresentam um estado de conservação muito bom o qual contrasta com o estado de

conservação geral do edifício em estudo, que apresenta um avançado estado de degradação, quase em colapso eminente. Pensa-se que o material terroso de enchimento e de revestimento destes elementos construtivos seja o principal responsável pela conservação dos elementos de madeira. Não se observa a existência de qualquer patologia do tipo podridão, ataque de insetos ou de fungos [Murta *et al.*, 2011]. Verificou-se também que as peças de madeira mantinham um brilho análogo ao de uma peça de madeira nova e que até a data desta inspeção não tinha sido sujeita a nenhum processo de deterioração. Para além deste importante aspeto técnico, no interior das paredes de tabique analisadas também foram detetadas aparas de madeira (Figura 4.17-d)), que provavelmente resultaram do processo construtivo da estrutura principal de madeira. Neste caso, este desperdício construtivo foi utilizado para preencher os vazios existentes no reticulado dos elementos de madeira, tal como é possível observar no detalhe I da Figura 4.17-b).

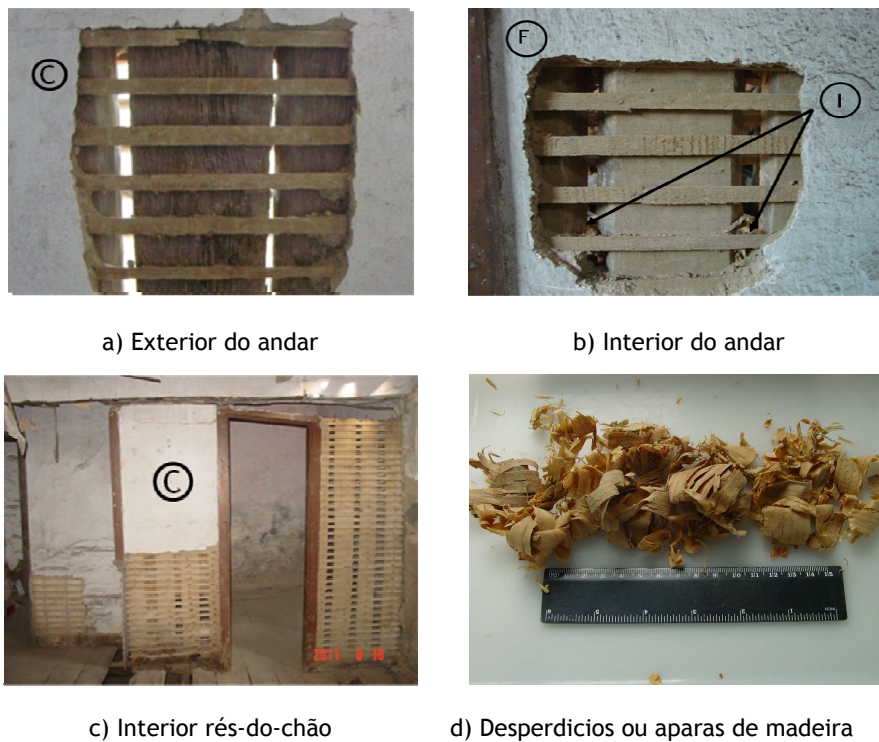


Figura 4.17 - Paredes de tabique

À semelhança de esquemas de montagem da estrutura de madeira característicos de elementos construtivos de tabique já apresentados anteriormente, nas Figuras 4.18 e 4.19 apresentam-se de forma complementar peças desenhadas referentes à estrutura interna de madeira das paredes de tabique interiores e exteriores analisadas neste edifício, indicando para o efeito as dimensões mais relevantes registadas nos seus elementos constituintes.

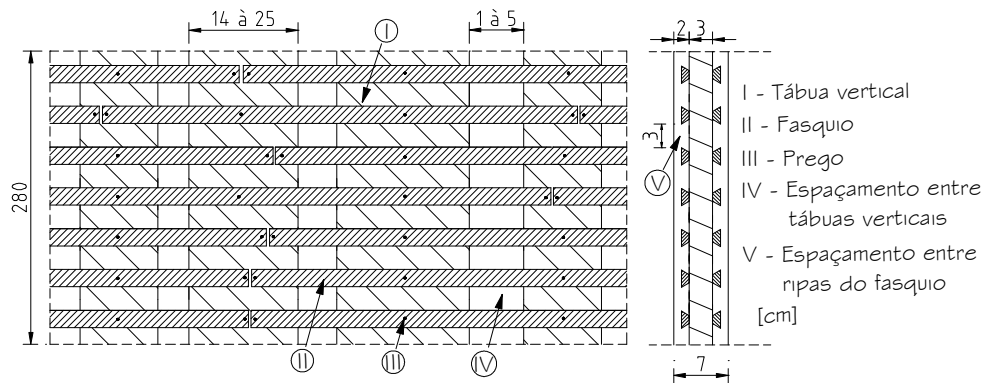


Figura 4.18 - Detalhe construtivo da parede interior do edifício de referência

Observou-se, que as paredes interiores eram constituídas por uma grande quantidade de tábuas costaneiras colocadas na vertical. Os detalhes construtivos das Figuras 4.18 e 4.19 permitem verificar que as paredes exteriores têm uma espessura total compreendida entre 9 cm e 10 cm e uma espessura das tábuas entre 5 cm e 6 cm. As paredes interiores têm uma espessura total ligeiramente inferior a 7 cm e tábuas verticais com 3 cm de espessura.

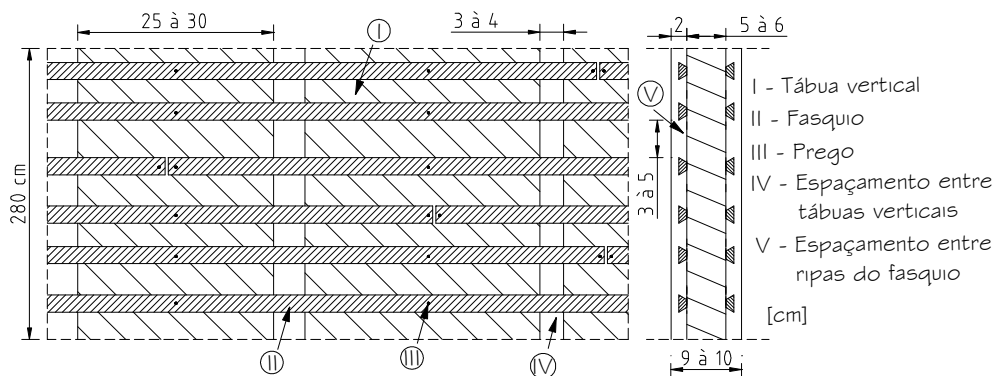
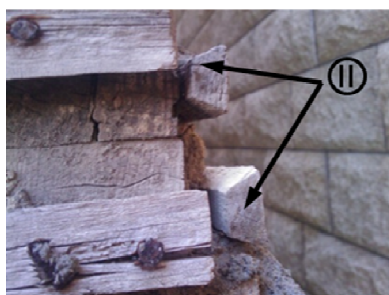
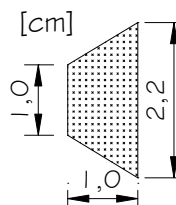


Figura 4.19 - Detalhe construtivo da parede exterior do edifício de referência

À semelhança do referido anteriormente, pensa-se que esta diferença entre as dimensões da espessura das tábuas das paredes exteriores e interiores possa estar relacionada com o facto das paredes exteriores apresentarem a função de elementos estruturais verticais. Neste caso, tanto as paredes interiores como as paredes exteriores de tabique, apresentavam ripas de secção transversal trapezoidal (detalhe II da Figura 4.20-a), com as dimensões médias disponibilizadas na Figura 4.20-b).



a) Secção transversal trapezoidal



b) Dimensões

Figura 4.20 - Tipo de secção transversal e dimensões das ripas de uma parede exterior de tabique

Também se verificou que as emendas das ripas se encontravam desalinhadas verticalmente entre si (Figura 4.21). Este aspeto técnico sugere que a estrutura de madeira de um elemento de tabique pode estar concordante com algumas técnicas prescritas na norma EN 1995-1-1 [2004]. No respeitante à capacidade de carga de sistemas, em que os elementos horizontais podem funcionar como um sistema de distribuição de forças quando são uniformes, quando estão igualmente espaçados entre si, quando se ligam continuamente a mais do que um elemento principal e quando as emendas não ocorrem no mesmo alinhamento mas sim de forma alternada, poderá ser uma dessas condições técnicas.

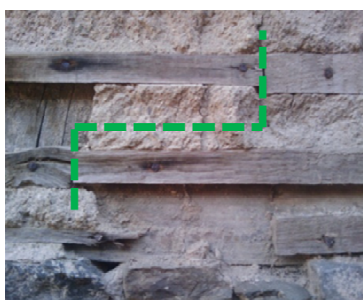


Figura 4.21 - Desalinhamento das emendas das ripas de uma parede exterior de tabique

As Figuras 4.20-a) e 4.21 também permitem visualizar que a ligação entre os elementos verticais e os elementos horizontais é materializada por pregos metálicos e que é concordante com a solução construtiva mais corrente já divulgada por Pinto *et al.* [2010-a].

A inspeção do edifício de referência também permitiu obter informação em relação aos detalhes construtivos da ligação entre uma parede de tabique exterior (C) e outra interior (F), e esquematizada na Figura 4.22. Assim como, da ligação entre uma parede de tabique exterior (C) com outra também exterior (C), esquematizada na Figuras 4.23. Para ser possível obter informação em relação a estes detalhes foi necessário remover localmente o material de revestimento e de enchimento das paredes.

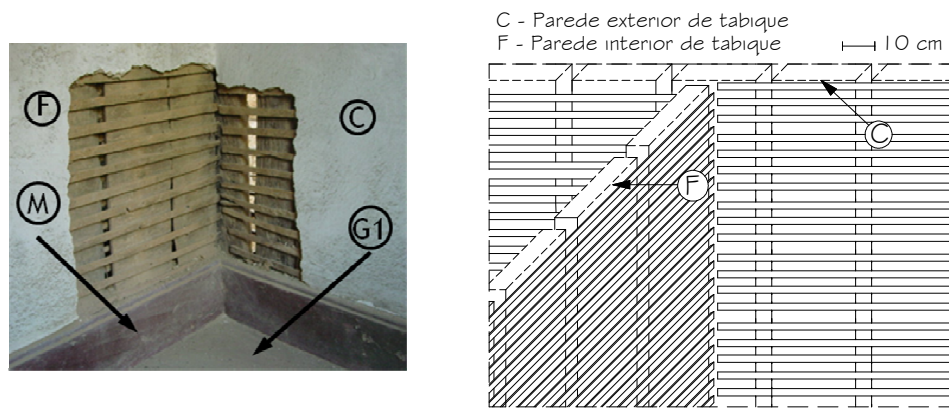


Figura 4.22 - Ligação de canto de uma parede exterior com uma parede interior

Observa-se, nas Figuras 4.22 e 4.23, que os últimos elementos verticais de cada parede se ligam diretamente entre si e que os respectivos elementos horizontais estão intercalados entre si.

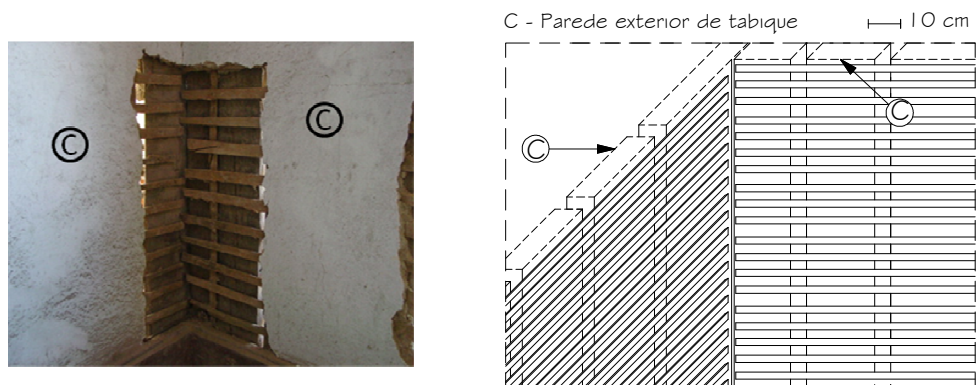


Figura 4.23 - Ligação de canto entre duas paredes exteriores

No sentido de se disponibilizar pormenores construtivos adicionais, alusivos à construção de tabique, na Figura 4.24 apresenta-se o esquema de ligação das tábuas verticais ao frechal bem como a conexão entre duas tábuas verticais no canto da habitação. O frechal inferior destina-se a distribuir uniformemente as ações atuantes nas paredes de tabique à parede de alvenaria de pedra subjacente. Neste caso, o frechal apresentava em termos de secção transversal as dimensões de 6 cm de espessura e 8 cm de largura.

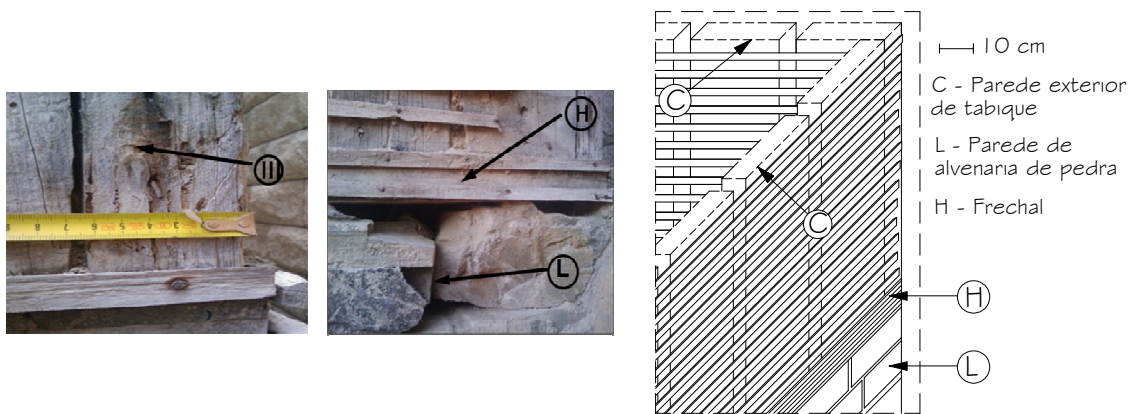


Figura 4.24 - Ligação de tábuas ao frechal e conexão de canto de paredes exteriores

Na Figura 4.25-a) mostra-se o processo de ligação de um elemento vertical de madeira da parede exterior de tabique ao frechal (H). Este processo de ligação recorre a conectores mecânicos do tipo pregos metálicos, que são dispostos de acordo com o esquema apresentado na Figura 4.25-b). Esta ligação está de acordo com as recomendações prescritas no Eurocódigo 5 relativamente a este tipo de ligação e no que diz respeito à penetração do conector nos elementos de madeira a ligar.

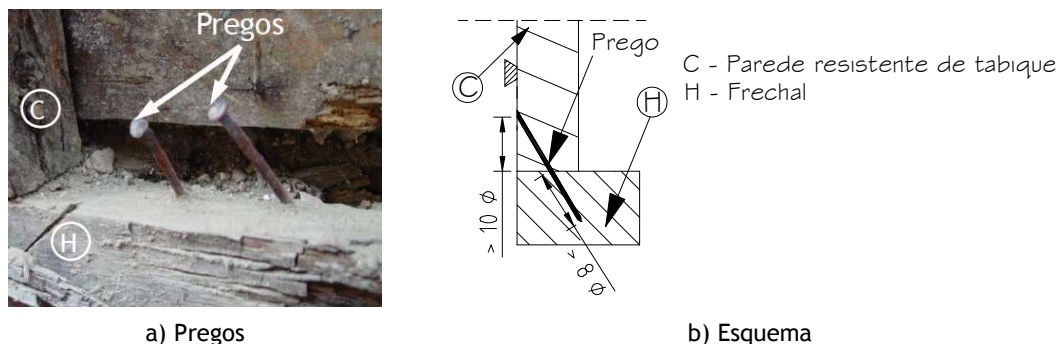


Figura 4.25 - Conexão entre tábua vertical e frechal

Outro aspeto técnico digno de registo refere-se à conexão entre os dois frechais ortogonais ocorrida nos cantos do edifício. Tal como se mostra na Figura 4.26, existem pregos a fixar o próprio frechal à parede de alvenaria.

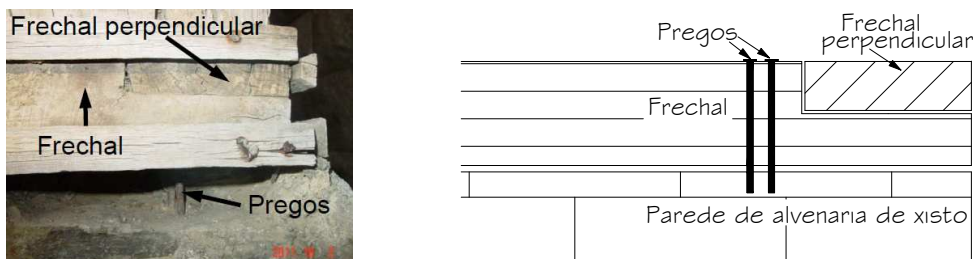


Figura 4.26 - Ligação entre frechais ortogonais e conexão destes à parede de alvenaria

Na Figura 4.27 apresenta-se um esquema do detalhe construtivo V, relativo à ligação entre uma parede interior de tabique e o teto do andar, ao nível do pavimento do sótão.

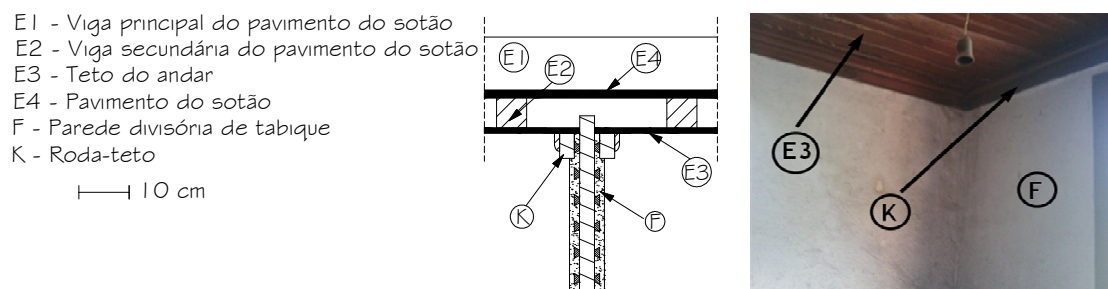


Figura 4.27 - Ligação entre uma parede interior de tabique e o teto do andar, detalhe V

Constata-se que os roda-tetos, conjuntamente com a madeira do forro do teto que está fixa à estrutura de madeira do pavimento do sótão, são responsáveis pelo travamento transversal do topo superior da parede interior de tabique. Em contrapartida, é fornecido na Figura 4.28 um desenho esquemático do pormenor construtivo da ligação de uma parede interior de tabique ao soalho do pavimento do andar. Face ao estado de degradação do edifício, foi possível observar que a parede de tabique está aparentemente simplesmente apoiada no pavimento do andar. Verifica-se que esta parede não estava alinhada com a viga principal mas sim afastada desta de alguns centímetros. Aqui, o rodapé e as tábuas do soalho do pavimento funcionavam como elementos de contraventamento transversal da parede de tabique interior.

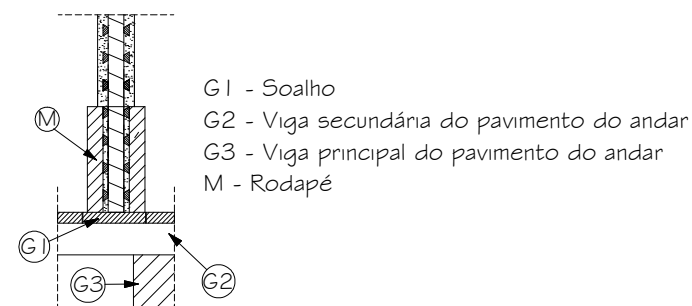
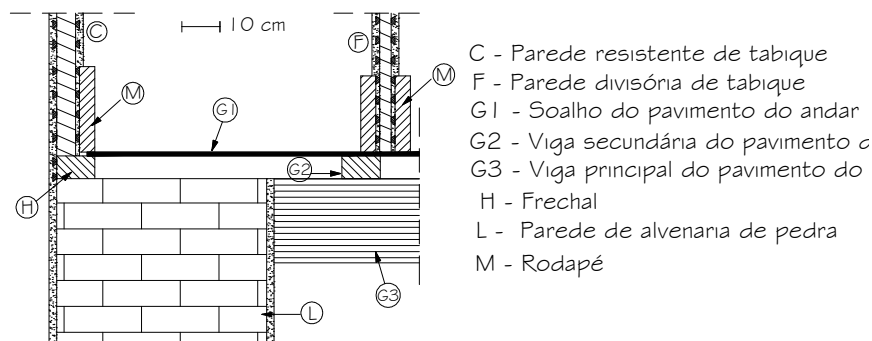


Figura 4.28 - Ligação entre a parede interior de tabique e o pavimento do andar, detalhe VII

4.4.3.3 Pavimentos

Como já foi mencionado, os pavimentos deste edifício de tabique estudado são de madeira e são constituídos por um reticulado ortogonal de vigas (vigas principais e vigas secundárias) semelhantes aos pavimentos de madeira referidos por Costa [2009] e Teixeira [2004]. Em particular, o pavimento do andar apresenta um sistema estrutural em que as vigas de madeira principais são diretamente suportadas pelas paredes de alvenaria de pedra, as vigas secundárias de madeira são suportadas pelas anteriores, o soalho de madeira é assente sobre

as vigas secundárias e o frechal apoia diretamente nas paredes de alvenaria, suportando por sua vez as paredes exteriores de tabique sobrejacentes (Figura 4.29-a)).



a) Detalhe VI



b) Viga principal (G3)



c) Apoio de viga G3

Figura 4.29 - Pavimento do andar

A viga principal de madeira, G3 na Figura 4.29-b), é simplesmente apoiada no topo das paredes exteriores de alvenaria de pedra. O respetivo comprimento de apoio corresponde à espessura da parede exterior e tal como mostram as Figuras 4.29-b) e 4.29-c). Neste caso particular, o comprimento de apoio corresponde a um comprimento médio de 55 cm. As escadas de ligação entre o andar e o sótão são também de madeira e apoiam-se lateralmente numa parede interior de tabique.

A peça desenhada apresentada na Figura 4.29-a) dá indicações de como se pode realizar a ligação entre paredes exteriores de tabique e o pavimento do andar (detalhe VI da Figura 4.10-b)). O sobrado do pavimento, o frechal e os elementos verticais da parede são claramente identificados bem como a disposição entre eles. Um aspeto técnico que também é visível na Figura 4.29-c), é relativo ao revestimento exterior das paredes de alvenaria e de tabique, que está completamente deteriorado e quase que desapareceu. Esta é a razão pela qual a viga principal de madeira do pavimento do andar está completamente exposta e visível pelo exterior. Em condições normais, esta viga deveria estar tapada com argamassa à base de terra, do revestimento exterior.

No que diz respeito à ligação entre o pavimento do sótão e as paredes exteriores de tabique, a Figura 4.14 contém a informação necessária e que foi possível obter aquando dos trabalhos de levantamento.

Face ao facto do edifício apresentar um avançado estado de degradação (com risco iminente de colapso), de ter havido dificuldades de acesso e de se tratar de uma propriedade privada, não foi possível obter mais pormenores construtivos, embora se considere suficiente o levantamento efetuado.

4.4.4 Estado de conservação

O estado de conservação geral do edifício é claramente deficiente e caracterizado por uma avançada deterioração generalizada e irreversível, tal como está evidenciado na Figura 4.10-a). A cobertura estava praticamente destruída e a viga de cumeeira já tinha colapsado. Por sua vez, uma das vigas do pavimento do andar também já tinham colapsado assim como uma das paredes exteriores (Figura 4.10-a)). A parede exterior de tabique do alçado principal apresentava uma rotação excessiva que poderá ter sido causada pelo acréscimo de ações que solicitavam uma das vigas principais do sótão (Figura 4.12), em virtude do colapso parcial da cobertura. As paredes do andar apresentam, nos seus cantos, um conjunto de fissuras de espessura variável e de orientação bem definida, sintomáticas do efeito de separação entre paredes ortogonais. Por outro lado, também se verificou a existência de uma fendilhação generalizada das paredes.

O revestimento das paredes interiores está em razoável estado de conservação e a estrutura de madeira destas paredes está em muito bom estado, tal como se pode observar nas Figuras 4.17-a), 4.17-b), 4.22 e 4.23. Este último aspeto, indicia que o material de enchimento e revestimento à base de terra poderá ter capacidade efetiva de proteção adequada dos elementos de madeira, tal como foi concluído anteriormente.

As paredes exteriores de alvenaria de pedra apresentam-se visivelmente em bom estado de conservação, apesar do material de revestimento exterior estar bastante deteriorado e, nalgumas zonas, este ter desaparecido totalmente.

Este avançado estado de degradação, que pode ser considerado irreversível, é concordante com informação reportada e relativa a outras construções de tabique localizadas na região de Trás-os-Montes e Alto Douro [Murta *et al.*, 2010 e Pinto *et al.*, 2010-b].

4.4.5 Sequência construtiva

Com base no estudo desenvolvido neste edifício, foi também possível obter e recolher informação que permitiu o desenvolvimento de uma proposta de sequência de construção, inerente a este tipo de edifícios. Nas Figuras 4.30 a 4.32 apresenta-se esta sequência.

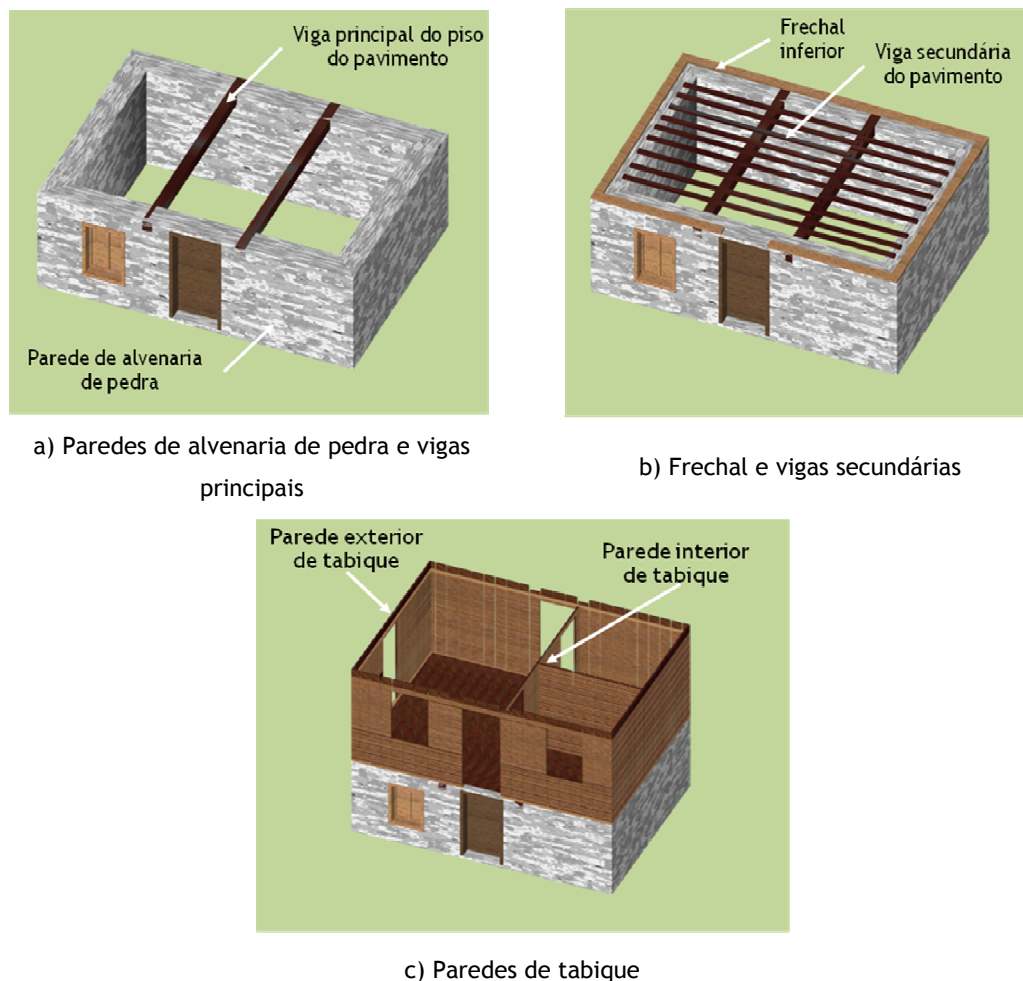


Figura 4.30 - Proposta da sequência construtiva. Parte I

Inicialmente, são construídas as fundações (que caso existam pensa-se que devam de ser de pedra) e as paredes de alvenaria de pedra exteriores. De seguida as vigas principais de madeira do pavimento serão embutidas no topo destas paredes (Figura 4.30-a)). Depois, o frechal é colocado no topo das paredes de alvenaria ao mesmo tempo que se dispõem as vigas secundárias do pavimento do andar, que são apoiadas nas vigas principais de madeira e também nas paredes de alvenaria (Figura 4.30-b)). As vigas secundárias servem de travamento transversal as vigas principais de madeira. Estas vigas têm um papel estrutural importante na medida em que servem de apoio a outros componentes construtivos tais como as paredes interiores, a escada e as tábuas do soalho. Após estas etapas, as paredes exteriores de tabique são apoiadas no frechal, ao nível do primeiro piso e as paredes interiores são construídas (Figura 4.30-c)).

Em seguida, o pavimento do piso do sótão, (Figura 4.31-a)), é executado. As duas vigas principais deste pavimento apoiam diretamente em tábuas de madeira da estrutura de madeira das paredes exteriores.

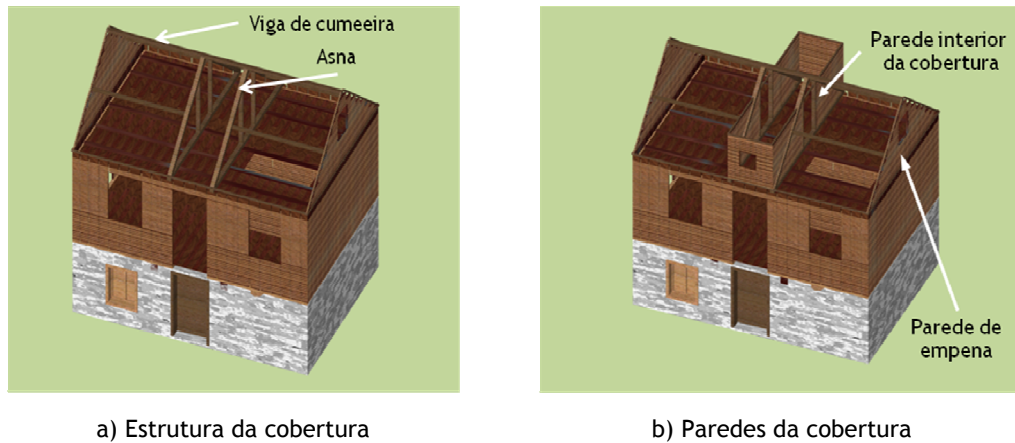


Figura 4.31 - Proposta da sequência construtiva. Parte II

Depois, a estrutura de madeira da cobertura é executada (Figura 4.31-a)), a qual inclui a aplicação das madres de cobertura, das varas e das ripas. Subsequentemente, as paredes interiores e exteriores de tabique, ao nível das águas furtadas, também são executadas (Figura 4.31-b)). Pensa-se que as últimas tarefas deste processo de construção são a aplicação das telhas na cobertura (Figura 4.32-a)), a aplicação da camada de enchimento e de revestimento à base de uma argamassa terrosa bastarda nas paredes (em ambas as faces) e a aplicação das tábuas de soalho e de forro ao nível dos pavimentos de madeira (Figura 4.32-b)).

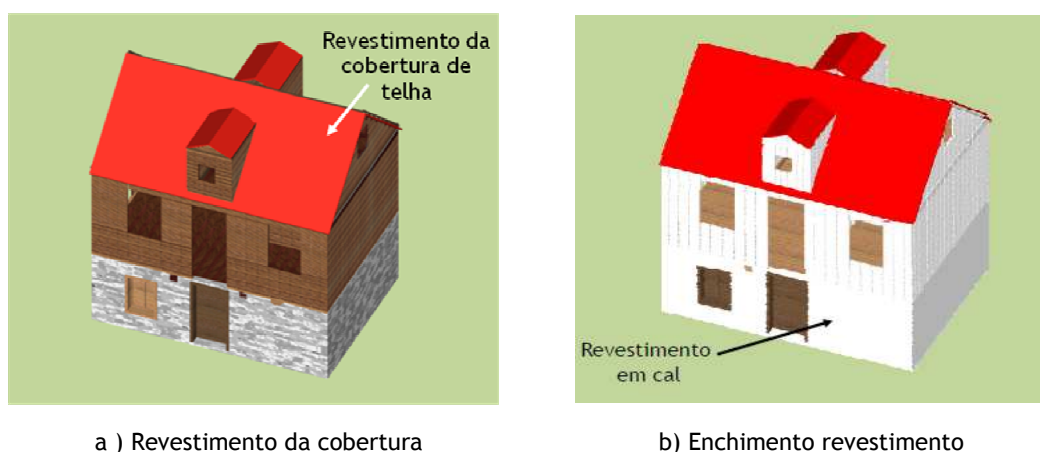


Figura 4.32 - Proposta da sequência construtiva. Parte III

4.5 Materiais das paredes de tabique

No Capítulo 2, Secção 2.4.3.3, efetuou-se uma breve descrição de um elemento construtivo de tabique característico da região de Trás-os-Montes e Alto Douro (Figura 2.29). Por sua vez, no Capítulo 3, caracterizaram-se as construções de tabique existentes no concelho de Lamego. A informação recolhida e apresentada nestes capítulos permitiu concluir que uma construção de tabique é, geralmente, constituída essencialmente por quatro tipos de materiais, que são a terra, a madeira, a pedra e uma liga metálica para os pregos. A terra é utilizada no enchimento/revestimento dos elementos construtivos de tabique (essencialmente do tipo parede). A madeira é utilizada nos pavimentos e tetos, na cobertura e na estrutura das paredes divisórias e exteriores. A pedra é utilizada nas paredes de alvenaria. Finalmente, uma liga metálica é utilizada nos pregos que possibilitam a ligação entre os diversos elementos de madeira. Na Tabela 4.5 estabelece-se uma relação entre os principais elementos estruturais das construções de tabique e os seus respetivos materiais. A informação apresentada nesta tabela é exclusivamente fundamentada no conhecimento adquirido aquando da realização do trabalho de campo desenvolvido neste trabalho de investigação.

Tabela 4.5 - Relação entre elementos construtivos e materiais.

Elemento construtivo	Pedra	Terra	Liga metálica, pregos	Madeira
Fundação	X	--	--	--
Paredes exteriores do rés-do-chão	X	--	--	--
Paredes divisórias do rés-do-chão	X	X	X	X
Pavimentos e tetos	--	--	X	X
Paredes exteriores dos andares	X	X	X	X
Paredes divisórias dos andares	--	X	X	X
Paredes divisórias do sótão	--	X	X	X
Estrutura da cobertura	--	--	X	X

No que diz respeito à pedra utilizada nas paredes de alvenaria das construções de tabique esta é essencialmente do tipo granito ou xisto, de acordo com a informação relativa à geologia do concelho de Lamego disponibilizada no Capítulo 3, Secção 3.4.4 e com as observações efetuadas.

Com vista a identificar e a caracterizar os materiais de construção aplicados em paredes de tabique (Figura 4.33), recolheram-se amostras de material de revestimento/enchimento, amostras de madeira e amostras de pregos, durante o trabalho de campo descrito no Capítulo 3. A recolha destas amostras foi essencialmente manual, tendo sido pontualmente auxiliada com o recurso a ferramentas simples tais como martelo, alicate, serrote, chave de fendas, entre outros.



Figura 4.33 - Paredes de tabique

Nas Secções 4.5.1, 4.5.2 e 4.5.3, apresentam-se os resultados da identificação e da caracterização laboratorial das amostras de materiais recolhidas.

4.5.1 Material de enchimento e de revestimento

A terra foi o material de base identificado no enchimento e no revestimento das paredes de tabique. O enchimento/revestimento é geralmente uma areia argilosa ou siltosa ou, ainda, pode ser do tipo argamassa bastarda de terra e cal, de acordo com a informação reportada em outros trabalhos de investigação desenvolvidos neste contexto noutras localidades da região de Trás-os-Montes e Alto Douro [Pinto *et al.*, 2011, Gonçalves *et al.*, 2010-a, Gonçalves *et al.*, 2010-b e Martinho *et al.*, 2010-a]. Tendo em conta a idade das construções de tabique depreende-se que essa cal seja do tipo cal aérea. No Capítulo 5 apresentam-se pormenorizadamente os resultados das características do material de enchimento/revestimento de construções de tabique existentes no concelho de Lamego e obtidos através de ensaios realizados no laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção da ESTGOH e no laboratório da Unidade de Microscopia de Varrimento da UTAD.

4.5.2 Estrutura

A estrutura de uma parede de tabique é constituída por uma grande quantidade de elementos de madeira. A madeira é utilizada nas ripas do fasquio e nas tábuas ou prumos das paredes. De forma a identificar a espécie de madeira utilizada realizaram-se, no laboratório de Produtos Florestais do Departamento Florestal da UTAD, observações macro e microscópicas dos cortes histológicos das amostras de madeira recolhidas [Louzada *et al.*, 2008 e Marques *et al.*, 2009].

4.5.2.1 Ripas do fasquio

A realização do trabalho de campo permitiu a recolha de treze amostras de ripas de madeira, numeradas de 1 a 13 na Figura 4.34, de paredes de tabique diferenciadas. É de salientar que a madeira de todas estas amostras apresentava um acabamento tosco, uma superfície rugosa e não apresentava qualquer tipo de acabamento final. Para além disso, eram visíveis nas

amostras os furos originados pela pregagem de pregos que estabelecem a conexão das tábuas às ripas (Figura 4.33).

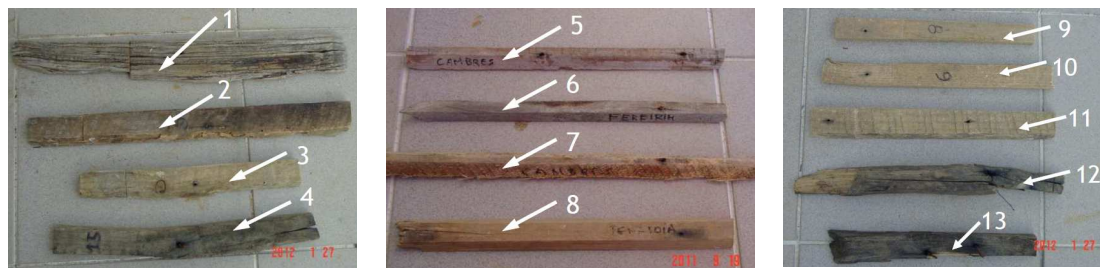
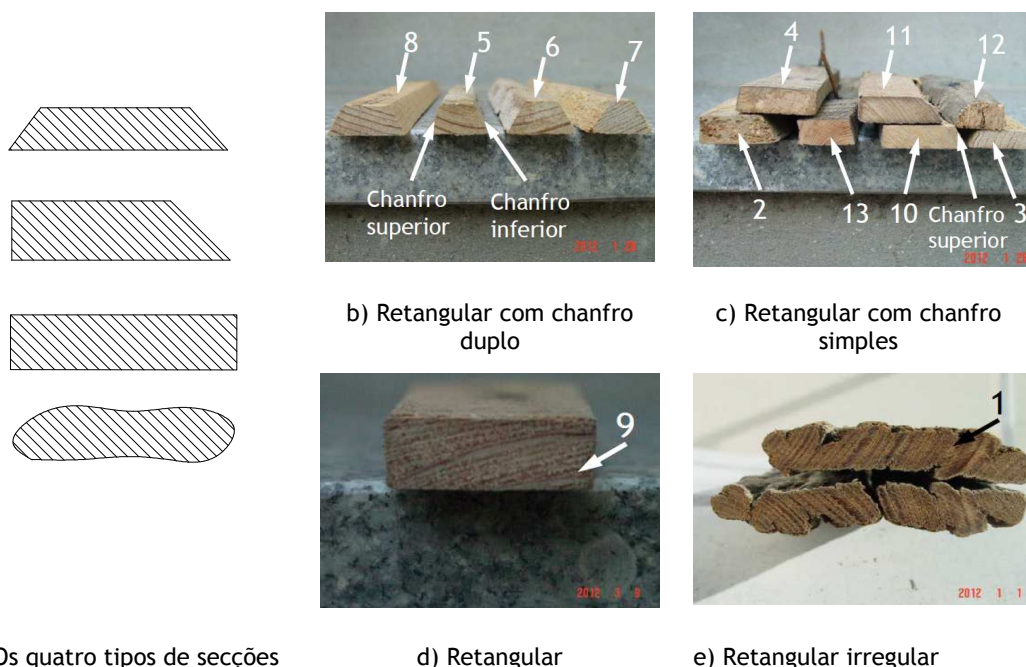


Figura 4.34 - Amostras de ripas de madeira

Foi possível observar que as amostras das ripas de madeira recolhidas apresentavam quatro tipos distintos de secção transversal: a secção transversal do tipo retangular com chanfro duplo, a secção transversal do tipo retangular com chanfro simples, a secção transversal do tipo retangular e a secção transversal do tipo retangular irregular, como se ilustra na Figura 4.35-a). Deste modo, na Figura 4.35-b) apresentam-se as secções transversais retangulares com chanfros nas faces superiores e inferiores. Na Figura 4.35-c) mostram-se as secções transversais retangulares com chanfro em apenas uma face. O chanfro existente é um corte, aproximadamente a 45° com a vertical, destinado a facilitar a retenção do material de enchimento. A Figura 4.35-d) ilustra a secção transversal retangular sem chanfros e na Figura 4.35-e) mostra-se uma secção transversal retangular irregular.



a) Os quatro tipos de secções

d) Retangular

e) Retangular irregular

Figura 4.35 - Secções transversais das ripas

4.5.2.2 Tábuas e prumos

Recolheram-se onze amostras de prumos e de tábuas de paredes de tabique e que se apresentam nas Figuras 4.36-a) e 4.36-b), respetivamente. A madeira destas amostras apresentava um aspeto tosco e estava desprovida de qualquer tipo de acabamento final. Nestas figuras é também possível observar os pregos que são utilizados na ligação das tábuas ou dos prumos ao frechal, às ripas de madeira e a outras tábuas ou prumos de madeira.

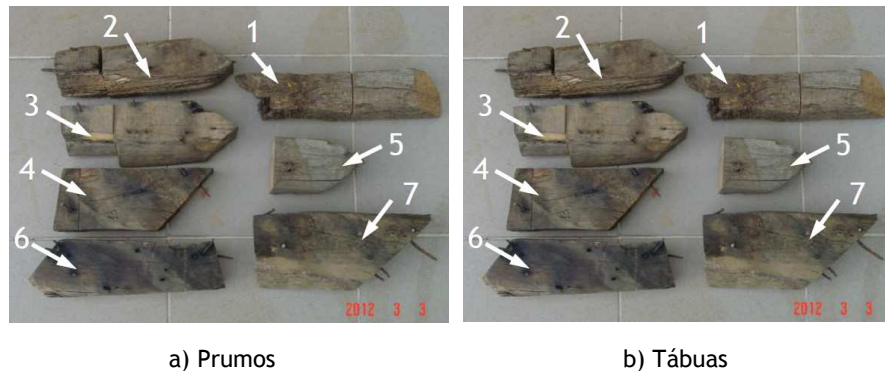
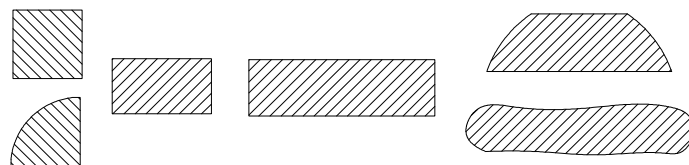


Figura 4.36 - Amostras de tábuas e de prumos de madeira

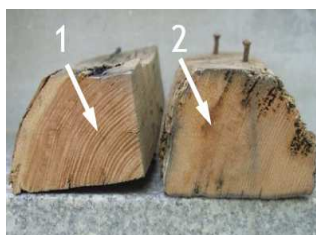
À semelhança do descrito na Secção 4.5.2.1 relativamente às ripas, as tábuas e os prumos de madeira também apresentavam secções transversais diferenciadas, tal como é ilustrado na Figura 4.37-a).



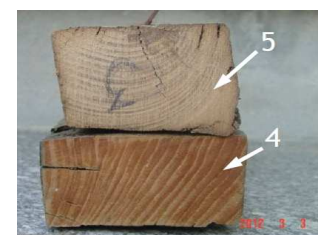
a) Esquema



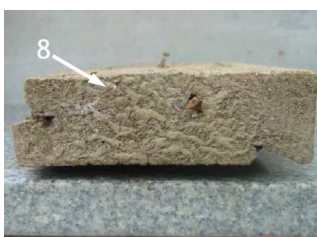
b) Prumo quadrangular



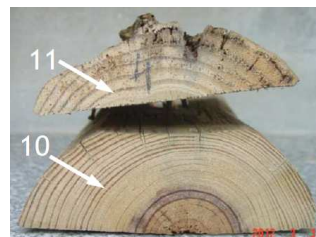
c) Prumo com bordo arredondado



d) Prumo retangular



e) Tábua retangular



f) Tábua costaneira



g) Tábua retangular irregular

Figura 4.37 - Secções transversais das tábuas e dos prumos de madeira

Através das amostras recolhidas foi possível constatar que a secção transversal dos prumos de madeira pode ser aproximadamente quadrangular (Figura 4.37-b)), ou com um bordo arredondado (Figura 4.37-c)) ou ainda aproximadamente retangular (Figura 4.37-d)). Por sua vez, a secção transversal das tábuas pode ser retangular (Figura 4.37-e)), ou retangular com os bordos arredondados, correspondendo a tábuas costaneiras (Figura 4.37-f)) ou ainda retangular irregular, tal como se mostra na Figura 4.37-g).

4.5.2.3 Preparação das amostras e observações macro e microscópicas

De forma a observarem-se os cortes histológicos das amostras das ripas, das tábuas e dos prumos de madeira recolhidos foi necessário preparar previamente essas amostras. Numa primeira fase, serraram-se e poliram-se as amostras de madeira com uma serra de fita (Figura 4.36-a)) e com uma lixadeira (Figura 4.38-b)) respetivamente. Depois, com o recurso a um micrótopo (Figura 4.38-c)), obtiveram-se os cortes histológicos do plano transversal, radial e tangencial de cada uma das amostras de madeira (Figura 4.38-d)). Finalmente, os cortes histológicos foram observados com uma lupa esteroscópica (Figura 4.38-e)), e com um microscópio ótico (Figura 4.38-f)).



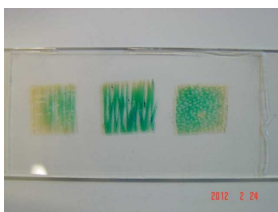
a) Serra de fita



b) Lixadeira



c) Micrótopo



d) Cortes histológicos



e) Lupa esteroscópica



f) Microscópio ótico

Figura 4.38 - Equipamento utilizado na identificação das espécies de madeira

4.5.2.4 Resultados da identificação da espécie de madeira das amostras

A observação macro e microscópica dos cortes histológicos das amostras recolhidas das ripas, das tábuas e dos prumos permitiram identificar a espécie de madeira. Na Tabela 4.6, apresentam-se os resultados respeitantes à identificação da espécie de madeira de cada uma das amostras das ripas analisadas, onde se constata que estas são de madeira de pinho (*pinus pinaster*) e de madeira de castanho (*castanea sativa Mill*).

Tabela 4.6 - Identificação das espécies de madeira das amostras das ripas

Amostra	Designação corrente	Designação científica
3, 5, 6, 7, 8, 9 10 e 11	Pinho	<i>Pinus pinaster</i>
1, 2, 4, 12 e 13	Castanho	<i>Castanea sativa Mill</i>

Quando se cruza a informação disponibilizada na Figura 4.36 e na Tabela 4.6 verifica-se que a madeira de pinho foi utilizada no fabrico das ripas que têm secção transversal retangular com ou sem chanfros nas faces superiores e inferiores. A uniformidade da secção transversal ao longo do eixo longitudinal da ripa indicia que os elementos de madeira de pinho são possivelmente obtidos através de um processo mecânico de corte. Por outro lado, constata-se também que a secção transversal retangular irregular corresponde à madeira de castanho e que a forma da secção transversal indicia que esta foi obtida através de um processo manual de corte.

Relativamente à identificação da espécie de madeira das amostras das tábuas e dos prumos, os resultados são apresentados na Tabela 4.7. Estes resultados permitem concluir que as tábuas e os prumos de madeira, tal como o sucedido nas ripas do fasquio, são de madeira de pinho (*pinus pinaster*) ou de madeira de castanho (*castanea sativa Mill.*).

Tabela 4.7 - Identificação da espécie de madeira das amostras de tábuas e prumos

Amostra	Elemento	Designação corrente	Designação científica
8 e 10	Tábua	Pinho	<i>Pinus pinaster</i>
1, 4, 6 e 7	Prumos		
9 e 11	Tábuas	Castanho	<i>Castanea sativa Mill</i>
2, 3 e 5	Prumos		

O castanho é uma madeira dura, muito durável e resulta do castanheiro que é uma espécie florestal abundante na região de Trás-os-Montes e Alto Douro. Por sua vez, o pinho é uma madeira moderadamente dura, com baixa durabilidade e resulta do pinheiro bravo que é a espécie de árvore mais abundante em Portugal. Estas duas espécies de árvores são autóctones.

Os resultados obtidos nestes ensaios são semelhantes àqueles que foram reportados em trabalhos de investigação anteriores desenvolvidos neste âmbito, [Gonçalves *et al.*, 2010-a e Martinho *et al.*, 2010-b] e que também incidiram na região de Trás-os-Montes e Alto Douro. No entanto, esses trabalhos de investigação indicam, que para além destas duas espécies, a utilização de outras espécies de madeiras tais como a tília (*tília cordata*) e o choupo (*populus*

sp), também foi utilizada na construção de tabique desta região [Pinto *et al.*, 2009, Pinto *et al.*, 2010-a, Pinto *et al.*, 2010-b e Pinto *et al.*, 2011].

4.5.3 Pregos

Os pregos são utilizados na construção de tabique com o objetivo de funcionarem como conectores mecânicos de ligação dos elementos de madeira (tábuas, prumos, ripas e frechais) ou entre a ardósia e as ripas. De forma mais detalhada, na ligação entre tábuas e ripas (Figura 4.39-a)), prumos e ripas, frechais e tábuas ou prumos (Figura 4.39-b)) e ainda entre as ripas e o revestimento exterior das paredes quando este é constituído por chapas metálicas ou ardósia (Figura 4.39-c)).



Figura 4.39 - Conexão entre elementos

Para se proceder à caracterização da liga metálica constituinte dos pregos efetuaram-se análises metalográficas [Castro, 1991 e Whan, 1986], no laboratório de Ensaios Mecânicos da UTAD e no Centro Ótico da UBI, e ensaios mecânicos no laboratório de Mecânica dos Materiais da UBI. As análises metalográficas consistiram em analisar e caracterizar a microestrutura da superfície do material das amostras de cada prego através de microscopia ótica e de microscopia eletrónica de varrimento, SEM (Scanning Electron Microscope) e em determinar a composição química da liga metálica através de espectroscopia de energia dispersiva, EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). Os ensaios mecânicos consistiram em determinar o número de dureza de *Vickers* (HV) do material que constitui cada uma das amostras dos pregos através do ensaio de microdureza *Vickers* [Chandler, 2004].

4.5.3.1 Amostras

As amostras de pregos recolhidas nas construções de tabique estudadas no concelho de Lamego são apresentadas na Figura 4.40. Dada a grande variedade de tipologias de pregos encontradas, os pregos foram agrupados em função do diâmetro, do comprimento e do tipo de secção transversal, resultando deste modo em vinte grupos distintos e que foram designados por PR1 a PR20 (Figura 4.40).

Paralelamente, também se constatou existir uma relação entre o comprimento dos pregos e o tipo de ligação envolvida, daí que estes grupos de pregos tivessem sido incluídos em dois conjuntos, o conjunto 1 apresentado na Figura 4.40-a) e o conjunto 2 apresentado na Figura 4.40-b).

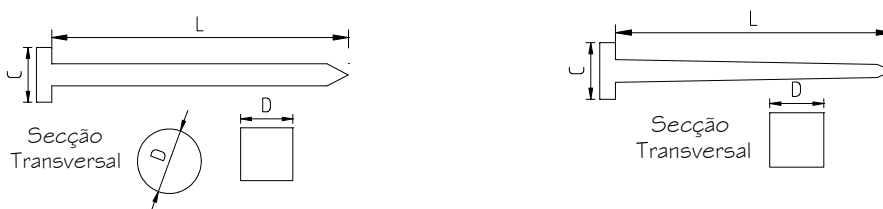


a) Grupos de pregos de PR1 a PR9, conjunto 1 b) Grupos de pregos de PR10 a PR20, conjunto 2

Figura 4.40 - Pregos recolhidos durante o trabalho de campo

O conjunto 1 é constituído pelos pregos dos grupos PR1 a PR9 correspondentes aos pregos utilizados na conexão de prumos (quando um deles é vertical e o outro é inclinado), e na conexão entre os prumos ou as tábuas aos frechais (superior e inferior), e cujo comprimento pode variar entre 6,5 cm e 10,5 cm. O conjunto 2 é constituído pelos pregos dos grupos PR10 a PR20 utilizados na conexão das ripas às tábuas (ou prumos) ou das ripas à ardósia ou às chapas metálicas (Figura 4.40-b)), apresentando geralmente um comprimento compreendido entre 3,0 cm e 5,0 cm.

Com vista a caracterizar-se a geometria dos pregos recolhidos registaram-se as dimensões principais de cada um dos grupos de pregos. Para o efeito, na Figura 4.41 esquematizam-se duas tipologias de pregos recolhidos. Na Figura 4.41-a) esquematiza-se um prego de secção transversal constante e na Figura 4.41-b) um prego de secção transversal variável. Nas figuras também se indicam as dimensões reportadas para a caracterização geométrica tais como, o seu comprimento (L), a dimensão (C) correspondente ao diâmetro da cabeça do prego, o seu diâmetro (D) (para a secção transversal circular) ou a dimensão da aresta (D) quando a secção transversal do prego é quadrada, (D).



a) Pregos de secção constante

b) Pregos de secção variável

Figura 4.41 - Esquema dos pregos

Na Tabela 4.8 apresentam-se resumidamente as características geométricas de cada um dos grupos de pregos analisados.

Tabela 4.8 - Caracterização dos grupos das amostras de pregos

Id.	L (cm)	D (mm)	C (mm)	Secção transversal	Id.	L (cm)	D (mm)	C (mm)	Secção transversal
PR1	10,5	4,0	9,0	Quadrada, constante	PR11	4,8	2,0	6,0	Quadrada, constante
PR2	10,5	3,5	9,0		PR12	4,5	2,0	6,0	
PR3	9,5	3,0	7,0		PR13	4,0	2,0	5,0	
PR4	9,0	3,0	5,0		PR14	3,7	1,5	4,0	
PR5	7,5	3,0	7,0	Circular, constante	PR15	3,3	1,5	6,0	Circular, constante
PR6	6,8	3,0	7,0	Quadrada, constante	PR16	3,3	1,5	6,0	
PR7	6,5	2,0	6,0	Quadrada, variável	PR17	3,0	1,5	4,0	Quadrada, constante
PR8	10,5	4,0	10,0		PR18	5,0	3,0	6,0	Quadrada, variável
PR9	8,5	4,0	9,0	PR19	4,5	2,5	8,0		
PR10	5,0	2,0	5,0	Quadrada, constante	PR20	4,2	2,5	7,0	

Os resultados apresentados na Tabela 4.8 indicam que a maioria dos pregos estudados têm uma secção transversal quadrada e apenas uma pequena fração desses pregos têm uma secção transversal quadrada variável ou uma secção transversal circular constante.

4.5.3.2 Preparação das amostras

De forma a proceder à realização das análises metalográficas e dos ensaios mecânicos, cada uma das amostras de pregos teve de ser previamente preparada, e de acordo com a norma NP 1467 [1977] e o trabalho desenvolvido por Bjerregaard *et al.* [1992]. Cada uma das amostras é constituída por um prego de cada grupo descrito na secção anterior e a designação atribuída a cada amostra corresponde à do respetivo grupo.

Numa primeira fase os pregos foram cortados transversalmente com o auxílio de uma máquina de corte, ilustrada na Figura 4.42-a), com vista à obtenção de amostras com um comprimento adequado (aproximadamente 1 cm) (Figura 4.42-b)). O arrefecimento do disco garantiu o corte a frio. Depois, numa prensa de montagem a quente (a uma temperatura compreendida entre 140 °C e 180 °C) (Figura 4.42-c), cada uma das amostras foi embutida em resina epóxi endurecida e termo estável de forma a obterem-se prismas cilíndricos (Figura 4.42-d)). Estes prismas facilitaram o posterior manuseamento e tratamento das amostras. Na terceira fase e de forma a eliminar o material danificado ou contaminado, lixou-se a superfície das amostras utilizando uma máquina de pratos rotativos (Figura 4.42-e)), com cinco lixas de água de

carboneto de silício com granulometria decrescente (180, 320, 500, 1000 e 1200 mesh) (Figura 4.42-f)). Após cada mudança de lixa, teve-se o cuidado de rodar as amostras de 90°, para se eliminar os riscos provocados pela lixa anterior.



Figura 4.42 - Equipamento utilizado no corte, montagem e lixagem das amostras de pregos

Depois, com uma máquina de pratos rotativos (Figura 4.43-a)), cada uma das amostras foi polida até que a superfície das amostras se apresentasse plana, espelhada e lisa. Para o efeito, utilizaram-se dois panos de polimento impregnados com spray de diamante de 1 μm e 9 μm , respetivamente (Figura 4.43-b)), para facilitar o processo de polimento. Durante o polimento teve-se o cuidado de lubrificar os panos com um lubrificante à base de álcool, evitando assim o sobreaquecimento das amostras. Finalmente, após as amostras estarem polidas e a fim de limpar cada amostra, estas foram imersas num tanque de limpeza por ultra-sons (Figura 4.43-c)), seguindo-se a sua secagem.



Figura 4.43 - Equipamento utilizado no polimento e na limpeza das amostras de pregos

4.5.3.3 Os ensaios de análise microestrutural e da microdureza

As amostras, com a secção plana e polida, foram atacadas quimicamente durante 20 segundos utilizando uma solução de *nital* a 1 %. Seguidamente, estas foram lavadas com água, de forma

a revelarem a microestrutura da superfície ao serem observadas ao microscópio ótico, e em particular, das diferentes fases e das orientações e dimensões dos grãos constituintes da microestrutura da superfície. Depois, as amostras foram colocadas num apalpador e a superfície das amostras foi observada num microscópio ótico metalográfico de reflexão com ampliações de 50 a 1000 vezes (Figura 4.44-a)). Paralelamente, através da câmara que equipa o microscópio tiraram-se fotografias da superfície das amostras que foram visualizadas num monitor, (Figura 4.44-b)).



a) Microscópio metalográfico de reflexão

b) Visualização da microestrutura

Figura 4.44 - Equipamento utilizado na análise microscópica

Em seguida no laboratório de Microscopia Eletrónica de Varrimento do Centro Ótico da UBI, processaram-se análises SEM/EDS das amostras de pregos. Para o efeito, utilizou-se um equipamento de SEM, apresentado na Figura 4.45-a).

Simultaneamente, realizaram-se também os ensaios de microdureza *Vickers* no laboratório de Mecânica dos Materiais da Faculdade de Engenharia da UBI, para o efeito foi utilizado um microdurómetro (Figura 4.45-b)). Este ensaio foi realizado de acordo com a norma NP 711 [1968] e consistiu em medirem-se as diagonais das impressões de um penetrador de diamante comprimido por uma carga de 10 kgf (Figura 4.45-c)) e aplicado durante 15 segundos em cada uma das amostras ensaiadas, obtendo-se, deste modo, e para cada amostra, o número de dureza de *Vickers*.



a) SEM/EDS

b) Microdurómetro

c) Indentação na superfície

Figura 4.45 - Equipamento utilizado nas análises SEM/EDS e no ensaio de microdureza *Vickers*

4.5.3.4 Resultados dos ensaios de caracterização das amostras dos pregos

A microestrutura de todas as amostras foi analisada com um microscópio ótico, tendo-se verificado que as superfícies das amostras eram similares no que diz respeito à dimensão dos grãos e à presença de duas fases, a ferrite e a perlite. Para além disto, em todas as amostras verificou-se a existência de zonas mais escuras que poderão corresponder a zonas de forte concentração de algum constituinte químico. Deste modo, e dada a semelhança da microestrutura da superfície de todas as amostras, obtiveram-se imagens da superfície com ampliações de 100x, 200x e 500x apenas das amostras dos pregos PR3, PR8, PR11, PR19 e PR20 por se considerarem que estas eram as mais representativas do universo das vinte amostras estudadas. As imagens relativas aos pregos PR3 e PR8 são apresentadas na Figura 4.46.

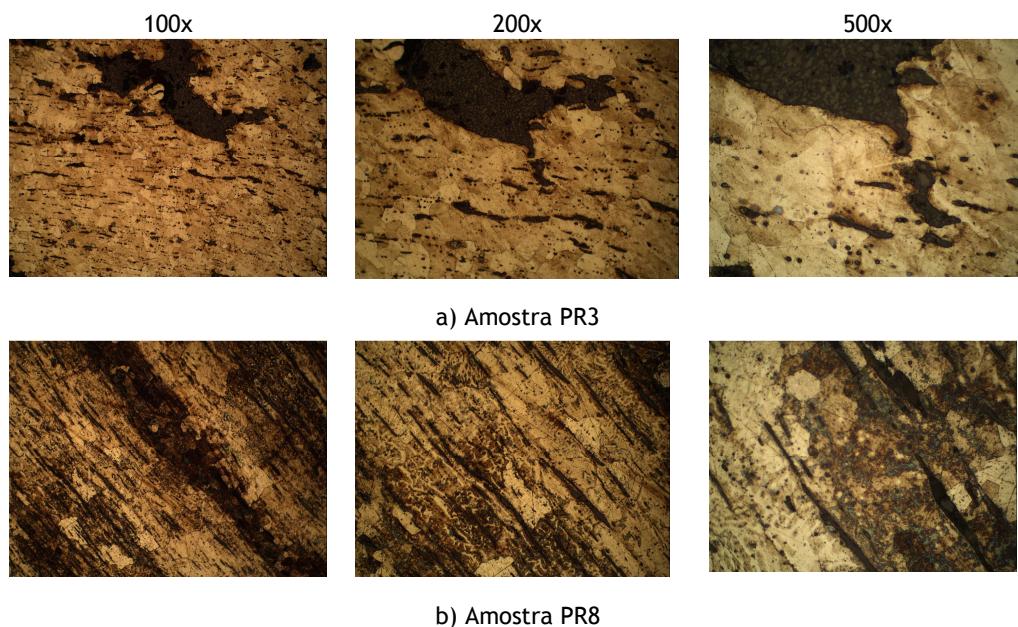


Figura 4.46 - Imagens da microestrutura da superfície das amostras dos pregos recolhidos, parte I

Por sua vez, na Figura 4.47 apresentam-se as imagens da microestrutura da superfície das amostras dos pregos, PR11, PR19 e PR20.

Nas imagens das Figura 4.46 e 4.47 é visível que algumas amostras apresentam um grão de grandes dimensões. Este facto ocorre nas amostras PR8 e PR19 (Figuras 4.146-b) e 4.47-b)), respetivamente. A ocorrência de grãos maiores implicará uma menor resistência da liga metálica.

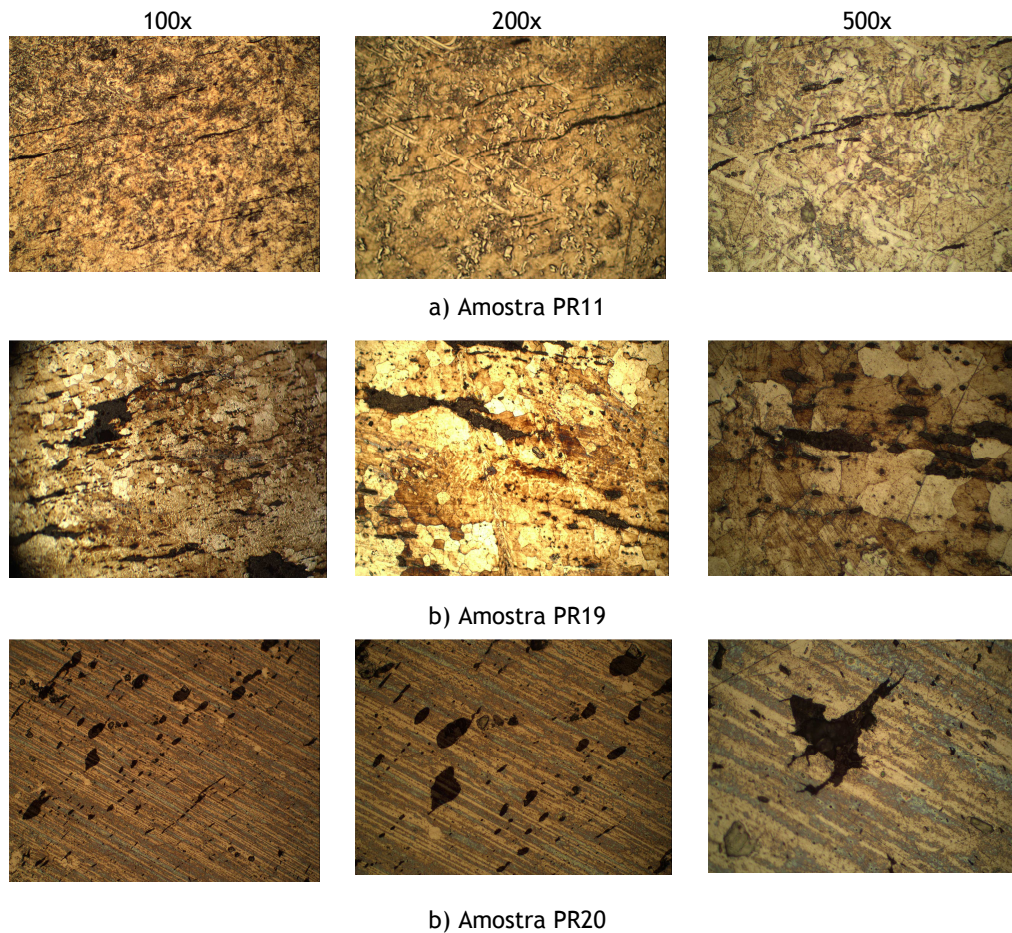


Figura 4.47 - Imagens da microestrutura da superfície das amostras dos pregos recolhidos, parte II

Adicionalmente, também se realizou a análise química elementar das amostras PR3 e PR11, cujos resultados se apresentam na Tabela 4.9. O componente químico detetado foi o ferro (Fe). Estes resultados mostram claramente que a liga metálica destes pregos é constituída essencialmente por ferro (Fe), havendo também vestígios de enxofre (S), potássio (K), manganês (Mn) e de cobre (Cu). O carbono (C) é outro constituinte que deverá existir nas amostras mas em percentagens tão pequenas que não são possíveis de detetar nas análises EDS.

Tabela 4.9 - Análise química elementar (% mássica)

Elemento Químico	Amostra			
	PR3	PR11	N1	N2
S	0,49±0,17	--	--	--
K	0,57±0,14	--	--	--
Mn	1,69±0,31	1,00±0,38	--	--
Fe	77,96±6,39	89,44±7,06	87,95±6,16	92,07±6,26
Cu	1,44±0,48	--	--	--

As análises EDS realizadas nas amostras PR3, PR8, PR11, PR19 e PR20 revelaram que tanto as zonas onde existem manchas escuras como a globalidade da superfície das amostras analisadas são essencialmente constituídas pelo elemento químico ferro, e tal como mostram as Figuras A4.1, A4.2, A4.3, A4.4 e A4.5 apresentada no anexo A4.1.

As amostras dos pregos analisadas, são centenárias na medida em que estes pregos foram aplicados na fase de construção dos edifícios de tabique de onde foram recolhidos. Por esta razão julgou-se pertinente comparar a microestrutura destes pregos com a microestrutura de pregos atuais e que serão possivelmente utilizados em futuros trabalhos de reabilitação deste tipo de construções. Para o efeito, prepararam-se, de acordo com o procedimento descrito na Secção 4.5.3.2, duas amostras relativas a pregos correntes (ou novos) designadas por N1 e N2. Estas duas amostras foram analisadas ao microscópio metalográfico e as respetivas microestruturas estão disponibilizadas nas Figura 4.48-a) e 4.48-b). As imagens da Figura 4.48 são reveladoras de que as duas amostras de pregos correntes apresentam uma constituição homogénea, sem manchas escuras, com a presença da fase ferrite e perlite, e em que a dimensão do grão é em regra inferior à das amostras dos pregos antigos (os recolhidos nas construções de tabique). A homogeneidade da microestrutura e a dimensão grão estão refletidas nos valores de microdureza obtidas para estas amostras, que se situam entre 236 HV10 e 287HV10 (Tabela 4.10) e que são superiores aos obtidos para as amostras PR3, PR8, PR11, PR19 e PR20.

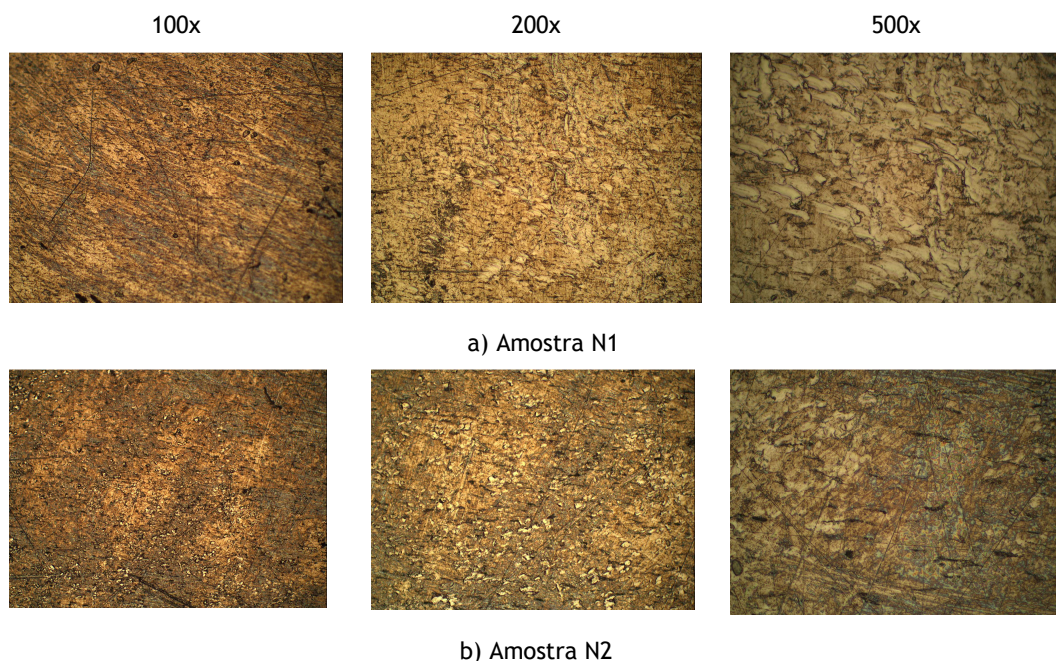


Figura 4.48 - Imagens da microestrutura da superfície das amostras de pregos atuais

As análises EDS indicaram que a liga metálica que constitui as duas amostras de pregos novos também é constituída essencialmente por ferro (Fe) e tal como mostram os espetros de EDS

das Figura A4.6 e A4.7 apresentados no anexo A4.1. Por sua vez, a análise química elementar (Tabela 4.9) revela que a liga metálica destas duas amostras é constituída maioritariamente por ferro (Fe).

Relativamente à propriedade mecânica analisada, a microdureza da superfície das amostras, apresentam-se na Tabela 4.10 os resultados do número de dureza obtido experimentalmente para cada uma das vinte e duas amostras de pregos estudados. Para se obter o número de dureza, a metodologia aplicada consistiu em processar-se, em cada uma das amostras, cinco números de dureza em cinco pontos distintos da superfície, extrair-se o valor máximo e o valor mínimo e determinar-se a média aritmética dos três resultados restantes e de acordo com a norma NP 711 [1968].

Tabela 4.10 - Número de dureza *Vickers*

Id.	HV10	Id.	HV10	Id.	HV10	Id.	HV10
PR1	180	PR7	216	PR13	218	PR19	131
PR2	194	PR8	156	PR14	209	PR20	161
PR3	215	PR9	186	PR15	238	N1	236
PR4	254	PR10	221	PR16	224	N2	247
PR5	219	PR11	196	PR17	203		
PR6	282	PR12	238	PR18	168		

Constatou-se que os valores dos números de dureza correspondentes a estas amostras apresentaram valores relativamente baixos. A amostra PR8 apresentou um número de dureza de 156 HV10, para a amostra PR19 foi obtido um número de dureza de 131 HV10 e na amostra PR20 o respetivo número de dureza obtido foi de 161 HV10 (Tabela 4.10). Também é possível observar na Figura 4.46-b) que o processo mecânico de fabrico utilizado nesta amostra de prego deu origem a uma orientação preferencial e bem definida do grão, com um visível alongamento, o que poderá originar um comportamento monotrópico.

No que diz respeito aos resultados dos ensaios SEM, apresentam-se na Figura 4.49, as imagens SEM obtidas para cada uma das amostras PR3, PR8 e PR11, PR19 e PR20, relativas à microestrutura da superfície e com duas resoluções distintas de 500x e 1000x, onde é visível a existência de zonas mais escuras.

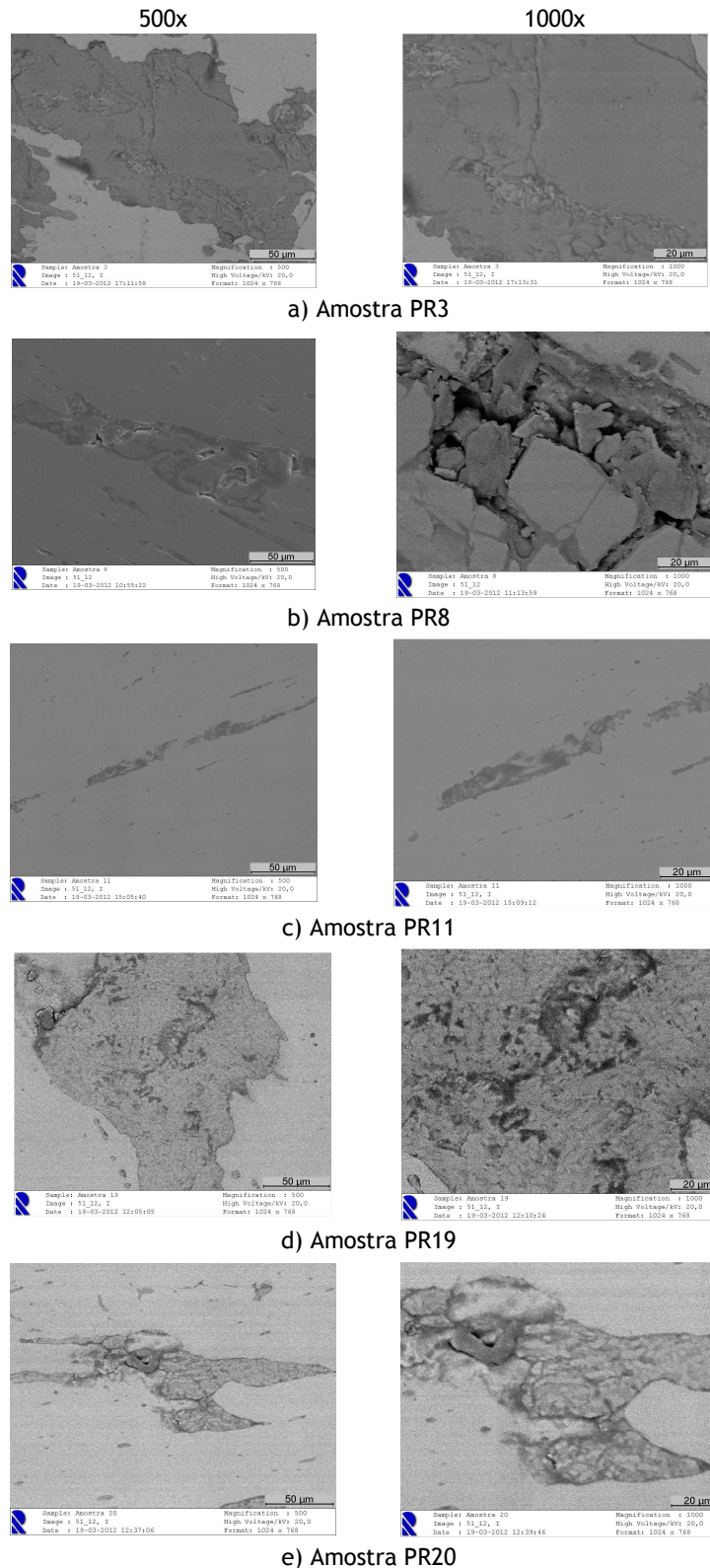


Figura 4.49 - Imagens SEM da microestrutura da superfície das amostras dos pregos

Face ao exposto, os resultados obtidos para as amostras da liga metálica dos pregos recolhidos indicam que o número de dureza de *Vickers* varia entre 131 HV10 e 282 HV10. No que diz respeito aos pregos novos estudados esta grandeza está compreendida entre 236 HV10 e 247 HV10. Estes resultados indiciam que os pregos antigos estudados experimentalmente

neste trabalho de investigação apresentam uma grande variabilidade material, tendo em consideração a grande dispersão no valor da propriedade mecânica analisada. Conclui-se também, que tanto a microestrutura como a dureza destes pregos são diferentes dos obtidos nos pregos novos. O fenómeno de oxidação e respetiva corrosão ocorridos ao longo do tempo devem certamente ter causado danos materiais. Convém frisar que a maioria destes pregos antigos pode ter mais de cem anos. Por sua vez, os valores obtidos para os dois pregos novos são reveladores de uma maior uniformidade material, como era esperado. Comparando os pregos antigos com os pregos novos verifica-se que os pregos novos aparentam ter uma maior dureza. Contudo, existem pregos antigos que apesar do envelhecimento sofrido conseguem apresentar dureza superior à dos pregos novos. Este resultado é impressionante tendo em conta que os processos de fabrico antigos eram muito mais simples e artesanais. Outra conclusão importante a retirar deste estudo, é a de que os pregos antigos, talvez, ainda apresentem uma capacidade resistente adequada para serem mantidos em serviço aquando da realização de futuros trabalhos de reabilitação. Adicionalmente, também se verificou que o sistema construtivo associado a um elemento de tabique possibilita condições adequadas de anti-corrosão aos pregos aplicados na ligação dos elementos de madeira e, desta forma, também possibilita a existência de mecanismos capazes de garantir a durabilidade da construção.

Estes resultados da caracterização mecânica de amostras de pregos antigos recolhidas em construções de tabique localizadas no concelho de Lamego são concordantes com os resultados obtidos por Gonçalves *et al.* [2010-a] e por Martinho *et al.* [2010-b] em amostras de pregos antigos recolhidos noutros edifícios de tabique localizados noutros concelhos da região de Trás-os-Montes e Alto Douro. É importante sublinhar que este trabalho de caracterização e de identificação dos pregos poderá dar um importante auxílio em futuros processos de reabilitação de construção de tabique ou de outros tipos de construção tradicional que contemplem elementos estruturais de madeira tais como pavimentos, coberturas, escadas, entre outros.

4.6 Considerações finais

As principais ilações alcançadas neste capítulo são:

- Os materiais principais aplicados nas construções de tabique existentes em Lamego são locais e naturais.
- Nas paredes de alvenaria, ao nível do rés-do-chão, a pedra de xisto ou a pedra de granito da região são as alternativas mais frequentes. É importante esclarecer que na informação apresentada neste capítulo a pedra de xisto é evidenciada por ser aquela que foi utilizada no edifício de referência.

- O trabalho de campo de levantamento e de recolha de dados relativos às paredes de tabique e dos seus elementos constituintes permitiu concluir que existe uma grande variabilidade entre estes elementos construtivos.
- Verificou-se que podem existir soluções diferenciadas da estrutura de madeira das paredes de tabique. Com base nas construções de tabique estudadas, foram identificadas três tipologias distintas de solução estrutural para as paredes exteriores e duas tipologias para as paredes interiores. Pensa-se que a opção da tipologia poderá ser função das tradições na arte de construir e na capacidade financeira do promotor da obra.
- De forma a disponibilizar um conjunto de pormenores construtivos alusivos à construção de tabique, foi estudado um edifício de referência. A grande particularidade associada a este edifício foi a possibilidade de acesso ao seu interior e o facto de apresentar um conjunto de soluções construtivas representativas das construções de tabique existentes no concelho de Lamego.
- Estes detalhes construtivos também permitiram perceber que alguns pormenores da estrutura de madeira das paredes de tabique poderão estar tecnicamente concordantes com condições prescritas na norma EN1995-1-1 [2004].
- Estes detalhes construtivos assim como a identificação dos materiais de construção aplicados também mostram que a construção de tabique poderá ter um interesse especial no contexto da construção sustentável, pelo facto de serem reutilizados os desperdícios de madeira no preenchimento dos vazios do reticulado formado pelos elementos de madeira das paredes de tabique. Verificou-se também que tanto a construção de referência como outras estudadas apresentavam um avançado estado de degradação (próxima do colapso). No entanto, em simultâneo, também se verificou que os elementos de madeira quando cobertos pelo revestimento apresentam um ótimo estado de conservação. A observação de diversos exemplos de paredes de tabique em construções distintas permitiu verificar que uma conservação adequada poderá ser assegurada se estas estiverem devidamente revestidas pelo material de enchimento, se não estiverem em contacto direto com o solo de fundação e se estiverem protegidas da água da chuva.
- Os materiais aplicados nas paredes de tabique são basicamente a madeira maça que geralmente tem um acabamento tosco e uma superfície rugosa. As espécies de madeira identificadas com mais frequência foram o pinho (*pinus pinaster*) e o castanho (*castanea satival Mill.*). É de ressaltar que, em outros trabalhos investigação focados no estudo de construções de tabique localizados em outros concelhos da região de Trás-os-Montes e Alto

Douro, o choupo (*populus sp*) e a tília (*tília cordata*) foram outras espécies também identificadas. Toda esta madeira é resultantes de árvores autóctones.

- No que diz respeito ao material de enchimento e de revestimento aplicado nas paredes de tabique, verificou-se que este pode ser simplesmente terra ou então pode ser uma argamassa terrosa bastarda (terra e cal). No Capítulo 5 apresenta-se um estudo detalhado da identificação e caracterização do material de enchimento /revestimento aplicado nestas construções de tabique.
- A ligação dos elementos de madeira é materializada através de conectores mecânicos do tipo pregos metálicos. Estes pregos apresentam uma grande variabilidade em termos de dimensões e de forma (secção transversal). Ensaios processados em amostras de pregos indicaram que estes são constituídos essencialmente por ferro. Paralelamente, os ensaios de determinação da microdureza Vickers indicaram que estes pregos têm um número de dureza compreendido entre 131HV10 e 282HV10.
- Todos os resultados obtidos na identificação e caracterização dos materiais utilizados estão concordantes com os resultados obtidos noutros trabalhos de investigação desenvolvidos neste âmbito, mas incidentes noutras zonas da região.
- Os detalhes construtivos apresentados neste capítulo são referentes à ligação entre os componentes do sistema estrutural do edifício de referência tais como a ligação entre a estrutura da cobertura e as paredes exteriores de tabique, a ligação entre as paredes exteriores e o pavimento dos pisos, a ligação entre o pavimento do piso e as paredes exteriores de alvenaria e a ligação entre as paredes interiores e o teto e o pavimento do andar. Esta informação é crucial, para a correta e realista simulação numérica de paredes de tabique realizada no Capítulo 6.
- Ressalva-se mais uma vez que as condições de segurança para a realização do trabalho de campo não foram as mais convenientes resultando daí sérias limitações na recolha de informação.