



UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

Igor Filipe Garrote Cardoso

O LEVANTAMENTO DE UM EDIFÍCIO ANTIGO EM  
COIMBRA TENDO EM VISTA A SUA REABILITAÇÃO

SURVEY OF AN OLD BUILDING IN COIMBRA REGARDING IT'S  
REHABILITATION

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, na área de  
Especialização em Estruturas, orientada pelo Professor Doutor Paulo  
Manuel Mendes Pinheiro da Providência e Costa e pelo Professor Doutor  
Anísio Alberto Martinho de Andrade e apresentada ao Departamento de  
Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade de Coimbra

Julho de 2021

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra  
Departamento de Engenharia Civil

Igor Filipe Garrote Cardoso

# O LEVANTAMENTO DE UM EDIFÍCIO ANTIGO EM COIMBRA TENDO EM VISTA A SUA REABILITAÇÃO

**SURVEY OF AN OLD BUILDING IN COIMBRA REGARDING IT'S REHABILITATION**

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, na área de Especialização em Estruturas,  
orientada pelo Professor Doutor Paulo Manuel Mendes Pinheiro da Providência e Costa e pelo Professor Doutor Anísio Alberto Martinho de Andrade

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC  
declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

Julho de 2021



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho resulta, de uma forma ou de outra, de todos os momentos, vivências e experiências com todas as pessoas que se cruzaram comigo ao longo da vida, não sendo por isso possível de agradecer a todas. Ainda assim sinto a necessidade de manifestar a minha sincera gratidão a algumas pessoas que contribuíram mais diretamente para a realização do mesmo.

Quero deixar um agradecimento aos meus orientadores Paulo Providência e Costa e Anísio Andrade pelo interesse e disponibilidade demonstrada ao longo deste trabalho motivando a sua execução.

Agradeço aos meus Pais pela possibilidade que me proporcionaram de ter chegado à realização deste trabalho. Em especial, um agradecimento à minha Mãe por ter feito o melhor possível para me apoiar sempre.

Ao Emanuel Marques, Francisco Filipe e Alexandre Ferreira pelo companheirismo, ajuda, conversas e todos os momentos de convívio.

Não posso deixar de agradecer à Empresa Befersan – Construções, Lda, sem cuja validação e ajuda não seria possível a realização deste trabalho.

À Joana Almeida por tudo.

---

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	i
ÍNDICE.....	ii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.2. OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO .....	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	3
1.4. ESCLARECIMENTO EDITORIAL .....	4
2. ESTADO DA ARTE.....	5
2.1. ENQUADRAMENTO .....	5
2.2. CONTEXTO HISTÓRICO .....	7
2.3. CARACTERIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS ERIGIDOS NO PERÍODO 1850-1940.....	8
2.3.1. FUNDAÇÕES .....	8
2.3.2. ALVENARIA DE TERRA .....	10
2.3.2.1. TAIPA .....	11
2.3.2.2. ADOBE .....	13
2.3.2.3. TABIQUE .....	14
2.3.3. ALVENARIA DE PEDRA .....	15
2.3.4. CONSTRUÇÃO POMBALINA.....	19
2.3.4.1. EDIFÍCIO GAIOLEIRO .....	23
2.3.4.2. COMPARTIMENTAÇÃO .....	23
2.3.4.3. TELHADOS .....	26
2.3.4.4. ESCADAS .....	29
2.3.4.5. PAVIMENTOS.....	30
2.3.4.6. TETOS .....	33

---

2.3.4.7. VÃOS.....	34
2.3.4.8. REVESTIMENTO E ACABAMENTO DE PAREDES.....	36
3. CASO DE ESTUDO .....	39
3.1. INTRODUÇÃO .....	39
3.2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO.....	39
3.3. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO EM ESTUDO .....	42
3.4. LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS .....	49
3.4.1. ASSENTAMENTOS E DEFORMAÇÕES.....	49
3.4.2. FISSURAÇÃO .....	56
3.4.3. REVESTIMENTOS .....	60
3.4.4. INFILTRAÇÃO DE HUMIDADE .....	61
3.4.5. DEGRADAÇÃO GERAL DOS ACABAMENTOS.....	62
3.5. CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA E ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO .....	65
3.5.1. FUNDAÇÕES .....	65
3.5.2. PAREDES EXTERIORES.....	66
3.5.3. PAREDES INTERIORES .....	76
3.5.4. PAVIMENTOS E TETOS.....	79
3.5.5. COBERTURA.....	83
3.5.6. REVESTIMENTOS .....	85
3.5.7. ABERTURAS .....	88
4. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	90
4.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES.....	90
4.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	91
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92

## RESUMO

A falta de bibliografia específica em relação ao edificado antigo em Coimbra, nomeadamente o erigido no período entre 1850-1940, aproximadamente, leva a que este trabalho se assuma como uma adição, que se pretende valiosa, ao conhecimento técnico necessário ao crescente número de intervenções de reabilitação que se tem vindo a observar nos centros históricos, e suas envolventes, de Portugal, e especificamente em Coimbra.

Esta dissertação começa por expor as tipologias de edifícios bem como as técnicas e metodologias construtivas que se usaram um pouco por todo o País no período em estudo. Sendo Portugal um país relativamente pequeno é expectável encontrar, para edifícios de vários andares em meio citadino, pequenas variações das mesmas técnicas e metodologias de construção. O conhecimento em termos de características arquitetónicas, construtivas, estruturais e materiais que pode ser obtido com levantamentos minuciosos, contribuirá para que a comunidade técnica possa desenvolver propostas e definir estratégias de reabilitação mais eficazes, nomeadamente no que respeita à segurança, custo e preservação do existente.

Em seguida, apresenta-se o caso de estudo, que consistiu num edifício de habitação em Coimbra, onde se confronta a informação bibliográfica recolhida com a realidade encontrada. Primeiramente, são mostrados os resultados de uma campanha de diagnóstico do estado do edifício, que permitiu identificar as patologias existentes. Posteriormente, apresentam-se os resultados de trabalhos de inspeção realizados *in situ*, que permitiram identificar e caracterizar todos os elementos da construção julgados relevantes.

Este trabalho resultou da visita repetida do edifício, de forma a possibilitar o registo fotográfico, de onde se retiraram as imagens apresentadas. Procurou-se que estas imagens proporcionassem a análise que as acompanha, culminando na identificação de algumas tendências construtivas, e variações, dos edifícios de habitação desta época e cidade.

**Palavras-chave:** reabilitação de edifícios, caracterização construtiva de edifícios, edifícios de habitação antigos

## ABSTRACT

The lack of specific bibliography regarding buildings in Coimbra, namely built in the period between 1850 and 1940 leads this work to be assumed as a valuable addition to the technical knowledge necessary for the growing number of interventions of rehabilitation that has been observed in the historical centres, in Portugal, and specifically in Coimbra.

This dissertation begins by exposing the types of buildings as well as the construction techniques and methodologies that were used all over the country during the period under study. Since Portugal is a relatively small country, it is expected to find, for multi-storey buildings in urban environment, small variations of the same construction techniques and methodologies. The knowledge in terms of architectural, constructive, structural and material characteristics that can be obtained with detailed surveys will help the technical community to develop proposals and define more effective rehabilitation strategies, particularly with regard to safety, cost and preservation of the existing.

After a generic exhibition, the case of study is presented, which consists of a residential building in Coimbra, where the bibliographic information is confronted with the reality found. Firstly, the results of a campaign to diagnose the condition of the building are shown, which allowed the identification of existing pathologies. Subsequently, the results of the inspection work carried out *in-situ* are presented, which allowed the characterization of all the construction elements deemed relevant.

This work resulted from the repeated monitoring of the construction site, in order to allow the photographic record, from which the presented images were taken. These images were intended to provide the analysis that accompanies them, culminating in the identification of some constructive trends, and variations, of the residential buildings in the period in study.

**Key words:** rehabilitation of buildings, constructive characterization of buildings, old residential buildings

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

“A história do Homem não pode ser dissociada da história da arquitetura. Com efeito a memória da História não escrita é preservada nas construções – templos, fortalezas e cidades construídas pelo Homem” (Sousa, 2003).

Atravessa-se hoje uma época em que se assiste a uma constante expansão do perímetro das cidades, provocado principalmente pela deslocação da população dos centros urbanos para a periferia. Esta migração tem vindo a deixar os centros urbanos empobrecidos e desocupados. De acordo com Lopes (2011), a reabilitação é hoje uma das melhores soluções para repovoar os centros urbanos, apresentando inúmeras vantagens económicas e ambientais (podendo-se adicionar a estas as socioculturais). A reabilitação de edifícios antigos é, por isso, urgente e essencial.

A deslocação da população dos centros urbanos aparenta ser motivada pela maior procura por parte das gerações mais jovens de habitações com características de conforto e arquitetónicas mais recentes, e que vão de encontro à evolução da tecnologia. O constante envelhecimento dos edifícios, sem a necessária manutenção e conservação, ou mesmo alguma atualização, contribui para o empobrecimento destas zonas mais antigas, que deixam assim de ser atrativas e levam à procura da construção nova.

A reabilitação aparece como uma solução para fazer frente a esta tendência de descentralização da população, devendo por isso conseguir adequar-se e ajustar-se às tendências e dinâmicas atuais. Esta reabilitação, contudo, deve ser profunda e sustentada pelo apoio técnico necessário para criar uma solução que possa cumprir as necessidades de hoje (segurança, conforto, acessibilidades, etc.) num invólucro do passado.

Do que é possível acompanhar e ver atualmente nas ruas de Coimbra, raras são as vezes em que a “filosofia” adotada na reabilitação de edifícios não é extremamente invasiva, descaracterizando-os completamente daquilo que foi a sua construção original. As intervenções observadas são na sua maioria transformações completas dos edifícios e do tipo de utilização

dos mesmos, que são tratados como “máquinas de fazer dinheiro” para o investidor que pouco se preocupa com o património construído. Se se concordar com Sousa (2003) quando este diz que a construção é a história da civilização, então está-se assim a apagar páginas e páginas de história. E claro que, para alguém que está a terminar um ciclo de estudos em Engenharia Civil, a estranheza e consternação causadas por uma tal obliteração só podem ser ainda maiores que para o cidadão comum.

Se se atender às características do parque construído nacional, compreende-se claramente a definição dada por Appleton (2011): “edifício antigo é aquele que foi construído antes do advento do betão armada como material estruturante dominante”.

Appleton (2011), autor e especialista com um trabalho pioneiro e profundo nesta área da engenharia civil, diz que o estudo dos edifícios antigos tem tido um interesse crescente, dada a evidente importância que se tem vindo a atribuir à conservação do património construído. Mas diz também que estes edifícios são geralmente mal conhecidos, uma vez que a atenção dos investigadores se tem focado essencialmente em edifícios especiais e monumentos. Esta falta de conhecimento parece confirmar-se para o panorama de Coimbra, pela evidente falta de bibliografia disponível e apropriadamente divulgada acerca do edificado antigo.

## **1.2. OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO**

“O quase nulo desenvolvimento que nas escolas de engenharia e arquitetura é dado à análise dos materiais e tecnologias tradicionais de construção, tem criado as melhores condições para a mitificação de alguns materiais e para o esquecimento de outros” (Appleton, 2011).

O principal objetivo deste trabalho consiste na caracterização de um edifício antigo da cidade de Coimbra. A designação “edifício antigo” refere-se aqui aos edifícios construídos antes do advento do betão armado – a tecnologia que domina o setor da construção em Portugal desde as décadas de 1950 e 1960. Assim, são edifícios antigos quase todos os construídos até ao início da década de 1940, altura a partir da qual começa a decrescer acentuadamente o recurso às tecnologias tradicionais (Appleton, 2011). É ainda desejo do autor que esta dissertação acrescente, à sua pequena escala, conhecimento no que diz respeito às técnicas e metodologia utilizadas nos edifícios antigos e que se possa juntar a outros trabalhos relacionados por forma a permitir que num futuro próximo haja bibliografia suficiente sobre as tendências construtivas utilizadas outrora em Coimbra, que possibilite intervenções que visem a real reabilitação e não um desmantelamento desmedido do edificado.

A este propósito, deve, porém, esclarecer-se que, de acordo com o último censo realizado em Portugal, o Censos 2011, no decénio 2001 a 2011 a solução estrutural em alvenaria com lajes de betão armado ainda era a escolhida em 15% das novas construções, valor esse que não mostrava qualquer tendência para decrescer (o Censos de 2021, a decorrer atualmente permitirá confirmar esta ideia, devendo, no entanto, notar-se, que como se refere em Costa e Providência (2019), este valor de 15% peca muito possivelmente por excesso, em virtude da preparação técnica insuficiente dos peritos responsáveis pelo censo). Por outro lado, o terrível impacto ambiental do setor industrial associado ao betão armado, principal responsável na atualidade pela produção de dióxido de carbono e outras emissões nocivas, pelo consumo de matérias primas e pela produção de resíduos, vai fomentar o desenvolvimento do setor da reabilitação e a recuperação em *larga escala* de técnicas tradicionais, com a incorporação natural de inovações que permitam assegurar um desempenho adequado aos nossos dias, em termos de segurança, conforto, requisitos energéticos, etc. Pretende-se com esta nota explicar, que o investimento no estudo dos métodos construtivos utilizados no passado, para além do interesse direto para a própria reabilitação, e em particular da reabilitação no âmbito dos três importantes princípios para este tipo de intervenções expressos no Decreto Lei 95 de 2019 (Decreto Lei n.º 95/2019), ou mesmo da história da tecnologia da construção, é igualmente relevante para o futuro do setor da construção, nomeadamente, no que respeita a “novas” técnicas, “novos” métodos construtivos e “novos” materiais.

### **1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Após o presente capítulo, introdutório e justificativo do trabalho realizado, o trabalho apresentado encontra-se estruturado em mais três capítulos principais.

No Capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica onde se abordam as técnicas e soluções construtivas mais importantes e relevantes para a análise do edifício estudado.

No Capítulo 3 é apresentado o edifício a estudar, começando por se apresentar um breve enquadramento histórico sobre a zona em que este se insere. De seguida, é apresentado o resultado de uma inspeção inicial ao estado do mesmo, com todas as patologias (visíveis) que apresenta. Por fim, é feito um levantamento tão detalhado quanto possível de todos os seus elementos construtivos.

No quarto e último capítulo são sintetizadas as principais conclusões e considerações finais do trabalho desenvolvido, e apresentadas algumas sugestões para futuros trabalhos relacionados com este tema.

#### **1.4. ESCLARECIMENTO EDITORIAL**

O documento que regulamenta o “Formato de Edição para as Dissertações” do DEC define perentoriamente um número máximo de 80 páginas para as Dissertações de mestrado. Ora, na sua versão original, este documento até cumpria esse limite. Acontece que observei que as fotos estavam demasiado pequenas, o que frequentemente tornava quase impossível mostrar os aspetos, pormenores ou fenómenos que pretendia ilustrar. Também é minha opinião que uma parte fulcral do valor desta Dissertação reside justamente nas fotos que realizei, às quais atribuo um papel semelhante ao das fotos que acompanham um levantamento fotográfico efetuado para efeitos de avaliação estrutural, bem como um papel algo pedagógico. De facto, esta Dissertação foi primeiro imaginada como um conjunto de aspetos construtivos e estruturais que eu pretendia evidenciar e ilustrar. Só depois fui tentar captar as imagens que registavam esses aspetos. E só então procedi à análise descritiva e crítica dessas imagens, que forma o grosso da parte escrita da Dissertação. Por este motivo, e por forma a não truncar aquilo em que se baseia a minha análise, e não desvirtuar fortemente este projeto, decidi, em conjunto com os meus orientadores, que se devia aumentar o tamanho das imagens, e descurar o referido limite. Espero que esta minha justificação seja tomada em devida consideração, caso se considere necessário considerar a violação da regra relativa ao número máximo de páginas.

## 2. ESTADO DA ARTE

### 2.1. ENQUADRAMENTO

Se se admitisse que os edifícios antigos foram construídos com uma expectativa média de vida de 50 anos, então, hoje, essa expectativa já teria sido cumprida. É claro que o tempo útil espectável para uma construção nova era, até há 100 anos atrás (ou menos), seguramente bem mais longo, do que os 50 anos frequentemente utilizados hoje em dia. (Ou seja, não é crível que os proprietários dos belos e valiosos edifícios da zona da Praça da República em Coimbra, só para dar um exemplo, esperassem que eles durassem apenas 50 anos). Ainda assim, ou seja, mesmo que o tempo de vida inicialmente esperado já tenha sido cumprido, estes edifícios *podem* continuar a desempenhar funções, na habitação, no comércio, na indústria e serviços, e na perspetiva dos seus proprietários e também do referido Decreto Lei 95 de 2019 (Decreto Lei n.º 95/2019), muito provavelmente *devem* continuar a desempenhá-las.

Os edifícios antigos de uma determinada região apresentam frequentemente padrões comuns ou transversais de construção, centrados num número limitado de técnicas construtivas e em materiais de construção pouco transformados. Ora, importa compreender esses padrões comuns do edificado existente, não apenas para que a eventual intervenção preserve os valores artísticos, técnicos e culturais, mas também porque a análise desses padrões pode permitir determinar ou estabelecer procedimentos seguros, eficazes e eficientes para a intervenção de reabilitação ou conservação.

De acordo com Appleton (2011), são os edifícios da chamada época dos gaioleiros (do século XIX a início do XX) que apresentam maior necessidade de intervenção. De facto, se, por um lado, o avanço tecnológico permitiu o domínio da ciência dos materiais e sua resistência, por outro, procurou-se aligeirar as construções, mesmo sem fundamentação técnica, reduzindo a quantidade de material utilizado na estrutura. Explica ainda Appleton (2011) que esta racionalização culminou num autêntico desastre construtivo, pois que embora tendo permitido aumentar a área útil interior das construções, levou à redução da espessura das paredes em toda a altura dos edifícios, deixando os materiais constituintes da estrutura de alvenaria, principalmente as madeiras, muito mais expostos aos agentes atmosféricos e, conseqüentemente, à sua deterioração precoce.

De acordo com as boas práticas de reabilitação e conservação do património construído, quando a conservação não é possível ou suficiente, devido ao estado avançado de degradação, deve-se reabilitar, sendo sempre prioritária uma intervenção mínima e pouco intrusiva, se tal for julgado possível e admissível, que substitua apenas os elementos em mau estado de conservação, preservando assim o valor intrínseco original. A possibilidade e admissibilidade referem-se à necessidade de garantir que após a intervenção a construção satisfaz os requisitos de desempenho pré-estabelecidos pelo dono de obra, nomeadamente em termos de segurança, acessibilidades, conforto e energéticos.

Em reabilitação de edifícios antigos cada projeto é um caso único, sujeito a processos distintos, podendo-se encontrar numa mesma construção técnicas e processos de várias épocas, devido às sucessivas intervenções efetuadas ao longo da sua vida, até porque no passado os edifícios eram frequentemente entidades bastante mais orgânicas do que atualmente, no sentido em que era encarada com grande naturalidade a sua alteração ou ampliação de acordo com as necessidades e possibilidades do seu proprietário numa dada época. Na reabilitação é fundamental entender-se o edifício como um todo, também porque, por vezes, o edifício existente resultou da combinação de edifícios anteriormente independentes.

Intervir no património construído existente implica utilizar uma metodologia específica que difere em muitos aspetos da que se aplica à construção nova. Esta é a principal razão de ser desta dissertação, que se espera poder contribuir de forma útil para a bibliografia sobre caracterização do edificado antigo em geral (século XIX e início do XX), em particular na zona de Coimbra, nomeadamente na perspetiva da engenharia de estruturas, dando foco aos elementos estruturais (paredes, fundações, pavimentos, ...), área em que a referida bibliografia é particularmente escassa.

Hoje em dia, não só pelo que se pode ver um pouco por todo o país, mas também de acordo com a minha própria experiência (Figura 2.1), a falta de documentação e o desconhecimento tem originado a proliferação de intervenções demasiado intrusivas, sem qualquer respeito pelo valor artístico, técnico ou cultural preexistentes. O uso desmedido de paredes em gesso cartonado é a solução para a compartimentação interior, as lajes em betão, mesmo que mistas, são a norma nos pavimentos e o tijolo cerâmico furado ou bloco de cimento é o padrão na correção de fachadas. Serão estas soluções sempre as *mais adequadas*? Ou ainda, serão estas soluções sempre *adequadas*?



Figura 2.1 – Demolição integral do interior de dois edifícios antigos (Coimbra), fase inicial duma intervenção de reconstrução.<sup>1</sup>

## 2.2. CONTEXTO HISTÓRICO

O Homem começou por procurar proteção das intempéries e animais em abrigos naturais proporcionados pela vegetação existente ou por grutas e cavernas. Mais tarde, com a criação das primeiras comunidades e sua sedentarização, teve de começar a construir as suas próprias edificações. E claro que a forma mais simples de construir consistiu em usar os recursos naturais locais. Torgal e Jalali (2009) referem que se aponta a origem das primeiras construções para um período entre 12000 a.C. e 7000 a.C.

Ora, a madeira, a terra e a pedra, mais ou menos abundantes de acordo com a localização geográfica, sempre foram materiais à disposição do Homem. Assim, a criatividade e o engenho foram quanto bastou para o levar a construir com este tipo de materiais.

As construções sempre foram as mais valiosas propriedades do Homem, sendo, portanto, natural que este tenha dedicado às tarefas de conservação e reabilitação uma parte importante da sua atenção e do seu trabalho. Talvez que, nos últimos 100 anos com o brusco

---

<sup>1</sup> Todos os desenhos, esquemas e fotos não referenciados são da autoria do autor desta dissertação.

enriquecimento de vastas populações em algumas partes do globo, estas atividades tenham sido por vezes descuradas, em benefício da construção de novas edificações. No entanto, os alarmantes sinais de esgotamento do planeta, que põem em risco a própria sobrevivência da espécie, tal como a conhecemos hoje, levaram a uma alteração das mentalidades, a qual no nosso país se refletiu, por exemplo, no Decreto Lei 95 de 2019. Assim, atualmente, há um interesse pela reabilitação das nossas cidades e aldeias, e das suas construções, por parte dos governantes e dos investidores, particularmente das gerações mais novas. Este interesse conflui no da construção sustentável, ou seja, na ideia de uma construção com saldo zero de carbono e com redução drástica do consumo de recursos, viabilizando e valorizando a construção sustentável, como a que se baseia em materiais cuja produção, transporte e aplicação não está dependente de grandes consumos de energia, como são, a terra, a madeira e a pedra.

### **2.3. CARACTERIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS ERIGIDOS NO PERÍODO 1850-1940**

Nesta secção apresentam-se as tecnologias de construção mais correntes em Portugal por volta da época em que se admite que tenha sido construído o edifício analisado no Capítulo 3.

#### **2.3.1. FUNDAÇÕES**

Geralmente, nos edifícios antigos usavam-se fundações diretas, com constituição que não se afasta muito da das paredes resistentes de alvenaria a que davam apoio. Roque (2002) refere que em obras de menor relevância se usava um enrocamento com pedra ordinária, com ou sem argamassa, enquanto que em obras mais pesadas ou de maior importância a fundação era cuidada, sendo construída em pedra trabalhada e assente à mão.

No entanto, o tipo de fundações dependia do tipo de solo encontrado no local. Com solo rochoso, era habitualmente usada uma fundação direta (ou superficial) que correspondia ao prolongamento direto do elemento estrutural por ela suportado (Figura 2.2b), normalmente uma parede resistente. Quando o solo, apesar de apresentar boa qualidade, mas era menos resistente que um solo rochoso, era comum fazer-se uma fundação direta com uma sobrelargura de envasamento (Figura 2.2a) relativamente aos elementos estruturais suportados, de modo a melhorar a distribuição das cargas. Este procedimento é explicado simplificada por Appleton (2011), que explica que se uma parede apresenta uma resistência à compressão de, por exemplo, cerca de 1 MPa, a fundação terá que ter uma sobrelargura se o solo não tiver essa resistência. Quando o solo superficial tinha fraca qualidade, era comum que, na procura de melhor solo, se escavasse até uma profundidade tal que o pavimento inferior ficava situado a uma cota que permitia a execução de fundações diretas e a construção de uma cave ou semicave.

Segundo Appleton (2011), quando o solo superficial não apresentava capacidade de carga suficiente, alternativamente à solução anterior, também se podia considerar a abertura de poços espaçados entre si de aproximadamente 3 m (Figura 2.2c), com profundidade tal que atingissem as camadas de solo mais resistentes. No topo destes poços eram executados arcos de alvenaria sobre os quais assentavam as paredes resistentes (Figura 2.2d). O uso de arcos em vez de vigas é explicado pelo facto de o arco ser uma configuração estrutural apropriada para um material não resistente à tração (e a utilização da alvenaria era justificada pela sua durabilidade, que a madeira não podia assegurar por causa da humidade ascendente).

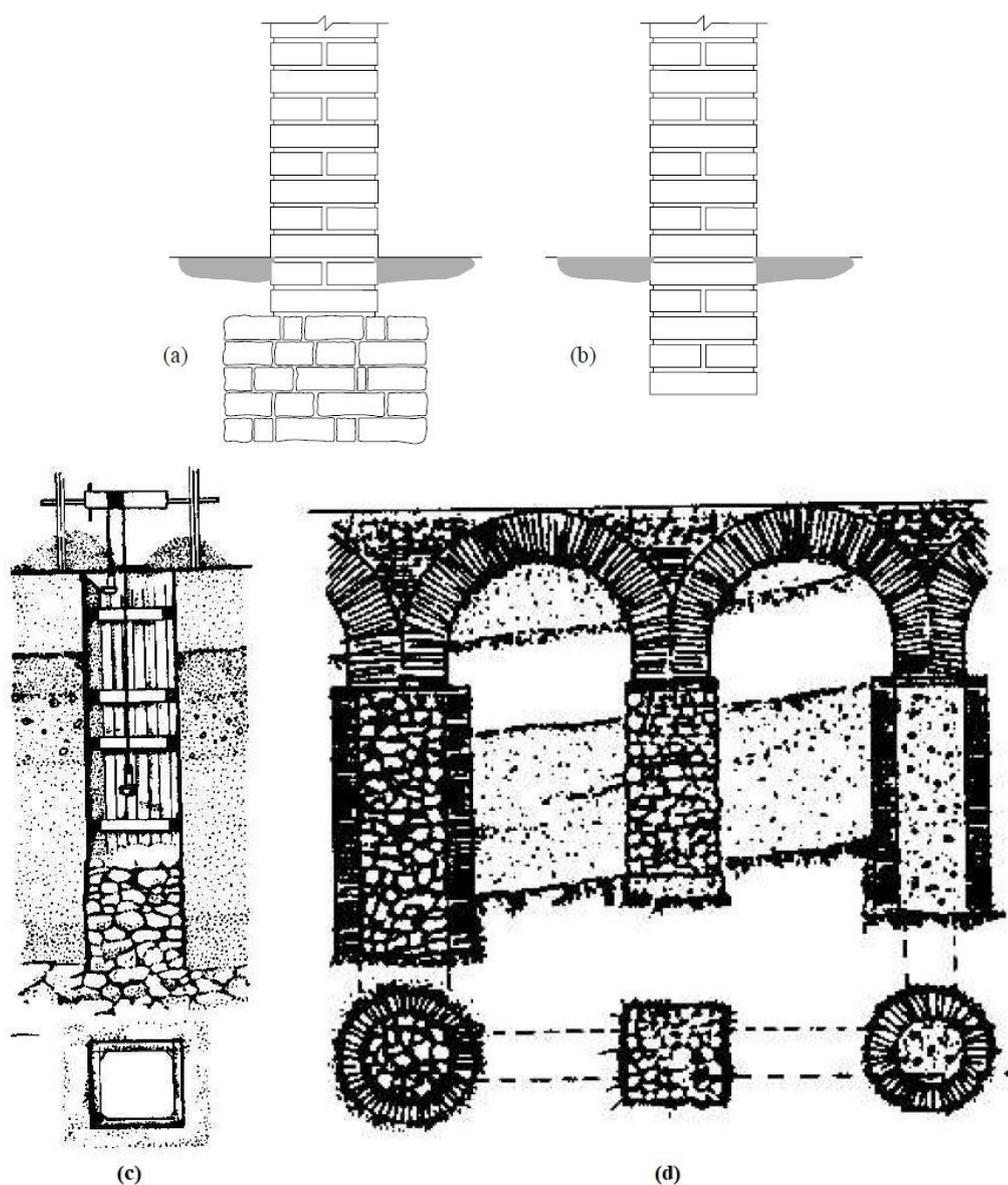


Figura 2.2 – Exemplos de fundações de construções antigas (Roque, 2002)

Alternativamente à execução de poços, em certas situações também se usavam estacas de madeira cravadas no solo (Figura 2.3). Para além de transmitirem as cargas a solos mais profundos, as estacas eram também usadas para melhorar as características do solo. Com efeito, a cravação de estacas contribui para o confinamento e consolidação do solo. Esta solução estava limitada pela resistência das estacas e dos terrenos atravessados. Outra limitação, por vezes, era a disponibilidade de estacas com comprimento suficiente, pois, mesmo quando era possível encontrar elementos com este comprimento, eles eram normalmente aproveitados para funções mais “nobres” (Appleton, 2011).

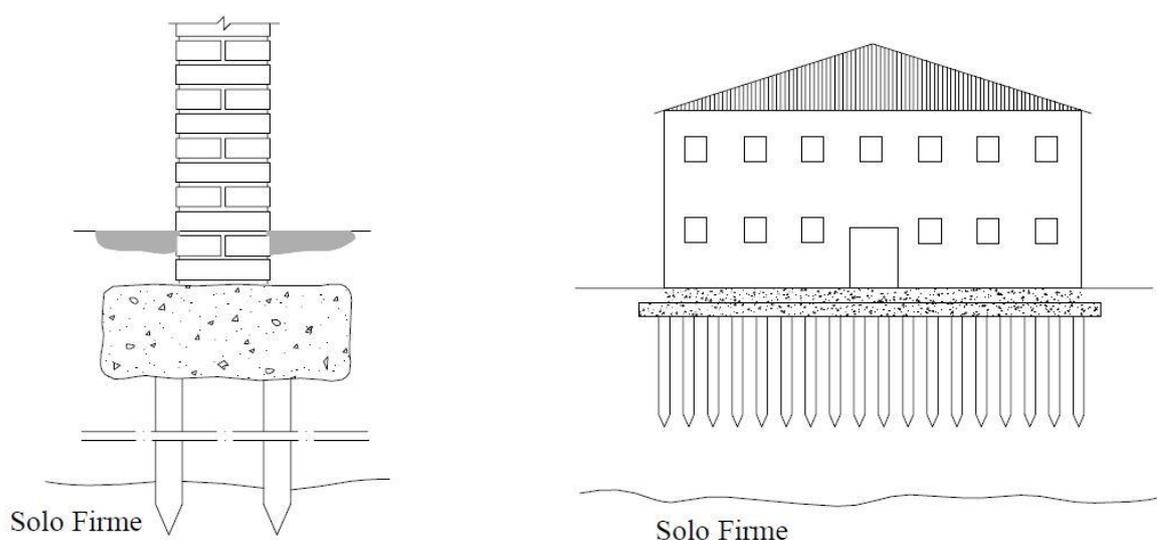


Figura 2.3 – Fundações por estacas [Roque, 2002]

No edifício que constitui o caso de estudo abordado no Capítulo 3, só foram encontradas fundações diretas, o que era previsível pela sua localização na parte alta da cidade, que apresenta as camadas de pedra calcária conhecidas por “Camadas de Coimbra” (Cunha *et al.*, 1999).

### 2.3.2. ALVENARIA DE TERRA

Embora não seja expectável encontrar técnicas de construção exclusivamente em terra na maioria das grandes cidades portuguesas, a não ser talvez em anexos aos edifícios principais, é relevante fazer uma breve referencia a estas técnicas de construção pela sua importância passada e futura.

De forma generalizada a todas as regiões do país (Figura 2.4), as principais técnicas tradicionais de construção em terra são a Taipa, o Adobe e o Tabique (Parreira, 2007).

A informação constante nestes mapas, embora careça de alguma atualização, mostra que a construção em taipa é típica do sul do país, a construção em adobe é típica da região centro e o tabique é sobretudo encontrado no interior norte de Portugal.

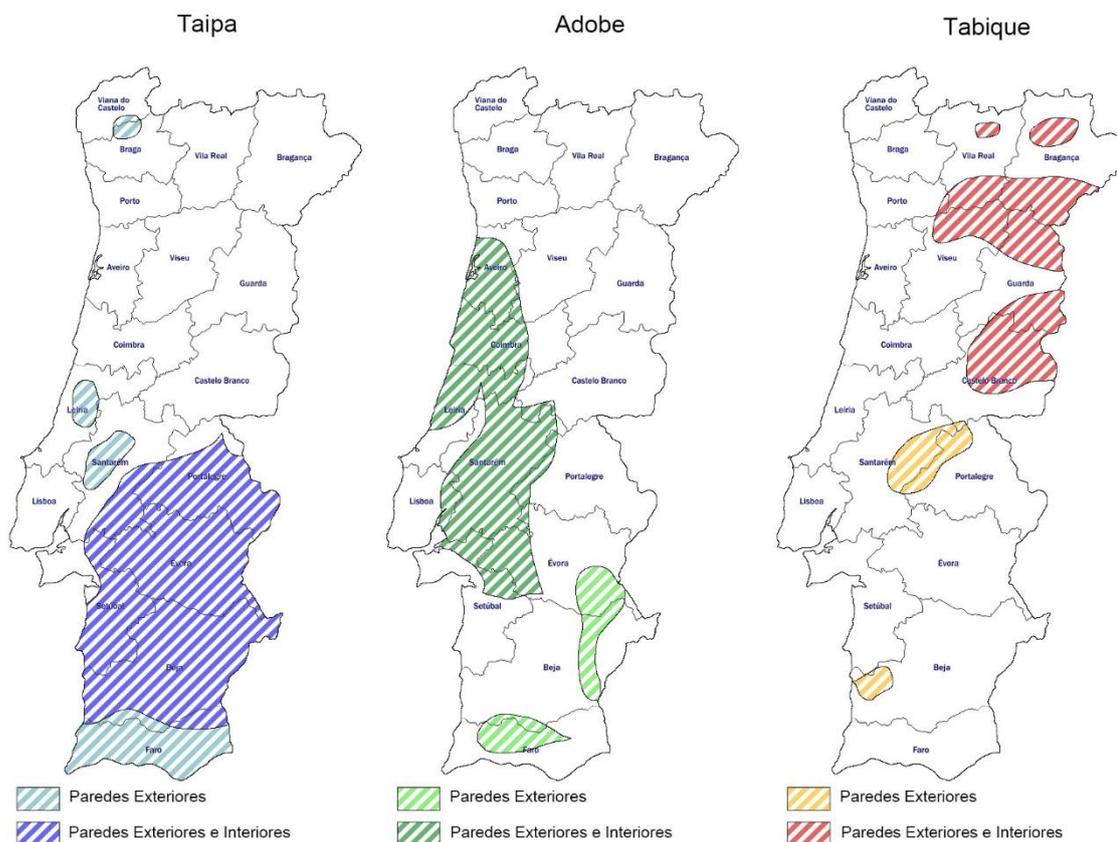


Figura 2.4 – Distribuição geográfica de técnicas tradicionais de construção em terra em Portugal (Adaptado de Jorge *et al.*, 2005)

### 2.3.2.1. TAIPA

De forma simples, a taipa é uma técnica de construção que consiste na compactação de terra argilosa crua e ligeiramente húmida, normalmente terra barrenta misturada com areia ou mais raramente pedra miúda, formando uma parede com materiais naturais, pouco trabalhados e baratos, sendo por isso associada em Portugal a camadas sociais pobres (Prista, 2005). Esta técnica de construção é utilizada em zonas secas, porque requer pouca quantidade de água (Torgal *et al.*, 2009).

A taipa é realizada com recurso a uma cofragem (Figura 2.5), designada taipal por analogia com as caixas dos carros de bois, formada por dois taipais laterais, duas comportas e quatro costeiros que, bloqueados com quatro canguetas (mais recentemente usavam-se varões roscados), fazem o travamento do molde (Torgal *et al.*, 2009). De acordo com Torgal *et al.*, (2009), em Portugal, as dimensões usuais desta cofragem são 50 cm de altura, 40 a 70 cm de largura e 2 m de comprimento. Após colocada a cofragem procede-se à introdução da terra em camadas de aproximadamente 10 cm, cada uma das quais é cuidadosamente compactada com o auxílio de pilões ou maços (Figura 2.6), antes de se introduzir nova camada. O procedimento é repetido até ao preenchimento do taipal. O taipal é seguidamente desmontado e remontado para o troço seguinte. A Figura 2.7 mostra 2 construções (uma antiga e uma recente) usando taipa.

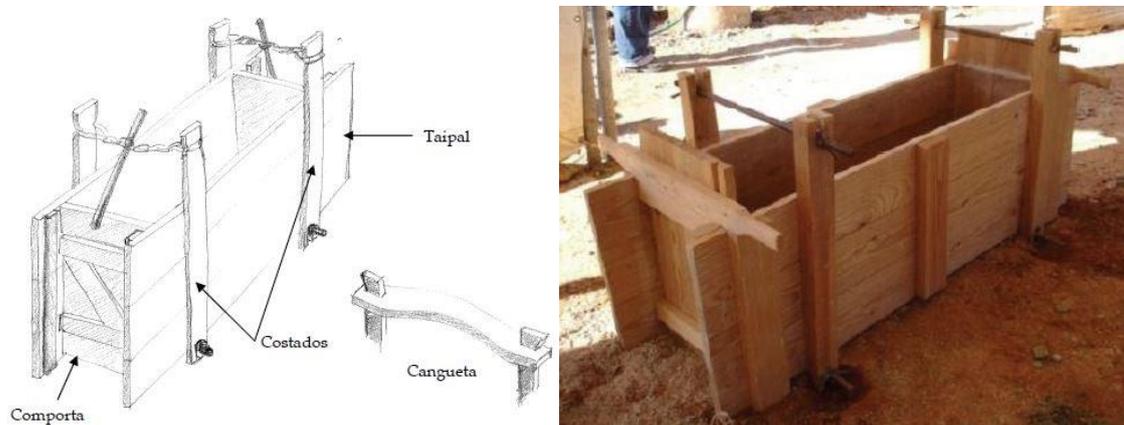


Figura 2.5 – Taipal tradicional (Torgal *et al.*, 2009)

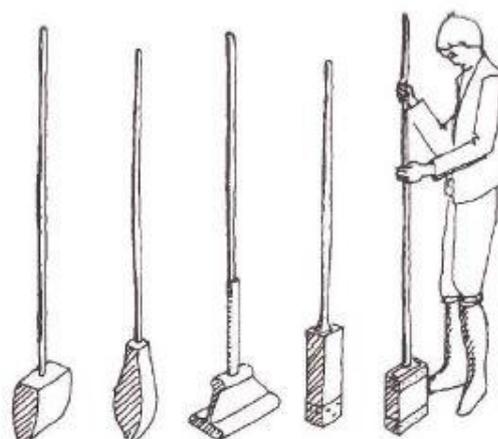


Figura 2.6 – Ferramentas para a construção em taipa (Torgal *et al.*, 2009)



Figura 2.7 – Construção em taipa no Alentejo (esq.) (Correia, 2002), edifício “NK’MIP”  
construído recentemente em taipa em Osoyoos, Canadá (dir.) (*Website* da NK’MIP)

### 2.3.2.2. ADOBE

Adobe é uma técnica de construção em terra constituída por uma alvenaria formada por blocos de terra moldados à mão ou em moldes de madeira, com forma semelhante ao tijolo convencional das construções atuais.

Por norma, utiliza-se uma mistura de areia com terra bastante argilosa, por vezes reforçada com palha para evitar fissuração, mistura essa que é moldada e seca ao sol formando os blocos de adobe. Como a matéria prima é um solo argiloso plástico, esta técnica é normalmente utilizada em locais com abundância de água (Torgal *et al.*, 2009).

Torgal *et al.* (2009) referem que a montagem da alvenaria de adobe é executada de forma bastante intuitiva, sendo o assentamento dos blocos feito com uma argamassa também à base de terra, por forma a obter-se um bom comportamento conjunto. Devido à fraca durabilidade dos blocos de adobe se expostos a humidade elevada, é necessário protegê-los tanto das chuvas como da humidade ascensional, de modo que o arranque (desde a fundação até cerca de 70 cm acima do nível do solo) era feito em alvenaria de pedra (Figura 2.8).



Figura 2.8 – Blocos de adobe (esq.), construção em adobe sobre alvenaria de pedra (dir.)

### 2.3.2.3. TABIQUE

De entre as tipologias de construção em terra referidas, o tabique é o sistema mais complexo, podendo ser definido, de forma simplificada, como uma parede constituída por uma estrutura de madeira revestida em ambas as faces por um material terroso. Constitui, portanto, uma estrutura mista em que a capacidade resistente é conferida maioritariamente pela madeira e a terra serve de enchimento e revestimento. Por vezes, como se mostrará, são igualmente usados outros materiais de enchimento, talvez com o intuito de melhor comportamento acústico da parede.

O tabique mais comum era formado por tábuas dispostas na vertical ligadas entre si por um fasquiado, ou ripado, de madeira disposto na horizontal, e pregado às tábuas. É este fasquiado que serve de suporte a um reboco à base de terra o qual pode ainda receber um acabamento em estuque (Figura 2.9).



Figura 2.9 – Construção em tabique muito degradado com destacamento quase total do reboco original (Helder, 2010, *Website Olhares*)

O tabique é frequentemente utilizado em paredes interiores de edifícios antigos, podendo também ser encontrado em paredes exteriores, principalmente no interior norte de Portugal, o que diz bastante sobre as suas características estruturais potenciais, nomeadamente em termos de resistência, rigidez e ductilidade. De facto, trata-se de uma técnica construtiva que integra o património arquitetónico do Alto Douro (Figura 2.10) (Carvalho, 2008).



Figura 2.10 – Construção em tabique muito delgado (Jorge, 2011, *Website Olhares*)

### 2.3.3. ALVENARIA DE PEDRA

Como no edifício selecionado para caso de estudo foram utilizadas técnicas de construção em alvenaria de pedra, apresentar-se-á nesta secção um resumo dessas técnicas.

Há quem diga, por exemplo Inácio (2016), que em Portugal a construção em alvenaria de pedra foi a técnica de construção dominante até ao século VII, altura em que, com a ocupação Muçulmana de grande parte da Península Ibérica (711-1492), se começaram a usar de forma mais eficaz as técnicas de construção em terra. A partir dessa altura, passaram a coexistir estas duas técnicas de construção de edifícios até meados do século passado. Mas, como é do conhecimento geral, a construção em madeira, embora menos duradoira, sempre teve uma utilização muito mais generalizada do que a construção de alvenaria (Alarcão, 2018).

Em Coimbra é expectável encontrar-se nas construções antigas pedra calcária de qualidade variada pois, segundo Cunha *et al.* (1999), a cidade assenta sobre as já referidas “Camadas de Coimbra”, compostas por calcários dolomíticos e margosos, sendo, portanto, uma pedra de fácil obtenção ou aquisição. É ainda expectável encontrar-se outro tipo de pedra calcária mais pura e nobre, a pedra de Ançã, que ao apresentar uma cor mais clara e uniforme seria utilizada nos elementos à vista como as cantarias. Infelizmente, a pedra de Ançã apresenta características

mecânicas menos interessantes em resultado da sua elevada porosidade, o que se traduziu, com o passar dos anos, na forte degradação das cantarias expostas ao ambiente.

Nos edifícios de alvenaria as paredes de pedra constituem principalmente paredes resistentes, com maior ou menor capacidade resistente conforme as suas características construtivas. Podem também ser encontradas em paredes sem função resistente (paredes interiores), em que a alvenaria é um mero material de enchimento de vãos para constituição de uma barreira física. De acordo com Pinho (1997), as paredes de alvenaria antiga classificam-se de acordo com a função desempenhada (Tabela 1) e a natureza e características dos materiais e ligantes utilizados (Tabela 2).

Tabela 1 – Classificação das paredes de edifícios de acordo com a sua função (Adaptado de Pinho, 1997)

Designação	Função
Paredes Mestras	Paredes resistentes, interiores ou exteriores, normalmente de grande espessura
Paredes Divisórias ou de Compartimentação	Dividem a área limitada pelas paredes mestras

Tabela 2 – Tipologia das paredes de alvenaria de pedra quanto à natureza, dimensão, grau de aparelho e material ligante (Adaptado de Pinho, 1997)

Designação	Observações
Paredes de alvenaria de pedra seca / Empedrados	Pedras assentes por justaposição, apenas travadas entre si, sem qualquer tipo de argamassa,
Paredes de alvenaria ordinária (corrente)	Pedras toscas, irregulares em forma e dimensão, geralmente manejáveis por um homem e ligadas por argamassa ordinária.
Parede de alvenaria de pedra aparelhada	Pedras irregulares aparelhadas numa das faces e assentes em argamassa ordinária.
Parede de cantaria (silharia)	Pedra com as faces devidamente aparelhadas (cantaria), geralmente de grandes dimensões e com formas geométricas definidas, assentes com argamassa ou apenas sobrepostas e justapostas.

De modo a melhor classificar as alvenarias de pedra devem avaliar-se quatro parâmetros: a pedra, a secção, o assentamento e a argamassa (Roque, 2002).

Para Costa (1971e) apesar da argamassa ter papel primordial, a pedra é o elemento mais importante deste tipo de alvenaria, pois é ela que dá o volume substancial à parede. Costa (1971e) explica também que a boa pedra é aquela que resiste às roturas e esmagamentos, que não é suscetível de ser atacada pelo ar e pela água e que está isenta de terras.

Do que diz respeito à forma, a pedra utilizada em alvenaria pode ser aparelhada ou regular (Figura 2.11), se foi trabalhada antes de ser aplicada, ou, ainda, irregular (Figura 2.12), se mantém o aspeto de quando foi extraída da pedreira (Mota, 2009).

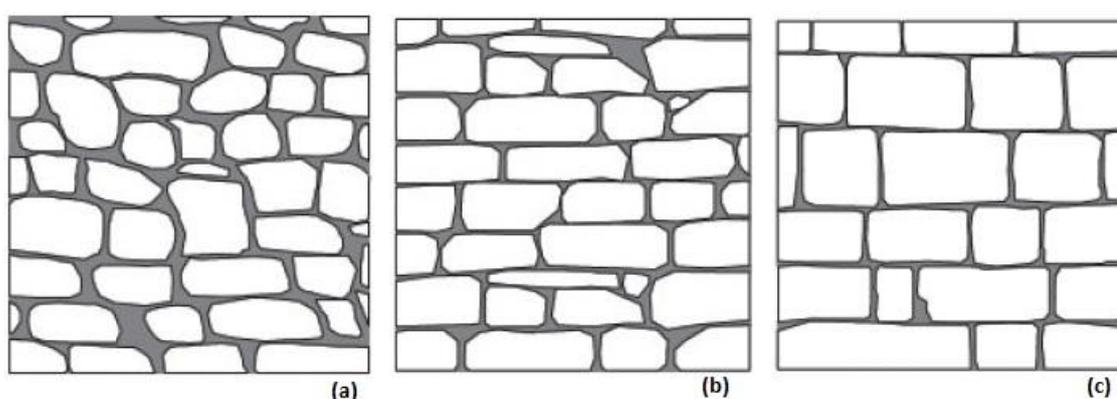


Figura 2.11 – (a) Alvenaria de pedra aparelhada, (b) alvenaria regular, (c) alvenaria com pedra de boa qualidade (Candeias *et al.*, 2020)

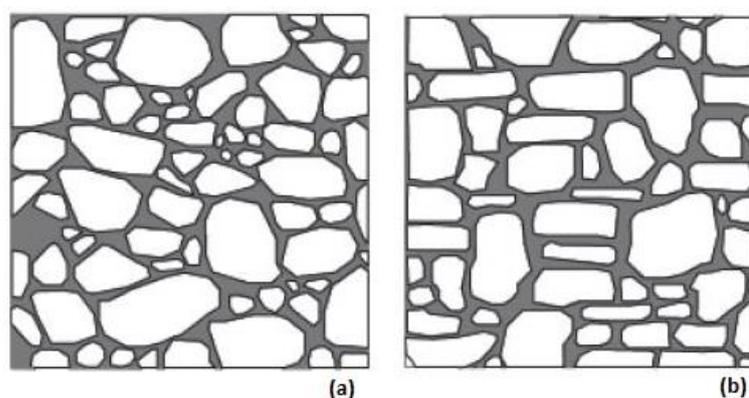


Figura 2.12 – (a) Alvenaria de pedra irregular distribuída erráticamente, (b) alvenaria de pedra não aparelhada (Candeias *et al.*, 2020)

No que à secção deste tipo de alvenaria diz respeito, Costa (1971e) refere que as paredes estruturais em alvenaria de pedra têm espessura variável em altura, diminuindo a sua espessura em cerca de 10 cm a cada piso – não devendo, porém, se a alvenaria não for associada a uma estrutura de madeira, ser inferior a 40 cm no último piso do edifício. É assim imediato concluir que em pisos com vários andares, ao nível da cota de soleira mais baixa, as paredes totalmente feitas em alvenaria de pedra podem facilmente ter uma espessura entre os 70 e 100 cm.

A análise da secção de uma parede em alvenaria de pedra permite avaliar uma série de características com influência direta na resistência da parede, como o número de paramentos (panos) e respetiva espessura, o imbricamento entre paramentos, a presença de elementos transversais à parede (perpianhos), os materiais que a constituem e as respetivas percentagens (Mota, 2009). As secções dos tipos de parede em alvenaria de pedra referente ao exposto na Figura 2.11 e Figura 2.12, podem ser vistas na Figura 2.13: (a) secção com pedra de dimensões variáveis; (b) secção regular com blocos de pedra aparelhada na face exterior; (c) secção com pedras de grande dimensão e boa qualidade com presença de perpianhos, aparelhada nas 4 faces; (d) secção com seixos e pedra irregulares distribuídas de forma errática; (e) secção com duas folhas externas e núcleo central de enchimento (três paramentos).

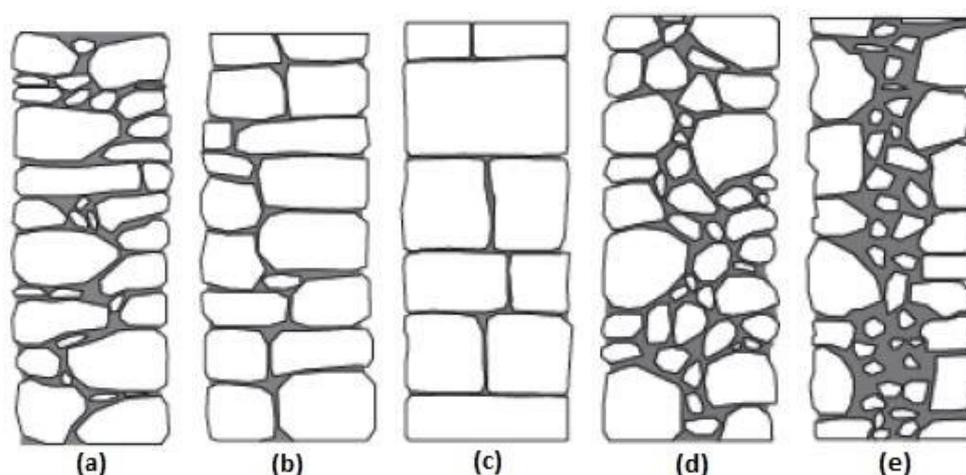


Figura 2.13 – Secção de uma parede em alvenaria de pedra (a) aparelhada, (b) regular, (c) de boa qualidade, (d) irregular, (e) irregular com núcleo de enchimento (Candeias *et al.*, 2020)

Através da maior ou menor área de contacto que proporciona, o assentamento está diretamente relacionado com a resistência de uma parede em alvenaria de pedra. Este assentamento era originalmente feito sem argamassa, por justaposição ou sobreposição das pedras quando estas eram aparelhadas ou imbricando as pedras irregulares com pedra pequenas entre as pedras maiores a servir de calços (Costa, 1971e). Têm-se assim assentamentos que formam os mais diversos tipos de aparelho, como mostra a Figura 2.14.

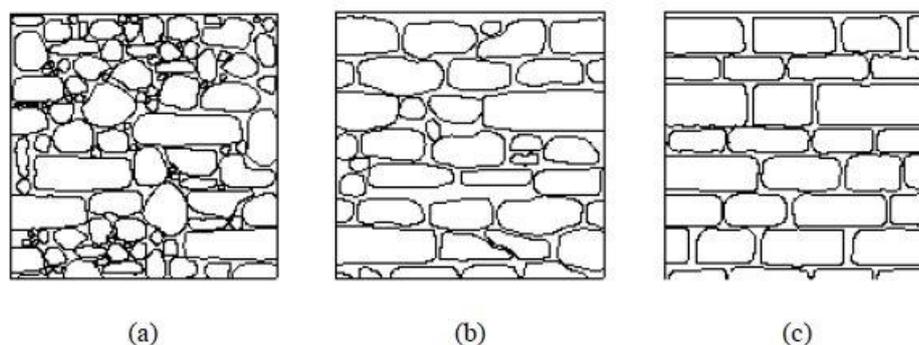


Figura 2.14 – Classificação das alvenarias de pedra quanto ao tipo de aparelho (Mota, 2009):  
(a) juntas desalinhadas; (b) juntas irregulares alinhadas; (c) juntas regulares alinhadas.

Costa (1971e) diz que, com o desenvolvimento das argamassas, as paredes de alvenaria em pedra aparelhada foram desaparecendo, uma vez que com fragmentos irregulares de pedra e argamassa podem construir-se paredes melhores, porque o conjunto formado pela pedra (irregular) e pela argamassa constitui um bloco sólido e com grande durabilidade.

Mota (2009) refere que a argamassa de ligação era muito influenciada pelos materiais disponíveis no local, pelo que a sua composição química difere de local para local. Contudo, as argamassas mais comuns, chamadas argamassas ordinárias, variavam entre o barro e as misturas de cal e areia. Appleton (2011) refere que estas argamassas devem ser compatíveis com os restantes materiais da parede, ou seja, apresentar boa capacidade de deformação, boa resistência mecânica e alta permeabilidade ao vapor de água.

#### 2.3.4. CONSTRUÇÃO POMBALINA

No sismo de 1755 em Lisboa, as estruturas de alvenaria de pedra revelaram uma clara dificuldade em dissipar a energia transmitida que lhes foi transmitida pelas ondas sísmicas, com os efeitos devastadores bem conhecidos. Este mau desempenho levou à tentativa de utilizar novas técnicas mais estáveis e dúcteis e, ao mesmo tempo, baratas de construir edifícios. Assim, aproveitando o vasto conhecimento da indústria da construção naval portuguesa, que usava com eficácia estruturas de madeira para resistir à ação dinâmica das ondas do mar (LNEC, 2005), começou a associar-se de forma generalizada a madeira à alvenaria.

Os “engenheiros” da época, com base no conhecimento das estruturas treliçadas de madeira existentes noutros países europeus, das estruturas das grandes embarcações e em algumas tentativas de simular a ação do sismo, desenvolveram a uma estrutura tridimensional treliçada de madeira (Figura 2.15) denominada de “Gaiola Pombalina” (Azevedo, 2010).

A gaiola baseia-se em paredes de frontal e paredes de tabique. Os frontais para as divisórias mais espessas e tabique para as mais delgadas. Ambas recebem os vigamentos de piso. A estrutura de madeira que suporta estes frontais pombalinos é constituída por elementos verticais, horizontais e diagonais em santor (cruz de Santo André), num conjunto treliçado, ou seja, formado por triângulos, de elevada resistência às ações cíclicas (Figura 2.16). A geometria triangular tem a particularidade de não se poder deformar sem variar o comprimento dos lados (contrariamente à configuração retangular), pelo que ainda hoje é amplamente usada em estruturas (madeira, metálicas e betão armado).



Figura 2.15 – Modelo estrutural da Gaiola Pombalina (*Website* do LNEC)

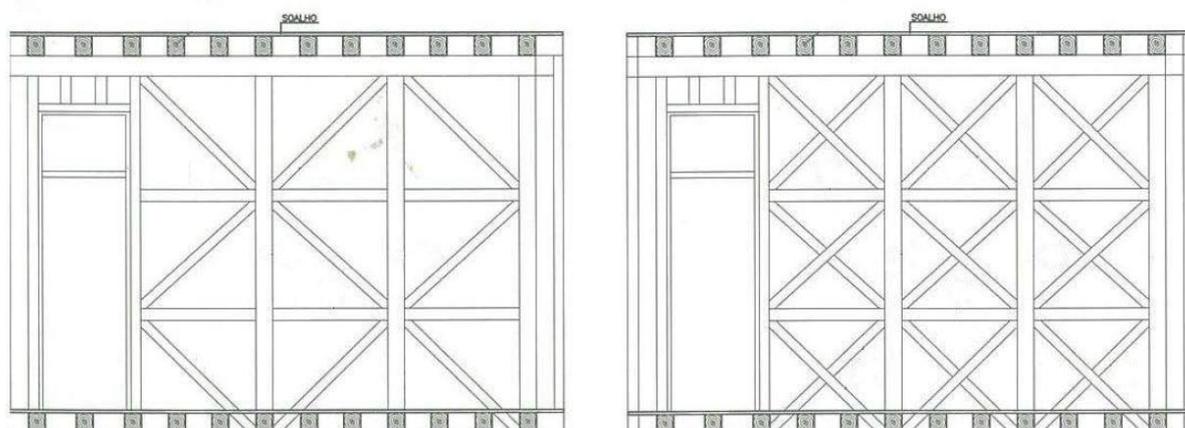


Figura 2.16 – Exemplos de cruzes de Santo André (Adaptado de Teixeira, 2008)

Existem dois tipos de frontais, a saber: os **frontais à francesa** (ou frontais forrados) (Figura 2.17), constituídos por prumos com secção 8x8 cm, colocados na vertical sobre as quais se prega, em ambas as faces, um forro de tábuas e, sobre estas, fasquias espaçadas de 4 cm. Entre prumos, a meia altura, são metidos elementos horizontais e diagonais que servem de travamento à estrutura. A espessura deste frontal é aproximadamente 15 cm (Costa, 1971h); os **frontais à galega** (Figura 2.18), segundo Costa (1971h) de construção muito prática, são constituídos por prumos de secção 10x10 cm, colocados na vertical alinhados com as vigas de pavimento, sobre os quais se pregam, em ambas as faces, ripas espaçadas de aproximadamente 40 cm.

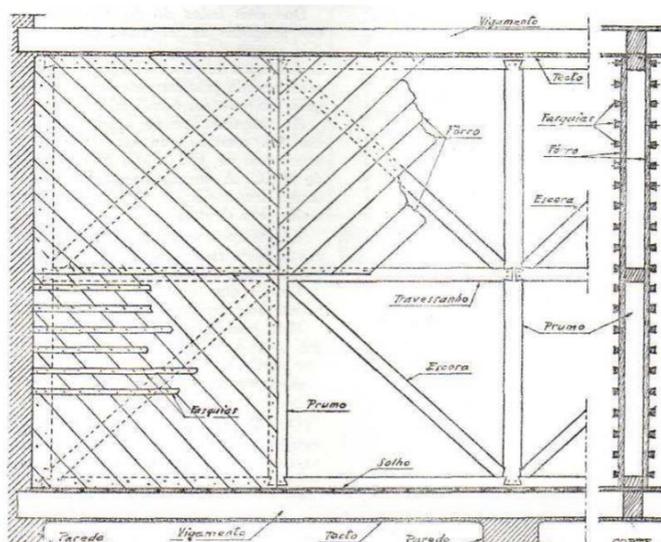


Figura 2.17 – Frontal à francesa (Costa, 1971-h)

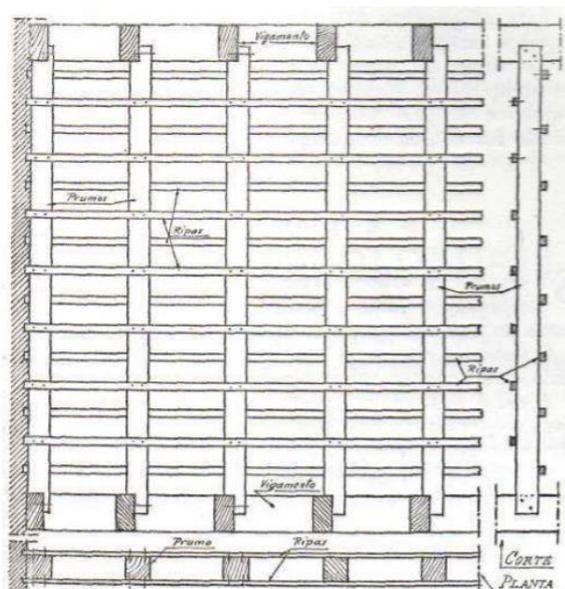


Figura 2.18 – Frontal à galega (Costa, 1971h)

Numa construção pombalina, as paredes de frontal encontram-se dispostas em duas direções horizontais ortogonais (Figura 2.19), resistindo a parte da carga vertical e travando a estrutura. No entanto, podem-se também encontrar edifícios com paredes de frontal apenas na direção perpendicular à parede de fachada, resultando numa solução menos resistente (Teixeira, 2008). As madeiras geralmente utilizadas são o carvalho, pinho bravo e a casquinha (Appleton, 2011).

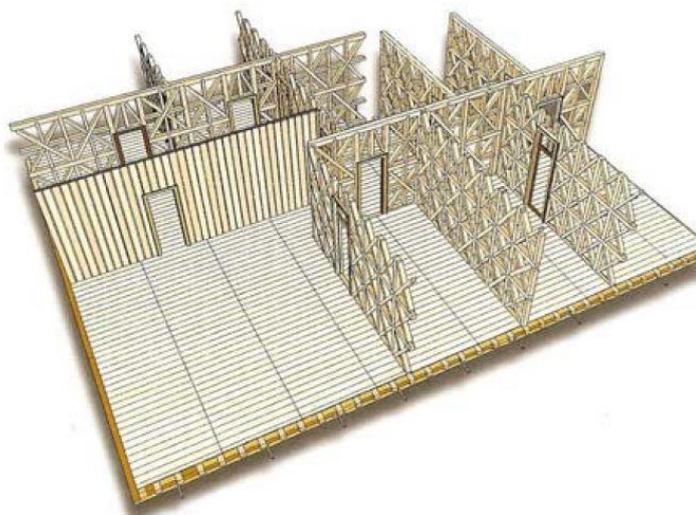


Figura 2.19 – Esquema de estrutura de madeira de um edifício pombalino incluindo frontais e tabique (Appleton, 2011)

De modo a proteger a madeira da ação da água, seja por capilaridade ou subida no nível das águas durante as cheias, o piso térreo dos edifícios com construção pombalina continuou a ser construído em alvenaria de pedra. Assim, a “Gaiola” limitava-se aos restantes pisos, geralmente destinados à habitação (Lopes *et al.*, 2005).

#### **2.3.4.1. EDIFÍCIO GAIOLEIRO**

Com memória do sismo cada vez mais distante, o rigor construtivo da construção pombalina foi-se perdendo, tendo surgido um sistema construtivo mais simplificado da “Gaiola Pombalina”. Estes edifícios, designados por edifícios “Gaioleiros”, segundo Appleton (2011), são um desastre construtivo, pois além de se começar a construir mais alto, a simplificação da “Gaiola” levou a paredes cada vez menos espessas, utilização de madeiras menos resistentes e, por vezes, ao desaparecimento de alguns elementos estruturais, como os elementos diagonais que conferiam à estrutura “a resistência do triângulo”.

Para este trabalho é relevante compreender o edifício “Gaioleiro”, pois, tendo esta sido a “última evolução” do edifício pombalino antes do advento do betão, é o tipo de construção mais provável de ser encontrado no caso de estudo do capítulo 3.

#### **2.3.4.2. COMPARTIMENTAÇÃO**

Nesta secção considera-se que uma parede de compartimentação ou divisória é aquela que foi concebida para desempenhar apenas o papel de elemento de separação de espaços interiores do edifício, e para a qual, portanto, no projeto não foi atribuída qualquer função estrutural (respeitante ao comportamento global da estrutura).

Em edifícios antigos, as paredes desempenham quase sempre um papel estrutural, pois mesmo quando não recebem diretamente cargas, têm um papel importante no travamento global da estrutura. Além disso, com o passar dos anos, a degradação das estruturas mais antigas, por fluência dos materiais, ataque de fungos e insetos, etc., levou à redistribuição das cargas pelos diversos elementos estruturais e não estruturais, tornado muitas vezes as próprias paredes de compartimentação ativas, o que pode muito frequentemente ser detetado por observação direta (Appleton, 2011).

Apesar de existirem paredes divisórias em adobe ou taipa, usadas em zonas ricas (Appleton, 2011), o caso de maior interesse a este trabalho são as paredes divisórias de tabique, paredes estas que foram construídas de forma generalizada por todo o país no período em estudo, 1850 a 1940.

Para Costa (1971h), há fundamentalmente três tipos de tabique: o **tabique simples** (Figura 2.20) é constituído por tábuas colocadas na vertical, pregadas em baixo ao soalho e em cima às vigas de teto. Possuem prumos, travessas e diagonais de reforço estrutural, e fasquiado em ambos os lados para posterior acabamento a reboco; o **tabique de duas faces** (Figura 2.21) é constituído por duas fiadas de tábuas, uma em cada face e pregadas em sentidos opostos. Também este possui prumos, travessas e diagonais de reforço estrutural, e fasquiado em ambos os lados para posterior acabamento a reboco; o **tabique aliviado** (Figura 2.22) é destinado a zonas onde o pavimento não podia suportar cargas. A sua construção inicia-se com a pregagem de um “frechal” ao vigamento do andar de cima, seguindo-se o assentamento de duas “aspas” que, partindo de cada uma das vigas do pavimento, alcançam o “frechal”. Às “aspas” são pregadas, em ambos os lados, tábuas na vertical e sobre estas um fasquiado para posterior acabamento a reboco.

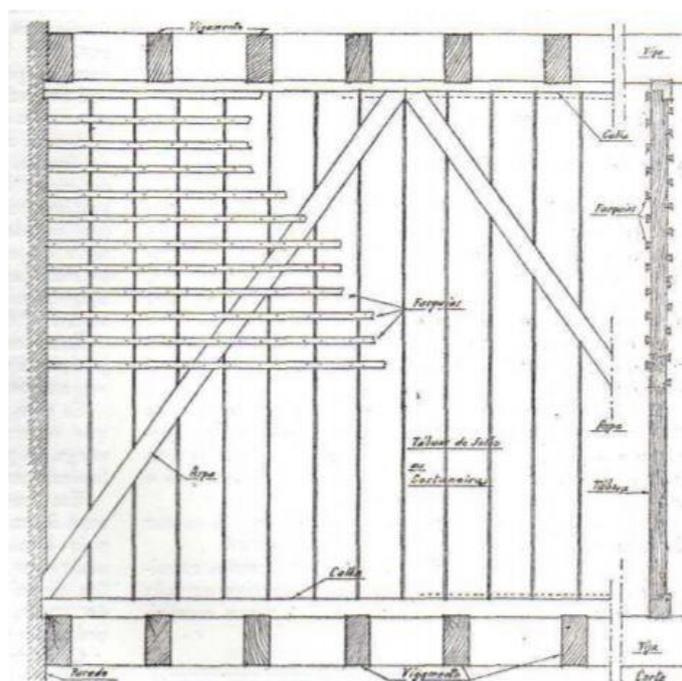


Figura 2.20 – Tabique simples (Costa, 1971h)

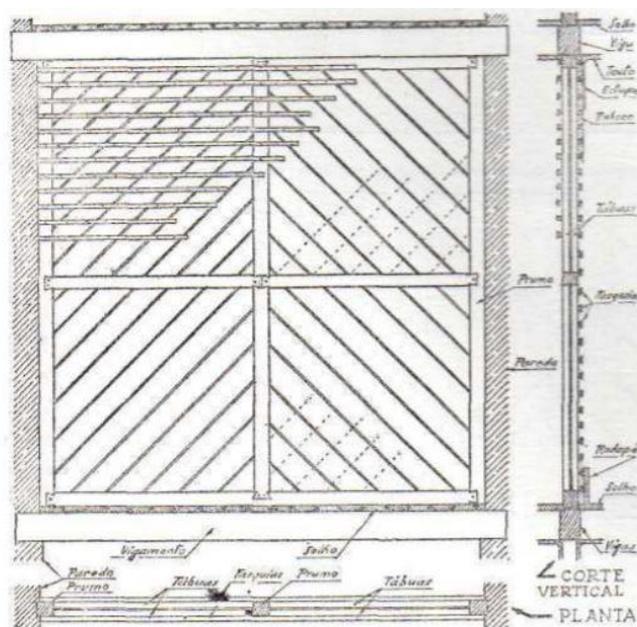


Figura 2.21 – Tabique de duas faces (Costa, 1971h)

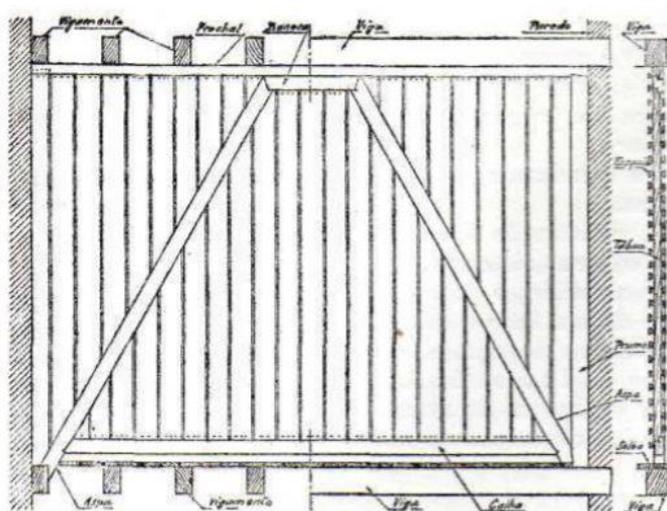


Figura 2.22 – Tabique de aliviado ou suspenso (Costa, 1971h)

O tabique, assim como aconteceu com outras técnicas, foi sofrendo alterações ao longo dos anos. Porém, para Appleton (2011), aquilo que era um sistema de construção de excelência foi-se transformando, devido à ganância dos construtores que se sobrepôs ao conhecimento e competência técnica, num sistema cada vez mais frágil, que permite explicar o elevado número de acidentes que continuamente afetam a segurança das construções datadas especialmente do período de 1850 a 1940.

### 2.3.4.3. TELHADOS

Hoje em dia, é comum verem-se edifícios de arquitetura contemporânea com várias soluções para a cobertura, como a cobertura plana ou em chapa “sandwich”. Estas coberturas são resultado da insaciável busca do Homem por soluções melhores que as já existentes, num processo de inovação incessante, estando as novas soluções muito frequentemente associadas a novos materiais.

Mas, em edifícios antigos, as coberturas apresentam-se predominantemente inclinadas, sendo as coberturas planas, em muito menor número, usadas apenas quando se pretendia obter um terraço. A estrutura das coberturas planas era baseada em arcos e abóbadas, praticamente sem elementos de madeira, devido a problemas evidentes de durabilidade.

Apesar da predominância das coberturas inclinadas, existem várias soluções com variações no que se refere à geometria, materiais estruturais, revestimentos e isolamentos (Appleton, 2011): a **inclinação** varia com a maior ou menor precipitação ou existência de neve; a **forma** varia com a utilização a dar ao espaço entre o último piso e a própria cobertura; a **complexidade** aumenta em edifícios de maior dimensão. Só por si, a combinação destas três características cria um variado número de soluções.

A título de exemplo tem-se, o telhado de uma água (Figura 2.23a), de duas águas (Figura 2.23b), de três águas (Figura 2.23c), de quatro águas (Figura 2.23d), de trapeiras (Figura 2.23e) e de mansarda (Figura 2.23f).

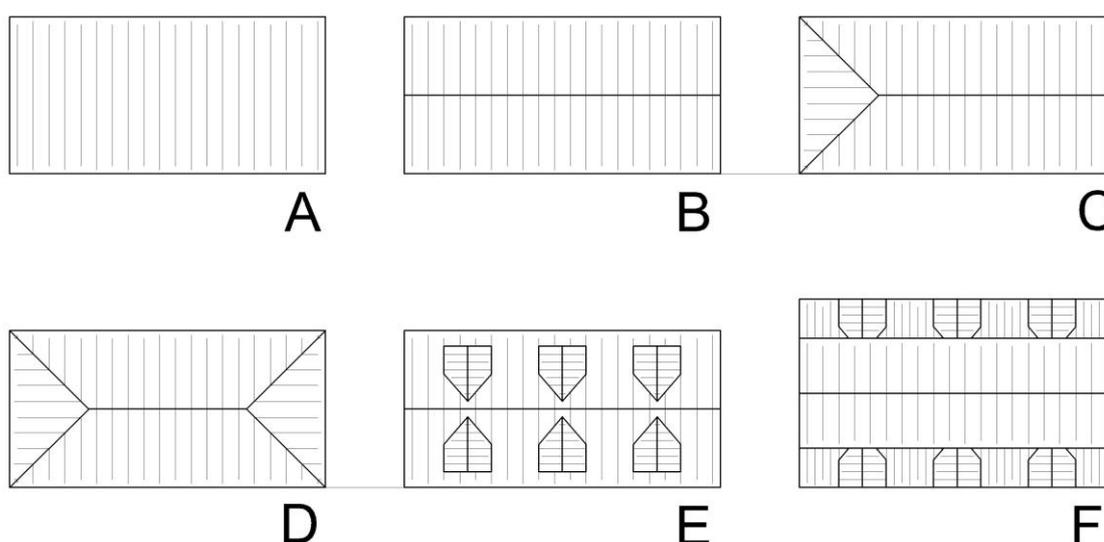


Figura 2.23 – Exemplos dos telhados mais usais à época

Apesar desta diversidade, Teixeira (2008) diz que, em edifícios posteriores ao sismo de 1755, podem distinguir-se dois tipos de coberturas principais: “O primeiro, da autoria de Eugénio dos Santos, é constituído por estrutura simples triangular de duas águas, geralmente simétricas. O segundo tipo, da autoria de Carlos Mardel, corresponde a coberturas amansardadas”. Existiam ainda telhados de três e quatro águas, os quais, de acordo com Teixeira (2008), eram usados apenas em edifícios de gaveto.

Costa (1971c) refere que o **telhado de duas** águas regulares de inclinação constante pode ser construído pelos sistemas “ordinário” e de “asnatura”.

O **sistema ordinário** (Figura 2.24) é um sistema muito simples, constituído por vários elementos de madeira, a saber: a fileira, colocada na horizontal no ponto mais alto do telhado; a madre, colocada na horizontal – consoante a largura do telhado, cada vertente pode ter uma ou mais madres, espaçadas entre si de uma distancia que deve ir de 3 a 3,5 m; o frechal, assente sobre as paredes no seu paramento interior; os prumos, espaçados de 2 a 2,5 m e colocados na vertical entre o vigamento do teto do último piso e a fileira e madres; as varas, elementos entalhados e perpendiculares à fileira, madres e frechais; as ripas, pregadas às varas, espaçadas consoante a telha que se pretende aplicar (Costa 1971c).

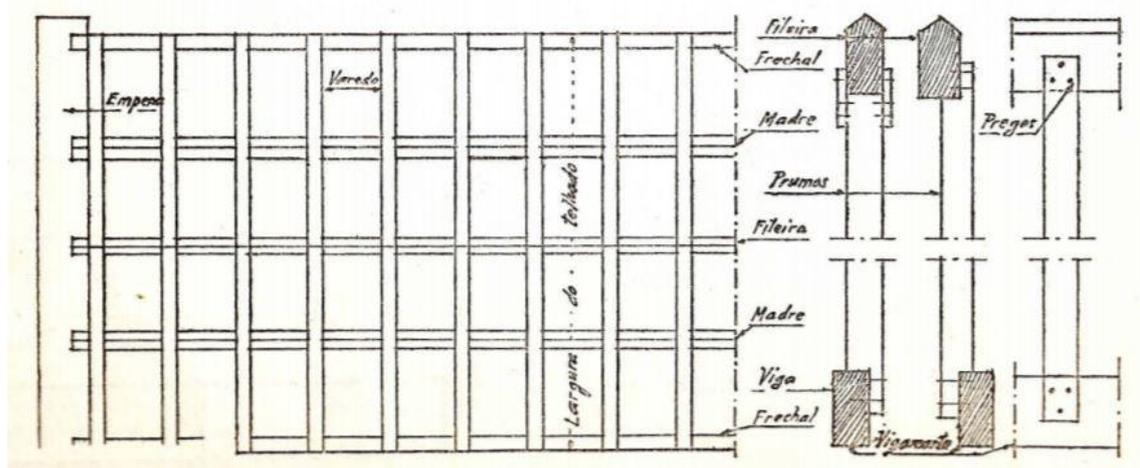


Figura 2.24 – Planta de um sistema ordinário (Costa, 1971c)

O **sistema de asnatura**, segundo Costa (1971c) torna mais sólida e homogénea uma cobertura, mormente de um grande edifício. Este sistema apresenta a fileira, madres, varas e ripas, tal como o sistema ordinário, apenas varia na utilização de asnas em vez de prumos para sustentar a fileira e as madres, sendo apoiado apenas nos frechais. Assim, pode-se descrever a asna simples (Figura 2.25), que é constituída por: uma linha, em posição horizontal na parte inferior

da asna; duas pernas, assentes sobre a linha com a inclinação a dar à vertente do telhado; o pendural, apertado verticalmente no vértice do telhado pelas pernas; as escoras, inclinadas, ligam as pernas ao pendural (Teixeira, 2008), e que, conjuntamente com o pendural, suportam axialmente as madres.

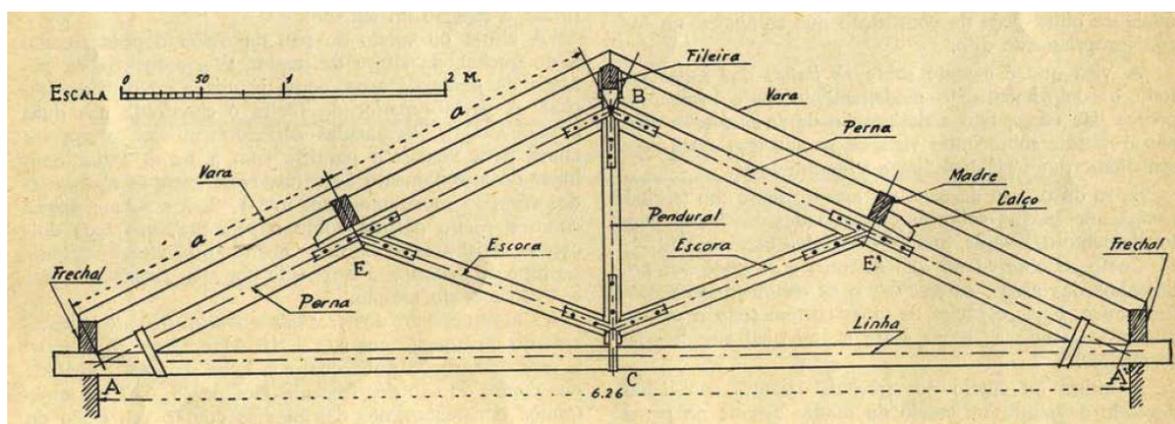


Figura 2.25 – Esquema de asna simples (Costa, 1971)

Costa (1971c) refere que o **telhado de mansarda** (Figura 2.26) é uma variante do telhado de duas águas, diferindo deste no facto de elevar as “duas águas” superiores de modo a proporcionar um melhor aproveitamento do espaço criado entre o telhado e o teto do último piso.

Assim, o telhado de mansarda também apresenta fileira, madres, varas e ripas, à semelhança dos sistemas “ordinário” e de “asnatura”. No entanto, adicionalmente ao sistema de “asnatura”, apresenta elementos, designados de pernas de força, que apoiam a asna no paramento interior das paredes exteriores, criando um aproveitamento de espaço no sótão.

Comum aos vários sistemas de “asnatura” são os elementos metálicos que fazem a samblagem dos elementos de madeira. Estas ferragens, designadas como cruzetas, pés de galinha, tês, esquadros, etc., apresentam-se esquematizadas na Figura 2.27.

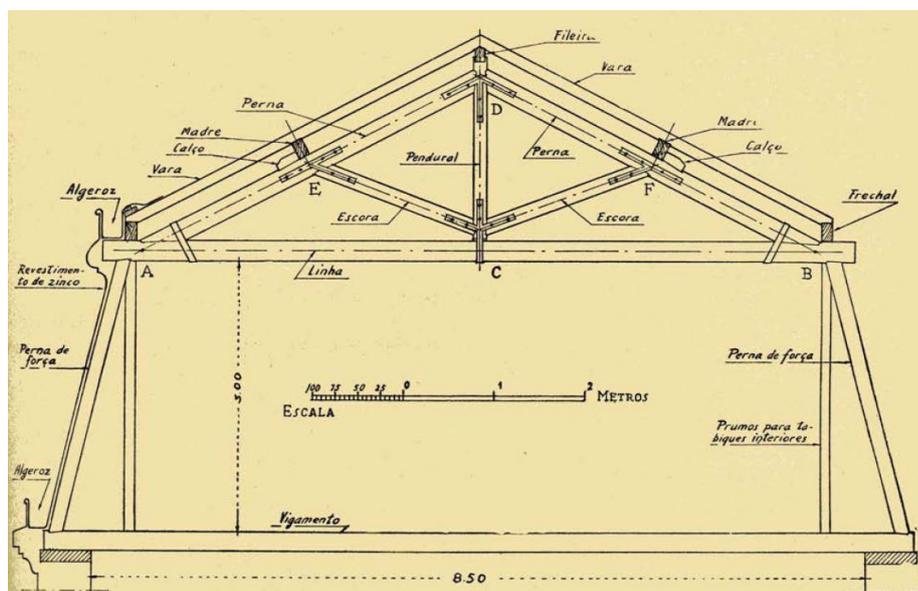


Figura 2.26 – Esquema de asna (pernas de força mais a asna propriamente dita) de mansarda (Costa, 1971a)

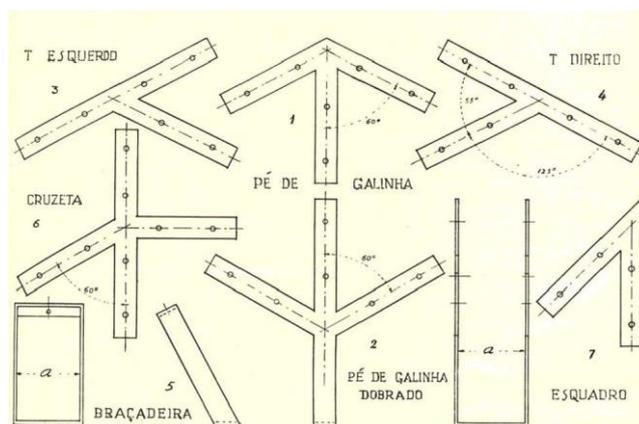


Figura 2.27 – Diversas ferragens das asnas (Costa, 1971)

### 2.3.4.4. ESCADAS

À semelhança do que se encontra em edifícios contemporâneos, nos edifícios antigos as escadas diferem não só de edifício para edifício, mas também dentro do mesmo edifício em virtude de diversas condições. É assim habitual ter-se o primeiro lanço de escadas, normalmente só até meio piso, em pedra, para evitar o contacto da escada com a água (Appleton, 2011). Nas restantes elevações a escada podia ser apoiada correntemente de duas formas: (a) apoiando as vigas longitudinais da escada, designadas de “pernas”, em paredes laterais que se assemelham

aos frontais (paredes resistentes), ou seja, elementos de madeira ligados entre si e preenchido com alvenaria de pedra miúda, ou (b) apoiando as vigas longitudinais (pernas) sobre outras vigas, designadas de “cadeias”, localizadas no pavimento dos pisos e no patamar intermédio. Este patamar é uma pequena plataforma construída entre dois lanços de escadas, geralmente apoiados na “cadeia” e numa das empenas (Appleton, 2011).

#### 2.3.4.5. PAVIMENTOS

Embora também fossem usados pavimentos sustentados por arcos e abóbadas de alvenaria de pedra, em pisos elevados, de modo a evitar o contacto direto com a água, os pavimentos de madeira eram a regra na generalidade dos edifícios antigos. Os tipos de madeira utilizados eram frequentemente os encontrados na região, sendo o castanho, o choupo e o carvalho as escolhas mais comuns até ao século XVIII. Com interesse para este trabalho, refira-se que nos séculos mais recentes, o pinho, pela sua abundância no País, passou a ser a principal fonte de abastecimento das estruturas de madeira, podendo ainda, mas mais raramente, encontrar-se estruturas de eucalipto ou casquinha (*pinus silvestris*) (Appleton, 2011).

De acordo com Sousa (2003), os vigamentos principais eram colocados paralelamente, apoiados nas paredes, com afastamento entre eixos de 20 a 40 cm, sendo que o afastamento recomendável era igual à largura das próprias vigas. Segundo Appleton (2011), esta recomendação foi usada principalmente enquanto se conservava a memória do sismo de 1755, sendo que, com o passar dos anos, foram-se empregando vigas cada vez mais esbeltas e com afastamento entre eixos cada vez maior, até atingir os 40 a 50 cm.

Embora abundante, o pinho tem algumas limitações, como seja a dificuldade em encontrar troncos com diâmetro suficientemente grandes para produzir vigas com grande altura. Por isso, as vigas de madeira tinham altura igual ou inferior a 20 cm, o que limitava os vãos que podiam vencer (Appleton, 2011). Para vencer vãos até 4 m usavam-se vigas com secção 10x18 cm, enquanto que para vãos até 6 m se usava uma secção de 12x20 cm (Costa, 1971b). Também eram frequentes vigas com largura idêntica à altura, ou seja, secção quase quadrada (Teixeira, 2008).

Costa (1971b) refere que se pode fazer a ligação entre as paredes resistentes e o vigamento do pavimento de duas formas principais: (a) por assentamento direto das vigas do pavimento na parede, com inserção das mesmas em aberturas na parede (Figura 2.28) com profundidade aproximada de 25 a 30 cm, ou (b) por assentamento das vigas do pavimento sobre frechais, já referidos a propósito das coberturas, que são vigas de madeira que correm sobre a última fiada da parede de frontal ou integradas na alvenaria da parede (Figura 2.29). Para garantir uma boa

ligação entre as vigas e os frechais, abre-se nestas um “dente de cão” (pequena caixa com 1 cm de profundidade) que entra apertadamente no frechal (Costa, 1971b).

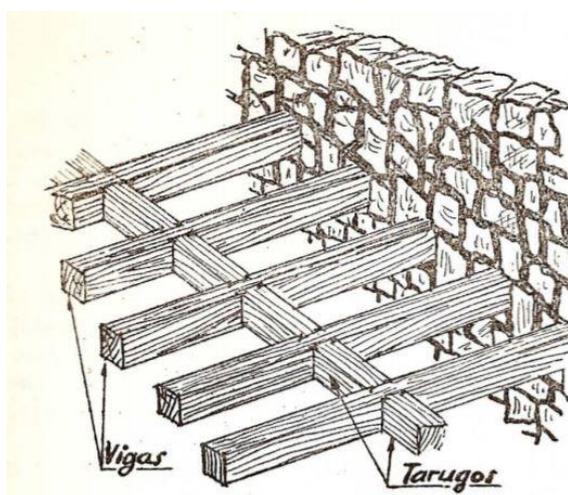


Figura 2.28 – Assentamento de vigas diretamente na parede (Costa, 1971b)

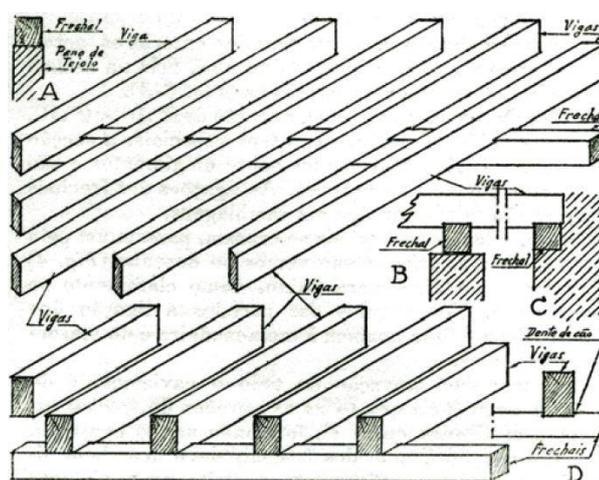


Figura 2.29 – Assentamento de vigas em frechais (Costa, 1971b)

Costa (1971b) refere que por melhores que sejam as secções do vigeamento, em termos de dimensões e corte, e mesmo que o espaçamento seja pequeno, haverá sempre a presença de alguma oscilação devido à torção das vigas. Pode-se evitar esta oscilação com um sistema de tarugamento (Figura 2.30). Os tarugos são peças de madeira com comprimento igual ao espaço entre as vigas principais, apertados de cima para baixo, que travam os pisos perpendicularmente às mesmas.

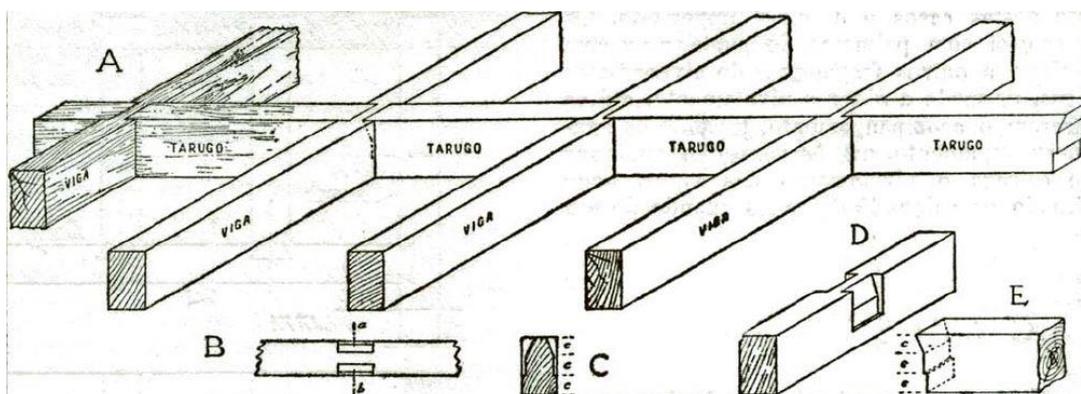


Figura 2.30 – Tarugamento. (A) vista geral, (B) vista superior, (C) corte da viga pelo entalhe, (D) entalhe, (E) tipo do tarugo (Costa, 1971b)

Os revestimentos dos pavimentos de edifícios antigos são geralmente de madeira, excetuando-se os pavimentos térreos onde se observa o uso de lajetas de pedra ou ladrilhos cerâmicos (Appleton, 2011). Mais concretamente, utilizam-se tábuas de solho corrente, com espessura entre os 20 e 30 mm, colocadas lado a lado com dois tipos principais de sobreposição (Teixeira, 2008): meia madeira no soalho à portuguesa (Figura 2.31) ou encaixe (macho-fêmea) no soalho à inglesa (Figura 2.32).

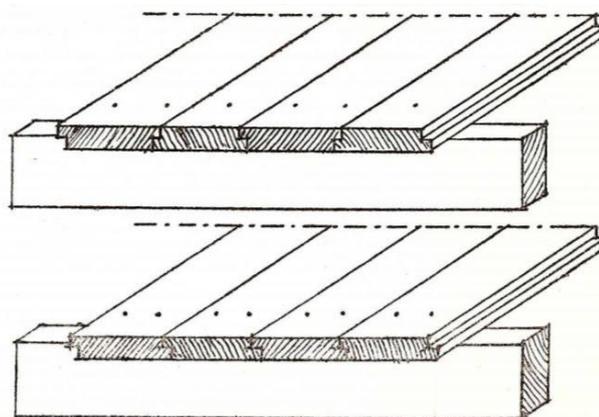


Figura 2.31 – Soalho à portuguesa (Costa, 1971b)

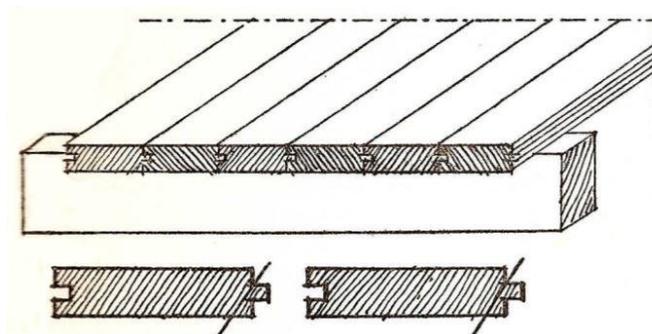


Figura 2.32 – Soalho à inglesa (Costa, 1971b)

### 2.3.4.6. TETOS

De acordo com Appleton (2011), quando o pavimento era executado em estrutura de madeira, existiam três soluções correntemente utilizadas nos tetos. A primeira chamada de “saia e camisa”, consiste na colocação de pranchas de madeira sobrepostas (Figura 2.33). A segunda solução consiste na pregagem de um fasquiado de madeira (Figura 2.34), perpendicular ao vigaamento, rebocado com duas camadas de argamassa fraca de areia e cal, “pardo” e “esboço”, e estucado com estuque à base de cal e gesso. O fasquiado, quando de pinho, era embebido em água durante algum tempo de modo a ser aplicado húmido e minimizar a fissuração do reboco. Por último, na solução usada em construções eruditas e nobres, o estuque era trabalhado e moldado em formas mais ou menos complexas, por norma temas florais e figuras.

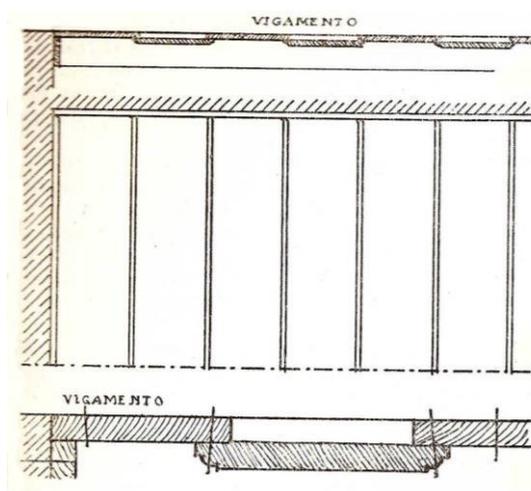


Figura 2.33 – Teto saia e camisa (Costa, 1971d)

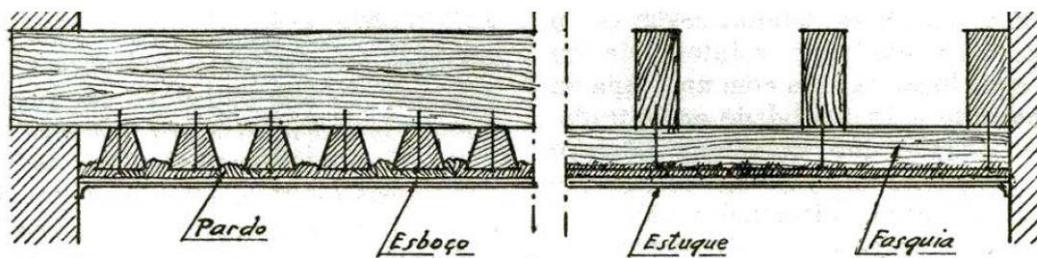


Figura 2.34 – Teto fasquiado, rebocado e estucado (Costa, 1971d)

### 2.3.4.7. VÃOS

Vão, que significa vazio ou oco, é a designação que se dá a abertura nas paredes das edificações. Estes vãos podem ser de dois tipos: (a) vão de janela, que podem ser de peito, de varanda e de sacada, proporcionam às edificações entradas de luz e ar, e pontos de observação para o exterior e (b) vão de porta, serve para passagem pedonal de acesso ao interior do edifício.

Sabe-se por experiência que a existência de vãos provoca grandes concentrações de esforços nos elementos estruturais que os envolve, motivo pelo qual é necessário colocar, nestas zonas, elementos que reforcem a parede. A forma mais simples de reforço consiste em criar um elemento horizontal, designado de lintel, verga ou padieira, que apoiado nas duas extremidades, cobre a abertura (Figura 2.35). Esta técnica só podia ser usada em vãos pequenos, uma vez que os materiais usados à época, ou seja, a madeira e a pedra, têm uma capacidade resistente à flexão muito limitada. Esta e outras limitações, levou à utilização de outra técnica de utilização comum, os arcos de descarga, que funcionam por efeito de arco (Figura 2.35) (Appleton, 2011).

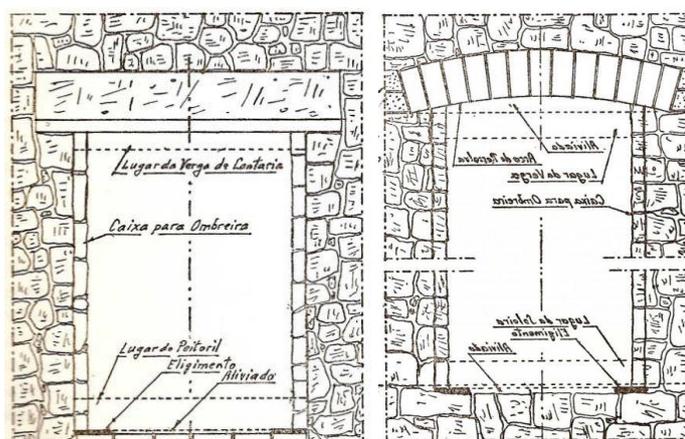


Figura 2.35 – Elemento verga/lintel (esq.), arco (dir.) (Costa, 1971f)

Em cima dos vãos de portas e janelas, são então colocados arcos que podem ser constituídos por elementos de pedra ou de tijolo maciço, a fim de suportarem a alvenaria que lhes fica por cima (Costa, 1971f). No caso dos arcos em pedra (Figura 2.36), mais comuns em construções muito antigas, esta é trabalhada de modo a que, depois de assentes, por justaposição ou com uma argamassa, estes formem um arco. No caso dos arcos em tijolo maciço (Figura 2.36), são usados tijolos iguais, de forma paralelepípedica, onde a forma em arco é conseguida fazendo variar a espessura da junta de argamassa (Appleton, 2011).



Figura 2.36 – Abertura com arco em pedra (esq.) e tijolo maciço (dir.)

Appleton (2011) refere ainda que, para além da padieira, é necessário reforçar as faces verticais do contorno da abertura, uma vez que estas têm que suportar as extremidades da padieira. Consegue-se este reforço através, por exemplo, da colocação de pedras de cantaria ou de fiadas de tijolo no contorno da abertura (Figura 2.37).

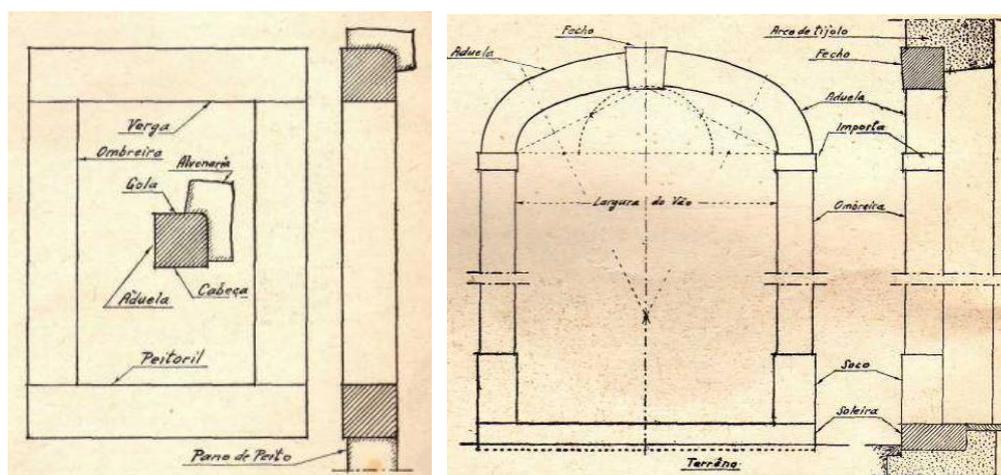


Figura 2.37 – Cantaria de pedra no contorno (Costa, 1971g)

#### 2.3.4.8. REVESTIMENTO E ACABAMENTO DE PAREDES

Os revestimentos de um edifício, seja ele antigo ou contemporâneo, desempenham um papel fundamental para a proteção, não só dos espaços interiores, mas também dos elementos estruturais e não estruturais, face às ações agressivas de natureza química, física, mecânica e biológica. Ou seja, o revestimento tem a função de “casca” do edifício.

Os materiais a utilizar nos revestimentos das paredes devem-se relacionar com os materiais usados na construção da própria parede de forma, ou seja, devem ser compatíveis com os mesmos (Appleton, 2011). Para assegurar esta compatibilidade as argamassas eram feitas com recurso a misturas de cal e areia, ou em alguns casos barro, ou saibro, e areia, que, aplicadas em camadas, asseguravam a durabilidade desejada para a obra (Appleton, 2011). A aplicação em camadas permitia não só minimizar os efeitos das variações dimensionais diferidas sofridas por estes materiais como também suportar as eventuais irregularidades do substrato. A sua espessura, seja por necessidade de proteção adicional ou irregularidade das paredes, pode atingir 5 cm (Appleton, 2011).

Como explica Costa (1971h), os paramentos das paredes exteriores e interiores são cobertos de emboços, rebocos, esboços e estuques, conforme se pode observar na Figura 2.38. O **emboço, chapisco ou pardo** constitui a primeira camada de ligação à alvenaria, sendo por isso uma camada “forte” (maior resistência), podendo ser feita de cal com areia ou saibro com areia. Idealmente deixava-se secar o emboço, para que ocorresse a totalidade da retração e outras deformações, e só depois se aplicava o **reboco**, que é uma camada de argamassa de cal e areia, mais “fraca” e com cerca de 1 cm de espessura, e que deve ficar bem aprumada pelo que requer algum esmero por parte do pedreiro. Depois de bem seco o reboco, era aplicado o **esboço**, que é uma camada de argamassa de cal gorda e areia fina, aplicada à talocha e com massas dobradas, ou seja, aplicam-se duas camadas, a primeira mais forte e mais grossa que a segunda, totalizando uma espessura que oscila entre os 0,5 e 1 cm. Existem três espécies de esboço, dependendo do acabamento que este ia receber: esboço áspero, esboço esponjado e esboço para estuque. O esboço áspero destinava-se a paredes que eram simplesmente caiadas. O esboço esponjado recebia um afagamento à esponja ou serapilheira que ficava pronto a receber caiação (“pintura” à base de água e cal). O esboço para estuque era preparado com areia muito fina de modo a receber uma camada final, designada de **estuque**, que é uma massa branca e fina, suscetível de receber polimento e que podia ser feita de cal ou gesso. O estuque podia ser colorido, bastando para isso prepará-lo com os pigmentos necessários, podendo ser lavados sem perigo de se estragarem. Costa (1971h) ressalva que estes estuques, se preparados com tinta, não resistiam à humidade.

Estas camadas apresentam granulometria decrescente e deformabilidade e porosidade crescentes das camadas mais internas para as mais externas (Veiga, 2007). A resistência de cada camada é obtida fazendo-se variar o traço da argamassa, ou seja, a quantidade de ligante, cal ou barro, presente na mistura.

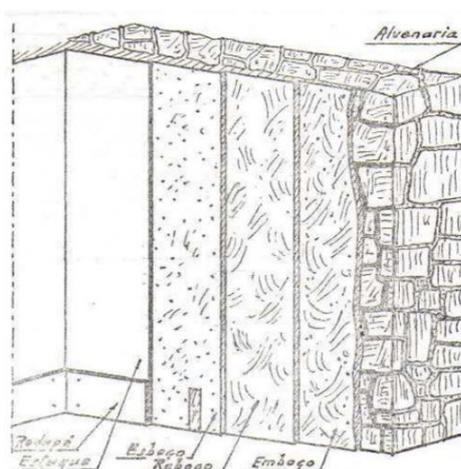


Figura 2.38 – Emboço, reboco, esboço e estuque (Costa, 1971h)

Os acabamentos mais frequentes dos edifícios antigos eram, sem dúvida, a caiação e a pintura. A **caiação** é uma mistura de água e cal que pode ter a sua cor natural, branca, ou ter cores diversas através da adição de pigmentos naturais à mistura. Devido ao facto deste material ser facilmente diluído em água, tinha que ser aplicado anualmente. A adição de alguns óleos naturais permitia aumentar a sua longevidade (Appleton, 2011). A **pintura** era o outro acabamento mais utilizado à época, sendo feita com tintas à base de óleo de linhaça a que se adicionava o pigmento com a cor pretendida (Costa, 1971h). Apesar de ter sido o acabamento mais frequente, hoje é raro, exceto talvez no Alentejo, ver-se um edifício antigo a que não tenha sido aplicada uma pintura de tipo mais “atual”. Como explica Appleton (2011), para além da caiação e pintura também se aplicavam **azulejos** aos edifícios. Estes, ao contrário da caiação, dispensavam uma manutenção frequente. A sua aplicação era feita com argamassas suficientemente fortes para uma boa ligação ao reboco, mas fraca o suficiente para minimizar os efeitos da retração.

Os revestimentos interiores dos edifícios antigos apresentavam o mesmo tipo de camadas, materiais e técnicas usadas no revestimento exterior. No entanto, havia algum cuidado em usar materiais de acabamento mais finos (Appleton, 2011). Veiga (2007) explica que a diferença entre os revestimentos exterior e interior estava apenas na camada de acabamento, ou seja, no estuque. De notar que na alvenaria de pedra as irregularidades naturais desta garantiam a resistência ao corte essencial ao bom desempenho da ligação argamassa-alvenaria. Por outro

lado, nas paredes interiores constituídas por madeira e argamassa, a resistência do interface argamassa-madeira é conseguida com “conectores” produzidos com lascas na madeira distribuídas de forma arbitrária (Figura 2.39) ou através de pregos salientes (Appleton, 2011).



Figura 2.39 – Frontal de madeira com “lascado” visível

## **3. CASO DE ESTUDO**

### **3.1. INTRODUÇÃO**

Neste capítulo a informação já apresentada é aplicada com o intuito de analisar algumas das metodologias usadas na construção em Coimbra no período de 1850 a 1940, aproximadamente. Para isso, obteve-se acesso limitado, pela entidade executante, a uma obra de reabilitação, para seguir os trabalhos de reabilitação e reconstrução. O edifício estudado situa-se no centro de Coimbra, mais concretamente na Rua Antero de Quental (a norte da Praça da República).

O critério para escolher o edifício estudado, sem conhecimento a priori da sua data de construção, foi baseado no que se sabe da história da cidade. Segundo Alarcão (1999), a cidade conheceu nos primeiros 40 anos do séc. XX a expansão da malha urbana da cidade de Coimbra para a zona onde se encontra este edifício. Esta expansão iniciou-se com a construção do Teatro-Circo Príncipe Real Avenida (inaugurado a 20 de janeiro de 1892 (Mesquita, 2016) e situado a sul do edifício estudado) e a construção do antigo bairro operário de Montes Claros (inaugurado em 1898, a norte do edifício estudado) criando limites imaginários a norte e sul. Se se assumir que esta expansão decorreu de forma aproximadamente contínua no tempo, então, o edifício estudado, que se encontra na zona assim delimitada, poderia ter sido erigido entre aqueles anos. No entanto, como se refere à frente o registo existente aponta para uma data posterior.

Esta dissertação apresenta um resumo de, por um lado, os sistemas construtivos e estruturais possíveis de encontrar no edificado urbano deste tipo, época e zona, e, por outro lado, das patologias mais frequentes no mesmo, o qual se pretende que possa constituir um elemento de consulta útil aos profissionais e empresas da área da reabilitação de edifícios, que necessitem de intervir em edifícios com características similares.

### **3.2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO**

A encosta de Montarroio, onde se situa o edifício estudado, apresenta atualmente edificações de várias épocas, mas antes desta ocupação foi zona de terrenos férteis, florestas e baldios. Isso

pode ser constatado através de registos históricos como a representação de Coimbra da autoria de Franz Hogenberg, colorida por Georg Braun em finais do século XVI (Figura 3.1), situação que se mantinha na carta topográfica de Coimbra feita por Isidoro Baptista em 1845 (Figura 3.2). Em 1860, a implantação do cemitério da Conchada impulsionou a urbanização desse espaço periférico, a encosta de Montarroio, ampliando o tecido urbano de Coimbra. Nas sucessivas representações da época observa-se que o edificado foi ganhando terreno na encosta de Montarroio como se pode constatar pela representação do projeto de esgotos de Coimbra de 1893 (Figura 3.3) e até que, finalmente, segundo uma representação de Coimbra de 1934 (Figura 3.4), se verifica que a encosta estaria já totalmente ocupada por edificações, a maioria das quais se mantém atualmente.

Com interesse para este trabalho, percebe-se por observação da carta topográfica de Isidoro Baptista que, até 1845, a zona onde está atualmente localizado o edifício em estudo se encontrava naquela altura isenta de edificações relevantes. Verifica-se ainda que, na representação de 1934, a zona está praticamente ocupada pelo que hoje existe, dando assim uma ideia da época em que terá sido construído o edifício em estudo.



Figura 3.1 – Representação de Coimbra por Franz Hogenberg e Georg Braun (finais séc. XVI)  
(Adaptado do Website da Wikipédia)



Figura 3.2 – Carta topográfica de Coimbra por Isidoro Baptista (1845) (Adaptado de Anjinho, 2016)



Figura 3.3 – Pormenor do desenho de José Cecílio Costa, “Projeto de esgotos e saneamento da cidade de Coimbra” (1893) (Adaptado de Calmeiro, 2014)

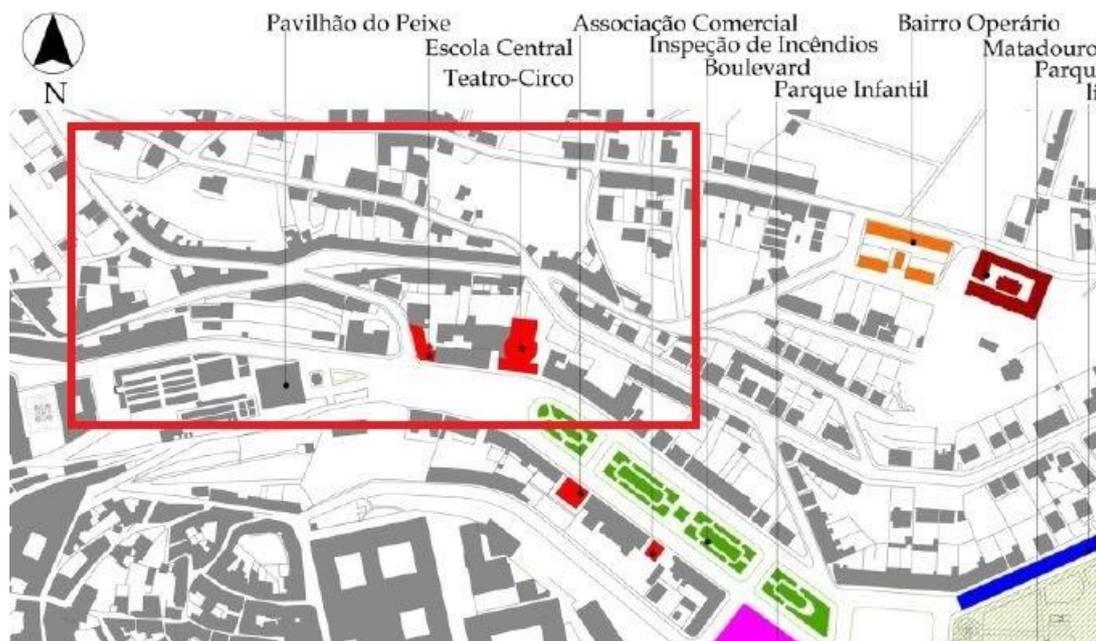


Figura 3.4 – Representação de Coimbra 1934 (Adaptado de Calmeiro, 2014)

### 3.3. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO EM ESTUDO

Este caso de estudo é um edifício habitacional (Figura 3.5) de planta quadrada e regular, cuja construção data, segundo o registo da sua certidão permanente predial, de 1923, composto por quatro pisos, com área de construção correspondente aproximada de 225 m<sup>2</sup>. Este edifício encontra-se devoluto, pertencendo atualmente (2021) a um investidor que pretende a sua reabilitação para habitação. Embora não se conheçam registos oficiais de eventuais alterações, uma inspeção rápida permite identificar facilmente sinais de diversas intervenções.

A título de curiosidade, o atual dono do imóvel conta que o edifício teria sido uma República de estudantes, que acolhia estudantes dos PALOP. Nos anos 2000, já o edifício apresentava sinais de rotura iminente, tendo já sido feito um levantamento ao seu estado sinalizando-o como de alto risco de colapso.

Figura 3.5 – Alçado principal do edifício<sup>2</sup>

Se se der como certo o ano de construção de 1923, este edifício tem atualmente 98 anos de existência, apresentando alguns materiais muito degradados. Mais concretamente, de um modo geral, encontra-se em muito mau estado de conservação, apresentando condições que não permitem que seja habitado, necessitando de reabilitação urgente.

Uma inspeção visual ao exterior permite perceber que se trata de uma construção de forma regular e simétrica, com alçado principal vertical e simples (Figura 3.5), voltada para nordeste. As paredes exteriores são do tipo resistente em alvenaria de pedra. O piso do rés-do-chão encontra-se elevado 1,30 m em relação à cota do arruamento, permitindo que o piso -1 tenha aberturas, embora pequenas, também para o alçado principal. No tardoz (Figura 3.6), o edifício eleva-se 4 pisos em relação à soleira de um pequeno logradouro. Apresenta vãos de portas e janelas regulares, abertos no mesmo alinhamento horizontal e vertical e de formatos característicos da época de construção. Não existem varandas ou terraços.

---

<sup>2</sup> Todos os desenhos, esquemas e fotos não referenciados são da autoria do autor desta dissertação.



Figura 3.6 – Alçado posterior do edifício (tardoz)

A cobertura é inclinada, de duas águas, com revestimento em telha marseilha e beirado à portuguesa, tanto no alçado principal como no tardoz. (O beirado à portuguesa leva duas peças de acabamento designadas de capa e bica). Apesar do piso 1 (que, de facto, é um sótão/desvão) apresentar um pé direito inferior aos restantes pisos, não se utilizaram janelas de mansarda na cobertura, característica recorrente noutros edifícios contemporâneos deste para aumento de pé direito. O escoamento das águas pluviais é livre, sem qualquer caleira interior ou exterior, ou tubo de queda para a sua recolha.

Fazendo um corte ao edifício (Figura 3.7), observa-se que 2 dos 4 pisos ficam acima da cota de soleira do arruamento (alçado principal) e 2 abaixo. Dado que o edifício foi construído numa encosta, é natural que se tenha optado por este tipo de aproveitamento, comum nesta rua de Coimbra.

O interior apresenta uma distribuição em planta simples (Figura 3.8), com escada em madeira de acesso aos vários pisos na zona central encostada a uma das paredes exteriores (parede de empena), e 4 divisões com aproximadamente 10,40 m<sup>2</sup> por piso. A distribuição das divisões é semelhante nos quatro pisos, característica aliás habitual.

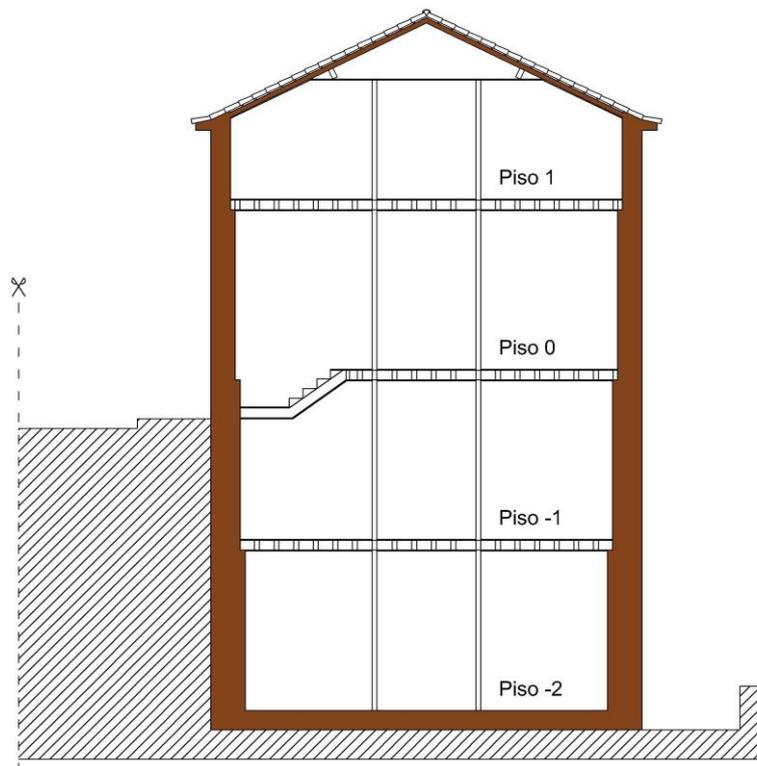


Figura 3.7 – Corte do edifício

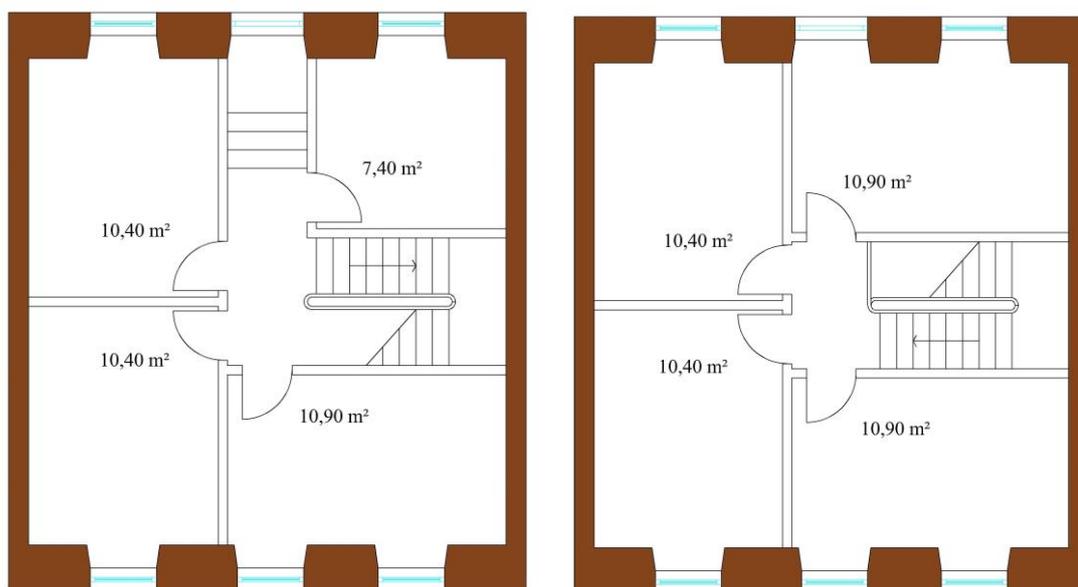


Figura 3.8 – Planta do Piso 0 (esq.) e 1 (dir.)

A estrutura dos pisos é em madeira, com exceção do piso térreo (piso -2) que atualmente apresenta uma betonilha recente em argamassa de cimento (Figura 3.9). As paredes interiores são constituídas por uma estrutura de madeira preenchida por vários outros elementos.



Figura 3.9 – Betonilha em argamassa de cimento

No piso 1 (sótão/desvão) encontra-se uma instalação sanitária construída certamente *a posteriori*, como revela a utilização de argamassas de cimento que sobre-elevam o piso em relação à cota original (Figura 3.10a), a utilização de argamassas novas nas paredes (Figura 3.10b) e o alçapão no piso inferior ao da instalação sanitária, onde se conseguem ver as tubagens em PVC (Figura 3.11), confirmando que foi uma alteração à construção inicial. Aliás, segundo Botica (2012), o PVC é um produto muito recente cuja utilização só em 1960 foi introduzida em Portugal.



Figura 3.10 – Quarto de banho não original no piso 2: (a) piso sobre-elevado com argamassa de cimento; (b) uso de argamassas de cimento em paredes



Figura 3.11 – Quarto de banho não original no piso 2: alçapão com tubagens de PVC

No piso -1 encontramos uma cozinha que à primeira vista não conseguimos perceber se é original ou se foi construída posteriormente. Esta cozinha apresenta, nas duas paredes exteriores, paredes falsas (Figura 3.12 e Figura 3.13), por onde passaram as instalações técnicas necessárias ao seu funcionamento.



Figura 3.12 – Representação das paredes falsas e instalações técnicas da cozinha

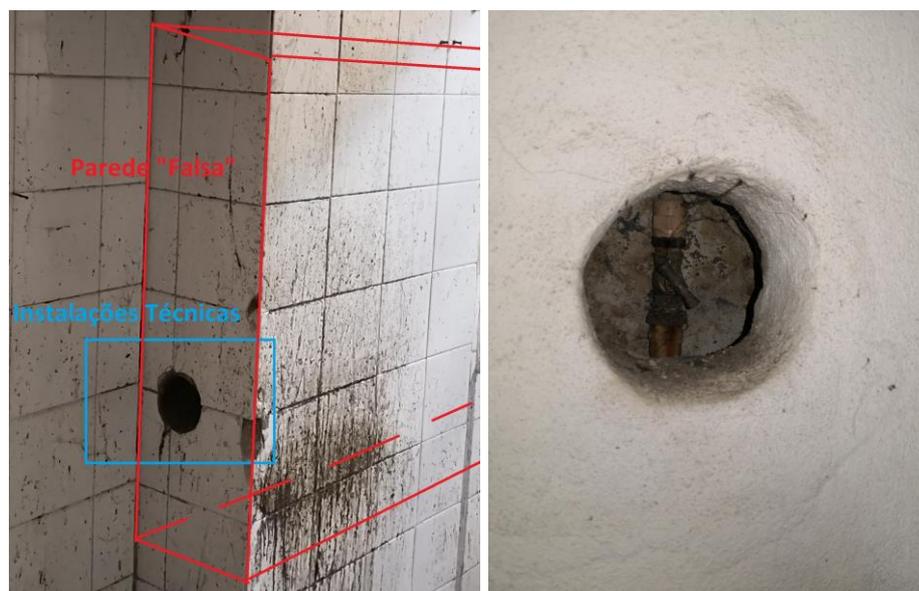


Figura 3.13 – Pormenor da representação das paredes falsas e instalações técnicas da cozinha

Ao nível do piso -2, para além do já referido pavimento em betonilha de argamassa de cimento que aparenta ser relativamente recente, observa-se ainda outra alteração recente ao edifício: a utilização de alvenaria de tijolo tradicional para construir o compartimento destinado a uma instalação sanitária (Figura 3.14).



Figura 3.14 – Alterações à construção original: divisória em tijolo tradicional

As paredes falsas, já referidas, aparecem nos pisos abaixo da cota do arruamento (alçado principal), o que faz parecer que, para além de ocultar as instalações técnicas, também seriam usadas para arejar a parede exterior de encosto às terras da encosta, de onde provavelmente virão águas nas épocas húmidas. Esta possível utilização da parede falsa para esconder a humidade é corroborada pela existência de grelhas de ventilação na fachada principal (Figura 3.15), que não aparecem em nenhuma divisão pelo interior e que aparentam assim ter sido colocadas para ventilar o vão entre paredes.



Figura 3.15 – Grelha de ventilação no alçado principal

### **3.4. LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS**

Segundo o dono de obra, o edifício encontra-se devoluto há mais de 15 anos, e como seria de esperar de um edifício abandonado, existem inúmeras patologias associadas a este abandono prolongado, devido a uma falta de manutenção e investimento em obras de reparação/melhoria.

#### **3.4.1. ASSENTAMENTOS E DEFORMAÇÕES**

As fachadas revelam que o edifício sofreu possivelmente assentamentos graves das suas fundações. De facto, a 3 m acima da cota do passeio foi medido (Figura 3.16) um desaprumo de 10 cm, o que revela uma inclinação da parede para o interior de aproximadamente 3,33 cm/m (3,33%) (Figura 3.17).



Figura 3.16 – Inclinação da fachada principal: fita métrica 3 m acima da cota do passeio (esq.); medição do desaprumo (dir.)



Figura 3.17 – Esquema do desaprumo da fachada (a vermelho “prumo” e a branco fachada do edifício)

Esta inclinação corresponde a deformações consideráveis em ambas as fachadas (principal e tardoz), que são perfeitamente perceptíveis à vista desarmada.

O levantamento das deformações foi feito com recurso a um laser. Colocando este dispositivo no chão, ele cria um plano virtual vertical aprumado, a partir do qual é possível medir a distância à parede do edifício com uma fita métrica (Figura 3.18).



Figura 3.18 – Definição de plano vertical com Laser (esq.); Laser na fita métrica (dir.)

As inclinações devido a possíveis assentamentos tombam a fachada como um todo (Corte Eixo 1 da Figura 3.19) em cerca de, como já referido, 3,3 cm/m provocando nos 8 m de altura da fachada principal cerca de 26 cm de desaprumo em relação ao plano normal da parede.

Devido a esta inclinação, a força da gravidade na fachada causa deformações adicionais. Assim, na transição entre o rés-do-chão (piso 0) e primeiro piso (piso 1) aparece uma concavidade, que se representa no corte A-A da Figura 3.19.

Se retirarmos no corte A-A a medida referente à inclinação em relação ao plano normal da parede, consegue-se medir esta concavidade na parede, sendo que no seu ponto mais gravoso, por cima da padieira da porta de entrada, se tem cerca de 4 cm.

Acima desta transição, a deflexão estabiliza e voltamos a ter apenas o valor referente à inclinação provocada pelo assentamento. Esta aparente estabilização poderá ter sido causada por um efeito de travamento da cobertura sobre as paredes exteriores, impedindo movimentos diferenciais distintos.



Figura 3.19 – Representação das deformações apuradas em 2 planos do alçado principal (valores em centímetros)

Na parede do tardoiz a situação parece mais gravosa. De facto, enquanto que a fachada principal, ao inclinar-se para o interior, se apoia na restante estrutura do edifício, a parede tardoiz inclina-se para o exterior, tendo a restante estrutura de a “agarrar”, por tração, para a suportar. A amplitude das deformações no tardoiz é menor que na fachada principal, devido a se ter aproximadamente o mesmo deslocamento horizontal que na fachada principal, mas cerca do dobro da altura, traduzindo-se assim num valor de cerca de 1,5 cm/m (1,5%), totalizando cerca de 23 cm na altura total da fachada tardoiz (16 m).

Para além da inclinação em relação ao plano vertical, foram detetadas deflexões nas transições entre o piso -1 e rés do chão (piso 0) e rés-do-chão e primeiro piso (piso 1), com a forma de duas bossas na parede (Corte Eixo 2 da Figura 3.20).

Se considerarmos, uma vez mais, um plano imaginário pelos valores do que se assume a inclinação devido ao assentamento, temos um valor máximo para a deflexão (bossa) no corte B-B da Figura 3.20 de aproximadamente 15 cm.

A deformação parece estabilizar uma vez mais junto à cobertura, sendo que os valores estabilizam ou até diminuem em relação ao valor máximo apurada em qualquer corte.



Figura 3.20 – Representação das deformações apuradas em 2 planos do alçado tardoz (valores em centímetros)

De igual modo, o interior do edifício apresenta efeitos dos deslocamentos sofridos nas paredes exteriores. A Figura 3.21 mostra uma parede interior, localizada no piso -2, que sofreu esforços de compressão elevados a ponto de a sua estrutura entrar em colapso.



Figura 3.21 – Parede interior em colapso provavelmente devido ao acréscimo dos esforços de compressão causados pela inclinação devida ao assentamento

Outro local onde são notórios os assentamentos diferenciais do edifício, é nos vãos de portas interiores (dispostas perpendicularmente às fachadas principal e tardoz) como mostra a Figura 3.22, e no soalho dos pisos. Colocando novamente o laser apurado, é possível medir um desvio de 3 cm/m no alinhamento normal da porta semelhante ao encontrado no alçado principal (Figura 3.22).

Quando se caminha sobre qualquer um dos pisos, à exceção do piso térreo (piso -2), é perceptível que estes têm inclinação negativa no sentido alçado principal – alçado tardoz, pois no simples caminhar se ganha velocidade em direção à parte posterior do edifício. Esta inclinação é visível na Figura 3.23 (referente ao piso 1), onde foi colocado um nível de 1 m, que permitiu medir um desnível no piso de 1,5 cm/m.

Uma avaliação mais minuciosa permite-nos constatar que a inclinação dos pisos interiores pode já ter sido maior. De fato, como se pode ver no rodapé da Figura 3.24, onde está representado a verde o topo do que se julga ser o rodapé original e a vermelho o nível do piso atual, já houve uma aparente tentativa de sobre-elevar o piso no lado tardoz do edifício.



Figura 3.22 – Utilização do laser para avaliar prumo: vista global (esq.); pormenor da linha virtual (dir.)



Figura 3.23 – Desnível de 15 mm medido ao nível do piso 1 em 1 m de comprimento



Figura 3.24 – Desnível visível no rodapé: a vermelho nível do piso atual, a verde nível do rodapé original

### 3.4.2. FISSURAÇÃO

Dada a idade do edifício em estudo, é normal que ele se apresente bastante fissurado. Recorde-se que uma fissura pode ser classificada quanto à sua espessura, tipo e causa. No que respeita à sua espessura, ou abertura, pode ir de uma microfissura até uma dimensão tal que compromete a estabilidade da estrutura.

As fissuras aparecem quando as deformações impostas causam tensões que ultrapassam a resistência à tração dos materiais ou por esmagamento de elementos sujeitos a compressão excessiva. Estas deformações podem ser causadas pela ação térmica, retração, fluência, assentamentos do apoio, cargas para as quais o elemento não foi dimensionado, ataque químico, por fatores externos como a construção de edifícios próximos, construção de estradas, sismos, etc. Podendo ter causas tão variadas, é difícil evitar o seu aparecimento com o tempo.

A Figura 3.25 representa as fissuras existentes à data da elaboração desta dissertação em ambas as fachadas do edifício em estudo. Só se representam fissuras com pelo menos 1 mm de espessura e não encobertas pela pintura.



Figura 3.25 – Mapa de fissuras: alçado principal (esq.); alçado tardoz (dir.)

A Figura 3.26 mostra algumas das fotografias usadas para a execução dos mapas de fissuração anteriores. Como se referiu, foram escolhidas apenas as mais gravosas.

De um modo geral, a situação das paredes exteriores quanto à fissuração é mais gravosa no alçado tardoz, com algumas fissuras de dimensão considerável tanto em extensão como espessura. Na generalidade das paredes exteriores são encontradas fissuras com pouca relevância, excetuando-se as encontradas em torno da janela do piso -2 (Figura 3.26) que apresenta fissuras com 15 mm de espessura, as quais, apesar de ser provável que tenham atingido o suporte, não é possível saber ao certo através da inspeção visual.



Figura 3.26 – Fissuras no alçado tardo: pisos superiores (esq.); pormenor junta a janela do piso inferior, fissura com 15 mm (dir.)

Grande parte da fissuração deverá ter aparecido devido às deformações impostas pelos assentamentos. A Figura 3.27 mostra algumas fissuras que, devido ao formato e dimensão, se julga terem sido causadas pelo assentamento das fundações, e que sugerem alguma tendência da fachada tardo para se destacar.



Figura 3.27 – Fissuras que se julga ser devidas ao assentamento diferencial

Estas fissuras chegam a provocar afastamentos de cerca de 4 cm entre as pedras constituintes de empena, como mostra a Figura 3.28.



Figura 3.28 – Medição da espessura da fissura (fenda)

A fissuração referida causa a redistribuição de esforços para as restantes paredes exteriores e para as paredes interiores, dando origem a deformações adicionais das mesmas (descritas na secção anterior) que por sua vez agravam as fissuras ou originam novas fissuras. Assim, como as paredes interiores são constituídas em materiais mais dúcteis (madeira) são mais susceptíveis de apresentar fissuração variada nos revestimentos (Figura 3.29).



Figura 3.29 – Fissuração generalizada nos revestimentos interiores

Apresentam-se ainda na Figura 3.30 exemplos encontrados de fissuras devido a cargas pontuais transmitidas pela cobertura às paredes.



Figura 3.30 – Fissuras devido a cargas concentradas ao nível da cobertura

Estão assim resumidas aquelas que se considera serem as fissuras de maior importância e que evidenciam alterações estruturais. Usando uma analogia simples podemos dizer que a fissura em si não é uma “doença”, mas sim um sintoma de algo, pelo que a reabilitação deve tratar a origem do sintoma para resolver a “doença”.

### 3.4.3. REVESTIMENTOS

Para além das fissuras descritas na secção anterior, em algumas zonas o revestimento exterior está bastante degradado, chegando a apresentar destacamentos, como é visível na Figura 3.31.



Figura 3.31 – Destacamento de revestimento das fachadas

A Figura 3.32 mostra aquela que se julga ser a pintura original verde (delimitada pelo contorno vermelho), e outra camada de tinta de composição aparentemente mais recente (contorno azul), pois tem aspeto de uma tinta plástica nova, talvez de modo a tentar evitar infiltrações pelas fissuras pré-existentes. São evidentes os sinais de incompatibilidade desta nova tinta com o suporte original, criando destaques e empolamentos.



Figura 3.32 – Revestimentos por pintura existentes: contornos das diferentes tintas (esq.); empolamento e destaque de tinta (dir.)

#### 3.4.4. INFILTRAÇÃO DE HUMIDADE

Infiltrações de águas e humidades generalizadas são problema habitual da maioria dos edifícios antigos, não sendo incomum encontrar a sua presença até em construções novas mal executadas. As patologias mais comuns associadas à presença de humidade são as eflorescências, criptoflorescências, manchas de humidade e empolamento da pintura.

As patologias associadas à presença de humidades são mais comuns nas paredes exteriores, devido à infiltração de águas pelas fissuras, junto aos vãos, devido ao mau funcionamento ou degradação das respetivas caixilharias deixando passagem para a água, e em paredes encostadas a terras, devido à sua deficiente impermeabilização e falhas no sistema de ventilação. A Figura 3.33 apresenta alguns exemplos de patologias associadas à humidade encontradas no edifício em estudo.



Figura 3.33 – Patologias associadas à humidade: mancha de humidade (esq.); empolamento de pintura (centro); eflorescências (dir.)

Em edifícios antigos, a presença de humidades na construção pode provocar problemas de ordem estrutural, sobretudo quando a construção é feita com recurso a sistemas de construção em madeira e terra. A humidade/água em excesso leva em pouco tempo à redução da capacidade resistente dos elementos e, no limite, causa o apodrecimento das madeiras, diminuindo a sua secção, tornando-as assim inúteis para a função que deveriam desempenhar.

A Figura 3.34 expõe alguns exemplos de elementos de madeira podre devido à presença de água dentro das paredes interiores do edifício em estudo.



Figura 3.34 – Madeira podre no interior das paredes interiores devido a infiltrações

### 3.4.5. DEGRADAÇÃO GERAL DOS ACABAMENTOS

Nesta secção são tratados os elementos de acabamento que, por falta de manutenção, se encontram em fim de vida, necessitando de substituição ou reparação imediata para o bom funcionamento ou acabamento. Serão identificadas patologias das carpintarias e pedras.

Os vãos de janelas e portas são elementos em madeiras que estão invariavelmente expostos aos elementos atmosféricos. Esta exposição, principalmente às chuvas leva a que a madeira, sobretudo quando desprotegida e com sucessivas molhas e secas, se degrade e apodreça.

Na Figura 3.35 temos o exemplo da porta de entrada que na sua parte inferior está podre, deixando entrar água que, eventualmente, levou por sua vez aos apodrecimentos das escadas do *hall* de entrada e paredes interiores próximas.



Figura 3.35 – Madeira apodrecida: porta de entrada (esq.); escadaria (dir.)

As pedras de soleira e de contorno dos vãos abertos nas fachadas (portas e janelas) são de uma pedra mole calcária. A pedra calcária é uma pedra de origem sedimentar de características bastante variáveis, sendo que a pedra extraída de algumas zonas da região de Coimbra, como Ançã, é particularmente branda e porosa.

Como refere Gonçalves (2013), sendo a pedra calcária bastante porosa, é muito suscetível a patologias associadas à presença de água, podendo sofrer eflorescências, manchas, colonização por vegetação, fraturas, degradação granular, lascagem, esfoliação, entre outras.

No edifício em estudo, a principal patologia associável parece ser a esfoliação (a divisão em lâminas finas paralelas entre si) e as eflorescências (lavagem de finos pela água no interior da pedra (Figura 3.36). Mas também se encontram manchas e colonização biológica (vulgo verdete).



Figura 3.36 – Pedra calcária com esfoliação, manchas e eflorescências.

Nesta secção, deve ainda fazer-se uma breve referência ao ataque às madeiras por xilófagos. O xilófago mais comum é o caruncho que se alimenta da madeira durante anos e anos, causando a perda da secção útil e, eventualmente, cedência.

A Figura 3.37 ilustra a presença quase generalizada de caruncho no edifício em estudo.



Figura 3.37 – Ataque das madeiras por caruncho

### 3.5. CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA E ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO

Nesta secção apresenta-se uma descrição do edifício em estudo, que inclui a caracterização dos materiais e soluções construtivas utilizadas. São considerados todos os elementos resistentes do edifício – cobertura, paredes de alvenaria e pavimentos – e também elementos geralmente considerados não resistentes como as paredes divisórias, tetos e revestimentos.

O edifício em estudo foi despido de quase todos os elementos interiores, resultando num estado como o que se pode observar na foto da Figura 3.38 (que não se refere ao edifício em estudo, mas a outra reabilitação em execução pela mesma empresa), o que expôs os seus elementos constituintes, e possibilitou que se procedesse à sua caracterização.



Figura 3.38 – Desmonte integral do interior de edifício (que não é o edifício em estudo)

#### 3.5.1. FUNDAÇÕES

Para avaliar as fundações foram escavados dois poços de inspeção junto às paredes exteriores dos alçados principal e tardoz do edifício. Como mostra a Figura 3.39, a escavação junto à parede correspondente ao alçado principal pôs a descoberto um afloramento rochoso, sobre a qual a fundação assenta diretamente. Junto à parede do tardoz só se escavou até aproximadamente 40 cm de profundidade, encontrando-se apenas solo argiloso com bastante pedra irregular à mistura, não se conseguindo atingir o afloramento rochoso encontrado junto ao alçado principal.



Figura 3.39 – Poços de inspeção escavados junto ao alçado principal (esq.) e tardo (dir.)

Esta descoberta leva a refletir sobre como terá sido executada em profundidade a fundação no tardo do edifício, uma vez que a escavação de sondagem poderia estar a poucos centímetros de atingir o afloramento rochoso ou este ser de todo inexistente. Os deslocamentos laterais verificados no edifício parecem apoiar a teoria de que a fundação tardo não atinge o afloramento rochoso e de alguma forma se afundou (assentou), talvez devido ao acentuado declive do terreno.

Por outro lado, a pedra irregular encontrada na fundação da parede exterior no tardo pode fazer parte quer de um envasamento da parede de alvenaria de pedra de modo a dispersar melhor as cargas transmitidas a esta fundação quer de um enrocamento da fundação, uma vez que aparenta não estar disposta de forma cuidada. Como o terreno envolvente do edifício não apresenta as características argilosas do solo encontrado nesta inspeção, pode ter sido colocado nesta fundação com o propósito de “apertar” (consolidar) o terreno, criando uma fundação o mais compacta possível.

### 3.5.2. PAREDES EXTERIORES

As paredes exteriores dos edifícios antigos eram geralmente construídas recorrendo a três técnicas alternativas: (i) alvenaria de pedras irregulares ligadas por uma argamassa ordinária de areia e cal, (ii) alvenaria de pedra aparelhada com assentamento cuidado e (iii) paredes de frontal (técnica proveniente do edifício pombalino).

O desmonte de todos os elementos interiores expôs vários pontos da alvenaria exterior, permitindo perceber que o tipo de solução construtiva, num mesmo edifício, varia de piso para o piso. Para além das partes expostas pelo desmonte do interior, foi possível fazer picagens no revestimento de modo a criar algumas janelas de inspeção.

Nos dois pisos inferiores, localizados abaixo da cota de soleira do arruamento, a parede exterior no alçado tardoz tem uma espessura, medida nas ombreiras das janelas, bastante expressiva, com cerca de 70 cm no piso -2 e 60 cm no piso -1. No alçado principal, a parede exterior está encostada às terras da encosta em ambos estes pisos (piso -2 e piso -1), pelo que não foi possível determinar a sua espessura.

A inspeção visual à parede exterior da fachada tardoz ao nível dos pisos -2 e -1 (Figura 3.40) foi feita através da remoção do revestimento numa janela com cerca de 1 m<sup>2</sup>. Esta janela permite identificar uma alvenaria de pedra ordinária, com grande variação no tamanho e forma das pedras, estando estas ligadas entre si com o que parece ser, devido à sua coloração e textura, uma mistura de areia com cal. Não é visível nenhum elemento de madeira nas janelas de inspeção abertas, pelo que se conclui que não os há.



Figura 3.40 – Aparelho da parede exterior no tardoz do piso -2: vista pelo exterior (esq.); vista pelo interior do edifício (dir.)

As pedras, como seria expectável são de calcário, assemelhando-se a margas porque a sua composição aparenta ter uma grande quantidade de argila, como mostra a Figura 3.41. Uma vez que na fundação foi encontrado um afloramento rochoso, coloca-se a hipótese de a construção não ter sido feita com pedra retirada do próprio local ou proximidade.



Figura 3.41 – Pormenor do que se julga ser uma marga

Comparando a espessura da parede (70 cm para o piso -2) com o tamanho das pedras usadas, seria de prever que a alvenaria fosse constituída por pelo menos 2 paramentos. A Figura 3.42 mostra uma ombreira de uma porta onde é visível o corte da parede. Dada a pequena dimensão e irregularidade da pedra, parece não se identificar mais que um único paramento com pedra muito irregular e de vários tamanhos, o que já seria de esperar da análise do aparelho da Figura 3.40, assim como também não se identificou nenhum perpianho (elemento de pedra que atravessa a seção da parede).



Figura 3.42 – Ombreira de porta constituindo um “corte” da parede

Já na parede de fachada principal, o acesso para fazer a picagem de uma janela para inspeção visual foi impedido pela anteriormente referida parede “falsa”. Esta parede tem 15 cm de espessura, medidos numa grelha de ventilação e encontra-se abaixo da cota do arruamento.

Só é possível de imaginar que, de modo a resistir ao impulso das terras da encosta sobre a parede exterior da fachada principal, esta tenha sido construída num aparelho muito cuidado, talvez com pedra de grande dimensão e aparelhada de forma a aumentar a área de contato entre a pedra e assim aumentar a resistência global da parede. Imagina-se também que esta possa ter uma espessura superior aos 70 cm encontrados na parede tardoz.

Como mostra a Figura 3.43, foi feita uma janela de inspeção através da picagem do revestimento para avaliar como foi feita a padieira dos vãos, observando-se que estes são sustentados por um arco de pedra. À semelhança da pouca qualidade encontrada na restante construção, também o arco apresenta um aspeto descuidado.



Figura 3.43 – Arco sobre vão existente (verga)

Abaixo do arco temos um enchimento com pedra irregular, igual ao visto na parede exterior. Este enchimento de pedra assenta pelo interior em cima de barrotes e tábuas como é possível observar na Figura 3.44.

Na zona das janelas, como era prática comum neste tipo de edifícios, a parede faz uma reentrância cuja espessura na zona do vão vale cerca de 50% da espessura total da parede. A Figura 3.45 mostra que a alvenaria nesta zona é em tudo semelhante à que se encontra na restante parede, apesar de ter alguns elementos de madeira para pregar orlas e peitoris, também estes em madeira.



Figura 3.44 – Suporte do enchimento entre a janela e arco



Figura 3.45 – Parede abaixo do peitoril

Nas paredes de empena (laterais e contíguas a outras edificações) ao nível dos pisos abaixo da cota do arruamento não foi feita janela de inspeção, uma vez que na transição entre os pisos -2 e -1, a remoção do rodapé expôs uma faixa de parede com 40 cm de altura (Figura 3.46), que pudemos verificar ser constituída por uma alvenaria mais regular que aparenta maior cuidado na construção, utilizando uma pedra com maior dimensão e faces aparelhadas. Não foi possível determinar com certeza a espessura, pois estas paredes são meeiras, mas fazendo a medição interior e exterior do edifício e confrontando estas duas medidas, pode-se estimar uma espessura de cerca de 40 cm. É ainda possível ver alguns elementos de madeira, junto ao pavimento, que servem para pregar o rodapé.



Figura 3.46 – Faixa da parede exterior da parede meeira (piso -2)

Da cota do arruamento (Rua Antero de Quental) até à cobertura o edifício passa a ter duas fachadas livres. Enquanto que no piso 0 as paredes exteriores do edifício continuam a ser de alvenaria de pedra, no piso 1 a construção é a típica de um edifício gaioleiro, com as paredes exteriores constituídas por uma estrutura de madeira envolvida por alvenaria de pedra ordinária.

A espessura das paredes medida na ombreira ao nível destes pisos é de 50 cm e 30 cm para os pisos 0 e 1, respetivamente. Note-se que enquanto que tanto entre os pisos -1 e 0 a parede exterior diminui em cerca de 10 cm, como é comum neste tipo de estrutura, já no piso 1 e 2 o diferencial é de 20 cm.

Numa janela de inspeção na fachada tardoz ao nível do piso 0, feita como mostra a Figura 3.47, é possível observar que é constituída por paredes de frontal (estrutura de madeira inserida em alvenaria de pedra). A variante da parede de frontal encontrada é feita com prumos verticais afastados de cerca de 50 cm entre eixos (a azul na Figura 3.47), travessas horizontais afastadas de cerca de 100 cm entre eixos (vermelho na Figura 3.47), escoras diagonais (a verde na Figura 3.47) e um ripado horizontal afastado de 40 cm para melhor fixação do revestimento (só é visível o negativo deste ripado pois encontra-se podre e saiu juntamente com o reboco).

Ao nível do piso 1, na fachada principal pelo interior, encontrou-se um frontal com prumos verticais e escoras diagonais que formam uma cruz, estrutura do tipo genericamente conhecido por “cruz de Santo André” (Figura 3.48). Esta estrutura lembra a estrutura originária da gaiola pombalina, mas com menos elementos, pois não tem travessas horizontais visíveis na janela onde se fez a picagem. Observa-se também aqui um ripado horizontal de modo a fixar melhor o revestimento e ainda houve um cuidado em “lascar” os elementos de madeira de modo a garantir maior atrito com o revestimento.



Figura 3.47 – Frontal gaioleiro fachada tardoz (piso 1)



Figura 3.48 – “Cruz de Santo André” (piso 1)

Também se fez uma janela de inspeção na zona da padieira ao nível do piso 0. Como mostra a Figura 3.49, tem-se aqui um arco de tijolo maciço e não um arco de pedra como o referido para o piso -2. Este tijolo foi disposto de forma alterada, com elementos na vertical e elementos na horizontal, como é possível de observar na Figura 3.49. Na padieira sobre a porta de entrada principal é possível observar que estes arcos são colocados em toda a espessura da parede como mostra a Figura 3.50.



Figura 3.49 – Arco em tijolo maciço sobre janela (vista pelo exterior) ao nível do piso 0



Figura 3.50 – Arco e tijolo maciço sobre porta de entrada (vista pelo interior)

A parede meira tem ao nível do piso 0 uma espessura de 25 cm. Foi possível determinar esta medida pois, como mostra a Figura 3.51, a parede desmoronou deixando à vista a parede em tijolo tradicional do edifício vizinho.



Figura 3.51 – Parede do edifício anexo visível por trás da parede desmoronada

A parede meeira foi analisada através da abertura de uma janela de inspeção, picando o revestimento e removendo o rodapé que deixou uma faixa descoberta. Através desta faixa observa-se um frontal com estrutura de madeira constituída por primos verticais e diagonais e pedra irregular no enchimento, sendo que em alguns lugares, como é possível ver na Figura 3.52, as pedras estão simplesmente justapostas, dando a entender que se trata de uma alvenaria de pedra seca.



Figura 3.52 – Pedra justaposta em parede meeira

Este achado não parece coerente com o encontrado na janela de inspeção feito no mesmo piso 0, mas à parede meeira oposta, com as pedras ligadas com uma argamassa de barro, como mostra a Figura 3.53. Tudo leva a crer que ou houve lavagem das argamassas por humidades ou então foi a construção do edifício anexo que terá levado a parede a descompor-se, tendo sido posteriormente reconstruída com um mero imbricamento. Na janela de inspeção (Figura 3.53)

é visível a deformação da estrutura de madeira, muito provavelmente devido ao assentamento do edifício.



Figura 3.53– Estrutura de madeira com enchimento de alvenaria da parede meeira (piso 0): deformação (esq.); aparelho com escora diagonal (dir.)

As paredes meeiras no piso 1 seguem o mesmo registo das do piso 0, conforme mostra Figura 3.54, com prumos alinhados, diagonais e travessas horizontais. Estas travessas horizontais tanto servem para aumentar a rigidez lateral da parede como para criar pequenos panos no revestimento para permitir que este se fixe melhor. A Figura 3.54 mostra ainda o pormenor de ligação de um dos prumos à viga da cobertura (madre).



Figura 3.54 – Junção da parede meeira à cobertura: vista geral (esq.); pormenor de ligação prumo-viga de cobertura (dir.)

### 3.5.3. PAREDES INTERIORES

Todas as paredes divisórias interiores têm espessura total de 14 cm, observando-se através da falta de revestimento de muitas delas que existem 3 tipos de soluções construtivas.

Ao nível do piso -2, como se mostra na Figura 3.55 é possível observar que as paredes divisórias são construídas usando um sistema de frontal, em que se tem uma estrutura de madeira preenchida por alvenaria de pedra e uma mistura de cal e areia como ligante. O frontal faz parte do grupo de paredes resistentes, porque, como se mostra mais à frente na secção 3.5.4., as vigas dos pisos assentam e têm emendas sobre estes frontais. Esta parede encontra-se abaulada (como foi visto na secção 3.4.1.), pelo que se imagina que está sujeita a esforços de compressão excessivos, possivelmente causados pela deformação global do edifício.



Figura 3.55 – Parede divisória interior do piso -2

No piso -1 e acima deste as paredes divisórias passam a ser construídas por uma de duas soluções alternativas. As paredes perpendiculares às vigas dos pavimentos (vigas que atravessam o edifício de empena a empena) são feitas em frontal preenchido com cavacas de madeira, restos de madeiras, aparas de madeira, canas de milho e cortiça. Paredes paralelas às vigas de pavimento são feitas em tabique simples.

Estes frontais são formados por prumos verticais separados em cerca de 40 cm entre eixos, que vão do pavimento, onde são apoiados e pregados numa peça de madeira horizontal designada por frechal, até ao teto onde são fixos a outro frechal que prega ao vigamento do piso superior (Figura 3.56). Na horizontal, são ainda pregadas ripas aos prumos com afastamento variável entre os 20 e 40 cm, que formam núcleos onde é colocada uma mistura de terra barrenta ou mistura (Figura 3.56). Existem também escoras diagonais para aumentar a rigidez lateral do pano de parede (Figura 3.57). A Figura 3.58 e a Figura 3.59 mostram os vários tipos de enchimento encontrados.



Figura 3.56 – Frontal pregado a frechal no topo e sobreposição de vigas de piso (esq.); núcleos de terra entre ripas (dir.)



Figura 3.57 – Escoras diagonais em parede de frontal



Figura 3.58 – Frontal preenchido com cana de milho (esq.) e cavacas de madeira (dir.)



Figura 3.59 – Frontal preenchido com restos de madeiras (esq.) e aparas de madeira (dir.)

Como já foi referido, as paredes divisórias e paredes de contorno da escada, que são paralelas às vigas de pavimento (paralelas às fachadas principal e tardoz), excetuando as do piso -2, são de tabique simples. Observa-se assim na Figura 3.60 um aparelho formado por justaposição de tábuas com largura variável dispostas ao alto com folga variável, sobre o qual foi pregado um fasquiado (conjunto de ripas paralelas entre si) afastado de 7 cm entre eixos, que posteriormente foi revestido com argamassa de cal e areia.



Figura 3.60 – Parede divisória em tabique simples

O tabique é um tipo de parede não portante, ou seja, não é construído para ser suportar cargas o que neste edifício é corroborado pela sua utilização nas paredes paralelas às fachadas principais, onde não se apoia qualquer elemento estrutural. No entanto, a fluência dos materiais e as deformações sofridas pelo edifício levaram a que elas acabassem por contribuir para

suportar o peso dos pavimentos, com efeito nas várias patologias agora detetadas, como fissuras e descolamento de revestimentos.

As aberturas de vãos interiores foram feitas, como se vê na Figura 3.61, com recurso a pendurais pregados ao frechal superior e a uma travessa inferior, fazendo enchimento do espaço entre a porta e o vigamento do piso superior.



Figura 3.61 – Padieira de vão interior

#### **3.5.4. PAVIMENTOS E TETOS**

Como era expectável, à exceção do piso térreo (piso -2), todos os pavimentos são em madeira. A identificação do tipo de madeira não foi feita para este trabalho, mas sabe-se que elementos de castanho, pinho nacional, carvalho, eucalipto, choupo e casquinha eram as madeiras mais usadas à época.

A ligação das vigas do pavimento às paredes, como mostra a Figura 3.62, foi feita através de uma abertura do tamanho da secção das vigas na parede de alvenaria e em seguida estas foram encaixadas diretamente nas aberturas. Embora não tenham sido encontrados elementos metálicos na ligação das vigas à parede, verificou-se que algumas vigas tinham tábuas pregadas lateralmente com intuito de aumentar a sua secção e de a reforçar, como se pode ver na Figura 3.62. Estas tábuas eram usadas quando não havia troncos de árvore (ou quando estes eram demasiado dispendiosos) com secção que possibilitasse um falquejamento de modo a ter a secção pretendida.



Figura 3.62 – Ligação das vigas de pavimento a parede exterior

Para vencer os vãos foi usado um esquema estrutural simples, com as vigas encastradas (mas esta ligação deve naturalmente considerar-se semi-rígida) de empena a empena. Algumas foram emendadas a meia largura do edifício, ficando apoiadas nos frechais (apoios de continuidade, naturalmente) que, por sua vez, se apoiam nas paredes divisórias (frontais) transversais às vigas como mostra a Figura 3.63.



Figura 3.63 – Vigas apoiadas nas paredes interiores de frontal

A dimensão das vigas é de cerca de 12 cm de largura e 20 cm de altura. O afastamento medido varia entre os 50 e 70 cm. A Figura 3.64 mostra o esquema estrutural, incluindo os tarugos colocados a cerca de meio vão entre a empena e parede de frontal (interior).



Figura 3.64 – Vigamento e tarugos

O soalho é transversal às vigas dos pavimentos, assente diretamente sobre estas. O tipo de fixação é pregado. A Figura 3.65 mostra um corte onde é possível observar, sobre a viga de pavimento, um soalho à portuguesa.



Figura 3.65 – Soalho à portuguesa

Nos tetos foram encontrados dois tipos de solução. Enquanto que os tetos dos pisos -2, -1 e 0 se aplicou um teto fasquiado, no piso 1 usou-se uma solução semelhante a um teto de saia e camisa.

O teto fasquiado consiste na pregagem de elementos de madeira de pequena secção transversal à parte inferior das vigas de pavimentos. Estes elementos, designados de ripas, quando pregados com um afastamento de cerca de 7 cm entre eixos formam um fasquiado, à semelhança do que se encontra nas paredes de tabique, que depois é revestido com uma mistura de areia e cal. Observam-se na Figura 3.66 alguns dos exemplos de teto fasquiado encontrados no edifício.



Figura 3.66 – Teto fasquiado

Os tetos de saia e camisa consistem na pregagem de pranchas de madeira sobrepostas, desfasadas verticalmente, criando um efeito de altos e baixos. Neste caso, as pranchas têm um rebaixo, à semelhança do soalho à portuguesa, que permite que estas sejam aplicadas criando uma face plana. Estes tetos não são revestidos com massas, mas sim pintados diretamente como acabamento final. A Figura 3.67 mostra um teto do edifício onde já só se conseguem observar metade das pranchas constituintes do teto, porque as restantes foram, entretanto, removidas durante o desmonte.



Figura 3.67 – Teto em pranchas de madeira

### 3.5.5. COBERTURA

O edifício em estudo apresenta uma cobertura inclinada com estrutura simples de duas águas, sem terraço, à semelhança da maioria dos edifícios desta época.

A planta praticamente quadrada, com dimensões pequenas em ambas as direções, permitiu que o telhado tivesse estrutura simples. Consiste em 3 vigas com secção 12 x 20 cm, designadas de madres, dispostas de empena a empena sem emendas, 2 vigas também de empena a empena colocadas sobre as paredes exteriores (paredes de fachada principal e tardoz), designadas de frechais. A Figura 3.68 mostra o encaixe de uma viga madre na parede de empena e um prumo de secção 7x10 cm que se encontrava embutido na parede divisória (que foi agora desmontada) entre o vigeamento do pavimento do piso e a madre.



Figura 3.68 – Viga madre: apoio na empena (esq.); apoio intermédio criado por prumo (dir.)

As madres e frechais recebem transversalmente barrotes de seção retangular 7x10 cm. Por sua vez, sobre e transversalmente a estes barrotes (e, portanto, paralelamente às madre e frechais), assenta um ripado que recebe a telha marselha. Estes elementos podem ser vistos na Figura 3.69.



Figura 3.69 – Barrotes, ripas e telha marselha

Para esconder o cume do telhado, ou simplesmente com o intuito de nivelar o teto, foi adicionada uma estrutura de madeira simples em barrotes de 7 x 10 cm, pregados aos barrotes da cobertura (e que também parecem estar apoiados nas paredes divisórias) que recebem finalmente as pranchas de madeira referidas anteriormente. A Figura 3.70 mostra a pregagem destes barrotes horizontais aos barrotes inclinados da cobertura, assim como a quebra da inclinação ao nível do teto.



Figura 3.70 – Nivelamento do teto no piso superior: barrotes de suporte (esq.) e pranchas remanescentes após desmonte (dir.)

### 3.5.6. REVESTIMENTOS

O revestimento dos edifícios antigos é feito aplicando camadas de argamassas cada vez mais finas, quanto mais próximas da superfície exterior da parede. No edifício investigado, apesar destas camadas apresentarem boa aderência entre si, a erosão causada pela chuva lavou o revestimento deixando-o com um aspeto lascado. Um olhar mais atento permite observar diferentes colorações no revestimento exterior, como é possível ver na Figura 3.71. Estas diferentes colorações, delimitam zonas com utilização de argamassas com granulometria e traço da mistura diferente. Quanto mais perto da camada exterior mais esbranquiçada é a coloração da camada, revelando uma mistura com maior percentagem de cal.



Figura 3.71 – Variação da coloração do revestimento exterior expondo as várias camadas

Na Figura 3.72, é possível identificar três camadas de revestimento. Da esquerda para a direita identifica-se uma camada muito fina pronta a receber pintura, designada de esboço, uma camada com granulometria mais grossa, designada de reboco, e uma camada grosseira, designada de emboço. Cada uma destas três camadas era, por sua vez, geralmente dividida em subcamadas dificilmente identificáveis, porque estas subcamadas utilizam o mesmo material, mas com aplicação desfasada no tempo.



Figura 3.72 – Diferentes camadas no revestimento exterior

No interior do edifício foram encontrados dois tipos de revestimento distintos, sendo que a diferença entre os mesmos ocorre apenas na camada mais interior, ou seja, mais próxima do suporte.

Nas paredes exteriores e nos frontais em que se utilizaram enchimentos de pedra e argamassa, a composição do revestimento parece ser a mesma e, como mostra a Figura 3.73, apresenta quatro camadas. Estas camadas, da superfície exterior para o suporte, ou seja, de baixo para cima na Figura 3.73, são: uma camada muito fina de acabamento, designada de estuque, pronta a receber pintura, e, de seguida, com granulometria crescente, as camadas de esboço, reboco e emboço. Neste caso, o emboço aparenta ser feito por uma mistura de areia e cal.



Figura 3.73 – Camadas do revestimento interior em paredes exteriores e interiores de frontal

Também se observou que houve algum cuidado na execução das camadas, pois, como é possível observar na Figura 3.74, há zonas onde a camada de emboço sofreu uma picagem para criar boa aderência à camada de reboco e outras onde foram colocados pregos nos elementos de madeira, igualmente para uma aderência melhorada.



Figura 3.74 – Picagem e pregos para melhorar a aderência em camada intermédia de revestimento

O revestimento das paredes de tabique e dos tetos fasquiados apresenta apenas duas camadas visíveis. Como se mostra na Figura 3.75, só existe a camada de reboco e a camada de estuque, pronta a receber pintura. A sua espessura média é de 30 mm.



Figura 3.75 – Revestimento de tabique e tetos

As paredes de frontal cujo enchimento foi feito em canas de milho, cavacas de madeira e restos de madeiras sobrantes, apresentam revestimento em tudo semelhante ao usado nas paredes de frontal com enchimento a pedra e argamassa, à exceção da camada de emboço, que nas primeiras foi feita usando uma terra barrenta em vez de uma mistura de areia e cal. Na Figura 3.76 apresenta-se uma amostra deste revestimento.



Figura 3.76 – Revestimento das paredes de frontal com emboço em terra barrenta

### 3.5.7. ABERTURAS

No que diz respeito à moldura das aberturas de janelas e portas, há alguma diversidade, uma vez que na fachada principal esta moldura é formada por elementos de pedra maciça (Figura 3.77).



Figura 3.77 – Moldura de janela em pedra

Por outro lado, no tardoaz as molduras são formadas por tijolo burro (tijolo maciço) (Figura 3.78). Observa-se que, para além da moldura em tijolo de burro, há ainda um arco também em tijolo por cima, pelo que se conclui que o tijolo na verga da janela será meramente de enchimento, de modo a criar a saliência que se vê na imagem à esquerda da Figura 3.78 e não um reforço estrutural à abertura (e, claro, suportando também o enchimento abaixo do arco).



Figura 3.78 – Contorno em tijolo maciço (à esq.), arco e verga em tijolo maciço (à dir.)

Outro facto curioso é o de não haver um estilo definido, ou único, para este elemento estrutural disposto sobre a abertura de janelas e portas. Se por um lado há vergas em pedra maciça (fachada principal), por outro há outras em tijolo maciço (fachada tardoaz). Se por um lado há arcos em pedra irregular e com corte pouco cuidado ao nível do piso -2, por outro há arcos em tijolo maciço bem aparelhado ao nível do piso 0.

## 4. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

### 4.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

A falta de regularidade geométrica das paredes de frontal e a muita diversidade de sistemas encontrados, num mesmo edifício, levam-nos a corroborar Appleton (2011), quando ele refere que o sistema gaioleiro, que se foi generalizando durante o século XIX até início do XX, é um desastre construtivo, devido à continuada perda das características que tornavam o seu antecessor, o edifício pombalino, uma boa construção, de qualidade e solidez reconhecidas.

De um modo geral, foi possível observar-se todo o tipo de elementos constituintes do edifício estudado, tanto estruturais como construtivos, sendo que o que se encontrou é consistente com o espectável para um edifício da sua época. O edifício estudado encontrava-se num avançado estado de degradação, de modo que, uma vez que não era possível a sua reabilitação sem custos avultados, o investidor optou pela sua reconstrução completa.

As várias adaptações e/ou alterações a que este edifício foi sendo submetido para o adaptar às exigências que se vão sucessivamente renovando com o correr do tempo, não melhoraram, muito frequentemente, a qualidade global de edifício, pois iam sendo infligidas, aparentemente, sem qualquer tipo de projeto técnico. Estas alterações, quando feitas sem avaliação da estabilidade ou sem projetos de especialidade, como o projeto elétrico, etc., põem em risco (ou melhor, agravam-no) o edifício e os seus ocupantes.

O edifício estudado aparenta ter assentamentos do solo muito significativos no tardo, pelo que, a ser verdade, é uma situação grave e que pode comprometer estruturalmente o edifício. Este assentamento leva a que ambas as paredes, principal e tardo, se tenham desviado em relação ao seu plano vertical, estando inclinadas de tal forma que parece impossível não ter havido já rotura por desmoronamento das mesmas. Recomenda-se, assim, que aquando da intervenção de reabilitação e/ou reconstrução a avaliação da importância destes assentamentos seja a principal preocupação em termos estruturais. Será ainda ideal, numa primeira abordagem, com vista a estabilizar o edifício, que se façam estudos geotécnicos de modo a confirmar o valor atual destes assentamentos e a tentar prever qual será a evolução dos mesmos. Seguidamente, deverá atuar-se em conformidade no reforço das fundações.

Ainda em termos estruturais, como se explicou no capítulo anterior, as paredes interiores não apresentam condições para serem mantidas, pelo que a sua remoção tem implicações sérias a nível a estrutural. Estas paredes, na génese da construção do edifício, serviam não só para compartimentar o edifício, mas também para criar um travamento global da estrutura do edifício, interligando as suas paredes exteriores e pavimentos, concretizando o típico efeito de caixa. É preciso ter esta noção em mente aquando da reabilitação/reconstrução pois que já estando as paredes exteriores, principal e tardoz, numa situação de risco em termos da estabilidade, vai ser preciso estabelecer uma qualquer forma de as travar e ou “agarrar”.

A idade avançada do edifício levou a que, de maneira a ir criando condições de comodidade para as sucessivas gerações de novos habitantes, tenham sido introduzidas várias alterações ao mesmo. Estas alterações fragilizaram o edifício e contribuíram para o desenvolvimento de várias das patologias encontradas. É certo que a aplicação de betonilhas aplicadas sobre o piso, de modo a criar condições para se ter, por exemplo, a instalação sanitária no piso do sótão, terá incrementado os esforços na estrutura existente, assim como talvez também tenha criado problemas de condensação nas madeiras existentes sobre estas betonilhas (porque as argamassas de cimento não deixam estas madeiras “respirar”). Para serem passadas as tubagens foram executados cortes em diversos elementos estruturais, tendo estes eventualmente contribuído para a fragilização da estrutura. Não só os cortes estruturais prejudicam a integridade estrutural do edifício, mas também o facto destas tubagens serem feitas em ferro ou aço, leva a que, a longo prazo, oxidem e se expandam, criando fissuras e fraturas nos elementos de alvenaria. A inclusão de tubagens de PVC no interior das alvenarias também leva a que estas tenham perdido secção útil para resistir aos esforços, tendo estes que se redistribuir na estrutura. Aquando da reabilitação/reconstrução é recomendado fazer-se uma inspeção a todos estes elementos de tubagens antigas de modo a removê-los e proceder-se a uma consolidação ou mesmo reforço adequado dos elementos afetados.

## **4.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Apresentam-se em seguida temáticas para possíveis trabalhos futuros que têm por objetivo contribuir para uma maior clarificação da temática aqui abordada.

- i) Avaliação estrutural de edifícios do tipo/época do estudado, com base em modelo numérico;
- ii) Avaliação da térmica e acústica deste tipo de reabilitação/reconstrução;
- iii) Avaliação de mais edifícios do tipo/época do estudado para avaliar quão representativos são as soluções e materiais encontrados neste edifício.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcão, J. (2018). “A Lusitânia e a Galécia do Séc.II a.C. ao Séc.VI d.C.”. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Alarcão, J. (1999). “A evolução urbanística de Coimbra: das Origens a 1940”. Actas do I Colóquio de Geografia de Coimbra n.º especial, pp.1-10.
- Anjinho, I. (2016). “Fortificação de Coimbra: das origens à modernidade”, Tese de Doutoramento em Arquitetura, FCTUC, Coimbra.
- Appleton, J. (2011). “Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e Tecnologias de Intervenção”, 2ª Edição, Edições Orion, Lisboa.
- Azevedo, H. (2010). “Reforço de Estruturas de Alvenaria de Pedra, Taipa e Adobe com Elementos de Madeira Maciça”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. FEUP, Porto.
- Botica, A. (2012). “Redes de drenagem de águas residuais domésticas em edifícios”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar. IST, Lisboa.
- Calmeiro, M. (2014). “Urbanismo antes dos planos: Coimbra 1834-1934”, Volume I. Tese de Doutoramento em Arquitetura, FCTUC, Coimbra.
- Candeias, C., Correia, A., Costa, A., Catarino, J., Pipa, M., Cruz, H., Carvalho, E., Costa, A. (2020). “Aspetos gerais da aplicação em Portugal do Eurocódigo 8 – Parte 3 – Anexo C (Informativo) – Edifícios de alvenaria”, Série III, N°12, revista portuguesa de engenharia de estruturas, pp. 99-120.
- Carvalho, R. (2008). “Técnicas de construção no alto Douro”. Acedido a 2 de março de 2021. <http://arquitecturadouro.blogspot.com/2008/01/tcnicas-de-construo-no-alto-douro-o.html>
-

- Correia, M. (2002). “A Habitação vernácula rural no Alentejo, Portugal”. Acedido a 1 novembro de 2020. [https://www.researchgate.net/figure/Taipa-com-pedra-no-topo-das-juntas-verticais-na-Casa-do-gado-do-Monte-Pelicao-em\\_fig14\\_279479152](https://www.researchgate.net/figure/Taipa-com-pedra-no-topo-das-juntas-verticais-na-Casa-do-gado-do-Monte-Pelicao-em_fig14_279479152)
- Censos 2011 Resultados Definitivos – Portugal. Edição 2012. Instituto Nacional de Estatística, I.P., Lisboa.
- Costa, F. (1971). “Asnas de madeira”. Enciclopédia prática da construção civil, fascículo 1. Edição de Autor. Lisboa.
- Costa, F. (1971a). “Asnas de madeira”. Enciclopédia prática da construção civil, fascículo 2. Edição de Autor. Lisboa.
- Costa, F. (1971b). “Pavimentos de madeira”. Enciclopédia prática da construção civil, fascículo 7. Edição de Autor. Lisboa.
- Costa, F. (1971c). “Madeiramentos e telhados”. Enciclopédia prática da construção civil, fascículo 8. Edição de Autor. Lisboa.
- Costa, F. (1971d). “Tectos diversos”. Enciclopédia prática da construção civil, fascículo 12. Edição de Autor. Lisboa.
- Costa, F. (1971e). “Obras de alvenaria”. Enciclopédia prática da construção civil, fascículo 13. Edição de Autor. Lisboa.
- Costa, F. (1971f). “Obras de alvenaria”. Enciclopédia prática da construção civil, fascículo 14. Edição de Autor. Lisboa.
- Costa, F. (1971g). “Obras de cantaria”. Enciclopédia prática da construção civil, fascículo 16. Edição de Autor. Lisboa.
- Costa, F. (1971h). “Interiores e exteriores”. Enciclopédia prática da construção civil, fascículo 26. Edição de Autor. Lisboa.
- Costa, R., Providência, P. (2019). “Avaliação e reabilitação sísmica de edifícios de betão armado” , Engebook, Porto.
-

- Cunha, L., Soares, A., Tavares, A., Marques, J. (1999). “O “Julgamento” geomorfológico de Coimbra. O testemunho dos depósitos quaternários”. Actas do I Colóquio de Geografia de Coimbra. Cadernos de Geografia n.º Especial, pp.15-26.
- Decreto Lei n.º 95/2019. Diário da República n.º 136/2019, Série I. Presidência do Conselho de Ministros, Lisboa.
- Gonçalves, M. (2013). “Revestimento de piso em pedra calcária – adequabilidade, patologia e manutenção”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, IST, Lisboa.
- Helder (2010). “Alma de tabique”. Página do Site Olhares. Acedido a 1 de novembro de 2020. <https://olhares.com/alma-de-tabique-foto3500902.html>
- Inácio, C. (2016). “Estudo do Solo enquanto material de Construção Sustentável”. Departamento de Engenharia Civil, FCTUC, Coimbra.
- Jorge, F., Fernandes, M., Correia, M. (2005). “Arquitectura de Terra em Portugal”, Lisboa.
- Jorge, V. (2011). “tabique”. Página do Site Olhares. Acedido a 1 de novembro de 2020. <https://olhares.com/tabique-foto4614931.html>
- Lopes, D. (2011). “A Reabilitação Urbana em Portugal”. Dissertação de Mestrado em Economia e Gestão das Cidades. FEUP, Porto.
- Lopes, M., Bento, R. (2005). “A Construção Pombalina”. Instituto de História Contemporânea, Lisboa.
- Mesquita, L. (2016). “Arquitectura e o moderno culto do comércio: proposta de requalificação do Centro Comercial Avenida”. Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitectura, Departamento de Arquitectura, FCTUC, Coimbra.
- Mota, K. (2009). “Caracterização e tipificação *in situ* de paredes de alvenaria de pedra”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto.
- Parreira, D. (2007). “Análise Sísmica de uma Construção em Taipa”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Pinho, F. (1997). “Sistematização do estudo sobre paredes de edifícios antigos”. Ingenium, 2º série, Nº 19, pp. 49-59.
-

- Prista, P. (2005). “Taipa e Adobe na Etnografia Portuguesa”. In Fernandes, Maria e Correia, Mariana (eds). *Arquitetura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum, pp.108-113.
- Roque, J. (2002). “Reabilitação Estrutural de Paredes Antigas de Alvenaria”. Universidade do Minho, Braga.
- Sousa, H. (2003). “Construções em Alvenaria”, Apontamentos. FEUP, Porto.
- Teixeira, M.(2008). “Reabilitação de edifícios pombalinos”. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Torgal, F., Eires, R., Jalali, S. (2009). “Construção em Terra”. Universidade do Minho, Braga.
- Torgal, F., Jalali, S. (2009). “Construção em terra: o passado, o presente e o futuro”. Universidade do Minho, Braga.
- Veiga, M. (2007). “Revestimento de paredes em edifícios antigos”. Seminário Univer(s)cidades – desafios e propostas da candidatura”. Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Website* do LNEC (2005). “Informações de interesse geral, A gaiola como génese da construção anti-sísmica”. Acedido em 4 de março de 2021. [http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/images/gaiol\\_const\\_sism\\_3.jpg](http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/images/gaiol_const_sism_3.jpg)
- Website* do LNEC (2005). “Informações de interesse geral, A gaiola como génese da construção anti-sísmica”. Acedido em 4 de março de 2021. [http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/gaiol\\_const\\_sism.html](http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/gaiol_const_sism.html)
- Website* do museu NK’MIP. “Desert Cultural Centre”. Acedido a 1 de novembro de 2020. <https://nkmipdesert.com/wp-content/uploads/Cultural-Centre-1-1024x682.jpg>
- Website* da Wikipédia (adaptado). Acedido a 5 de março de 2021. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Coimbra\\_%28Braun\\_-\\_Hogenberg%2C\\_1598%29.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Coimbra_%28Braun_-_Hogenberg%2C_1598%29.jpg)
-