



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Estudo da Reabilitação em "Ponte" de Fissuras em Paredes de Alvenaria

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil
na Especialidade de Construções

Autor

Paulo Jorge Caril Correia Tenente Póvoa

Orientador

Professor Doutor José António Raimundo Mendes da Silva

Professora Doutora Maria Isabel Moraes Torres

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correcções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Janeiro, 2012

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas, instituições e empresas, que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho, expresso aqui o meu mais profundo agradecimento.

Aos meus orientadores, Professor Doutor José António Raimundo Mendes da Silva e Professora Doutora Maria Isabel Moraes Torres, por toda a sua sapiência, palavras de incentivo e tempo despendido na realização deste trabalho.

Ao ITeCons pela cedência das suas instalações para a realização dos ensaios laboratoriais e a todos os seus colaboradores, em especial ao Eng. Saul e ao Eng. António Nascimento, por toda a ajuda e tempo disponibilizado. E ainda à Robbialac pelo material oferecido, sem o qual seria mais difícil a execução deste trabalho.

Ao meu colega e amigo Luís Oliveira, pela colaboração e boa disposição durante todo o tempo que passámos juntos na realização deste trabalho.

A todos os meus amigos pelo apoio, ajuda, preocupação e interesse que demonstraram ao longo da realização deste trabalho.

À minha amiga e namorada pela compreensão e paciência por todo o tempo que não estive presente.

Por fim, o meu maior agradecimento aos meus pais e irmão por tudo aquilo que fizeram e fazem por mim, pelo apoio que me deram durante a realização deste trabalho, do meu curso e ao longo de toda a minha vida.

RESUMO

A fissuração das paredes de alvenaria é um dos defeitos mais frequentes nos edifícios atuais, com graves repercussões no seu desempenho face a exigências de aspeto, conforto, resistência mecânica, estabilidade e estanquidade à água da chuva. Neste trabalho apresenta-se uma síntese das principais patologias existentes na construção, dando especial relevo à fissuração das paredes de alvenaria sem função estrutural, referenciando as suas principais causas e correspondentes técnicas de reparação.

Dentro das técnicas de reparação, a que mais importa para este trabalho é a técnica de reabilitação em "ponte", da qual se faz uma descrição mais detalhada., descrevem-se as suas áreas utilização, o modo de aplicação, as suas condicionantes e os principais erros cometidos em cada uma das suas fases.

Numa segunda fase, caracteriza-se experimentalmente esta técnica, sob ações mecânicas de compressão, tração e corte, fazendo-se variar a largura da banda de parede a reparar, com o objetivo de se medirem as suas cargas e deformações.

Após a análise dos ensaios, verificou-se que a largura da banda de parede a reparar tem alguma influência na resistência final da reparação. Os resultados obtidos apesar de estatisticamente pouco relevantes, dado o número reduzido de provetes ensaiados, foram os esperados.

Com este trabalho procurou-se contribuir para criar um documento de apoio, com base em fundamentos teóricos, que no futuro possibilitarão a aplicação desta técnica de uma forma mais prática e económica.

Palavras-chave: "Reabilitação em ponte", "Reparação", "Alvenarias", "Paredes", "Fissuração", "Patologias", "Banda de argamassa".

ABSTRACT

The cracking in masonry walls is one of the most common faults in today's buildings, which has major repercussions in their final performance, concerning the appearance, comfort, mechanical resistance, security and rain water tightness. The present work introduces a summary of the main construction pathologies, with special attention to the cracking in masonry walls with no structural function, mentioning its causes and their respective recovery techniques.

In the present work, among the recovery techniques, the cracking repair with dessolidarisation layer technique is specially focused with detailed approach concerning its application areas, how to administer, its requirements and the main common mistakes for each step.

On a second approach, the above technique is experienced upon mechanical actions of compression, traction and cutting, only changing the bandwidth of the wall to be repaired, with the aim to measure its loads and defects.

After reviewing the test results, it's noticeable that the bandwidth of the wall has some influence on the final resistance of the recovery. The obtained results, in spite of being minor to the statistics, given the small number of produced samples, had the expected result.

The aim of this work is to contribute to a helpful document with theoretical fundamentals, that, in the future, will provide a most practical and economical way to use this technique.

Keywords: "Cracking repair with dessolidarisation layer", " Repair ", "Masonry", "Walls", "Cracking", "Pathology", "Mortar band" .

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivo e metodologia	1
1.3	Estrutura.....	2
2	PATOLOGIAS.....	3
2.1	Introdução	3
2.2	Anomalias	3
2.2.1	Humidade	3
2.2.2	Fissuração	8
2.2.3	Envelhecimento e degradação dos materiais	18
2.2.4	Desajustamento face a exigências	18
2.3	Causas prováveis das anomalias	18
2.3.1	Erros de projeto	19
2.3.2	Erros de execução.....	20
2.3.3	Ações ambientais.....	20
2.3.4	Ações acidentais naturais.....	21
2.3.5	Ações acidentais de origem humana	21
2.3.6	Falhas na manutenção.....	21
2.3.7	Alteração das condições inicialmente previstas.....	22
3	TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO	23
3.1	Introdução	23
3.2	Reabilitação corretiva de patologias não estruturais	23
3.2.1	Eliminação das anomalias.....	24
3.2.2	Substituição dos elementos e materiais afetados.....	24
3.2.3	Ocultação das anomalias.....	24
3.2.4	Proteção contra agentes agressivos	25
3.2.5	Eliminação das causas das anomalias.....	25

3.2.6	Reforço das características funcionais.....	25
3.3	Reparação de fissuras em função das suas causas	26
3.4	Técnica de reabilitação de fissuras em "ponte"	27
3.4.1	Descrição geral.....	27
3.4.2	Variantes simplificadas.....	27
3.4.3	Aplicação e condicionantes.....	28
3.4.4	Precauções a tomar na aplicação da técnica.....	29
4	TRABALHO EXPERIMENTAL.....	30
4.1	Introdução	30
4.1.1	Enquadramento e objetivos.....	30
4.1.2	Escolha dos materiais	31
4.2	Caracterização dos materiais	32
4.2.1	Tijolo.....	32
4.3	Provetes	32
4.3.1	Geometria e tipo de provetes.....	32
4.3.2	Execução dos provetes e condicionantes.....	35
4.4	Programa geral dos ensaios.....	37
4.4.1	Identificação dos ensaios	37
4.4.2	Condições de realização dos ensaios	37
4.4.3	Tipos de ocorrências observadas.....	39
4.5	Descrição, análise e resultados dos ensaios.....	40
4.5.1	Compressão.....	40
4.5.2	Tração	42
4.5.3	Corte	48
4.6	Síntese dos resultados dos ensaios	51
5	CONCLUSÃO.....	55
5.1	Síntese geral.....	55
5.2	Conclusões dos diversos subtemas.....	55
5.3	Perspetivas de trabalhos futuros.....	56
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1- Síntese das ocorrências de anomalias não estruturais (SILVA, 1998)	4
Figura 2.2- Fissuras devido a movimentos da fundação (PEREIRA, 2005).....	10
Figura 2.3- Fissuras devido à atuação excessiva de cargas (PEREIRA, 2005).....	12
Figura 2.4- Fissuras devido à deformação do suporte (PEREIRA, 2005)	14
Figura 2.5- Fissuras devido a movimentações térmicas (PEREIRA, 2005)	16
Figura 2.6- Fissuras devido a alteração do teor de humidade (PEREIRA, 2005).....	17
Figura 3.1- Esquema da reparação de fissuras em ponte (SILVA, 2002).....	28
Figura 4.1- Materiais utilizados na campanha experimental.....	31
Figura 4.2- Produção da argamassa	33
Figura 4.3- Tipos de provetes adotados na realização dos ensaios mecânicos	34
Figura 4.4- Modelo do ensaio de compressão	40
Figura 4.5- Gráfico ciclo-deslocamentos dos ensaios de compressão cíclica	42
Figura 4.6- Modelo do ensaio de tração.....	43
Figura 4.7- Gráfico carga-deformação dos ensaios de tração	45
Figura 4.8- Gráfico carga-largura de banda dos ensaios de tração.....	45
Figura 4.9- Área para o cálculo das tensões.....	46
Figura 4.10- Diagrama presumido para as tensões de corte.....	47
Figura 4.11- Modelo do ensaio de corte.....	48
Figura 4.12- Gráfico carga-deformação dos ensaios de corte.....	50
Figura 4.13- Gráfico carga-largura de banda dos ensaios de corte.....	50

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1- Erros correntes na reabilitação de fissuras em "ponte" (SILVA, 1998).....	29
Quadro 4.1- Procedimento para a execução dos provetes.....	35
Quadro 4.2 (continuação) - Procedimento para a execução dos provetes.....	36
Quadro 4.3- Lista de ensaios realizados.....	38
Quadro 4.4- Resumo das ocorrências observadas	39
Quadro 4.5- Resultados globais dos ensaios cíclicos de compressão	41
Quadro 4.6- Resultados globais dos ensaios de tração	44
Quadro 4.7- Resultados globais dos ensaios cíclicos de tração.....	44
Quadro 4.8- Cálculo da tensão de aderência	47
Quadro 4.9- Cálculo da tensão média de resistência à tração	48
Quadro 4.10- Resultados globais dos ensaios de corte.....	49
Quadro 4.11- Resultados globais dos ensaios cíclicos de corte	49
Quadro 4.12- Resumo dos resultados dos ensaios.....	51

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

As alvenarias de tijolo têm grande influência no desempenho geral dos edifícios, nomeadamente no que respeita à sua habitabilidade, segurança e durabilidade. Com a função de separar o espaço exterior do interior, bem como a de compartimentar e definir os espaços interiores, esta tem sido ao longo dos tempos, a solução construtiva mais utilizada na edificação de paredes. O custo dos trabalhos em alvenarias, incluindo revestimentos, representa em Portugal cerca de 12% a 17% do custo global dos edifícios, esta percentagem reflete a importância que este elemento assume no valor final de uma construção (SOUSA, 2002).

Apesar da sua importância funcional, estética e económica, as alvenarias sem função estrutural são normalmente negligenciadas. Quer na fase de projeto, quer aquando da sua execução, estas são menosprezadas, dando posteriormente origem a anomalias que colocam em causa a sua segurança, conforto e salubridade. É fundamental prevenir este fenómeno e, quando tal não for possível, procurar corrigi-lo da forma mais eficaz.

Na sua grande maioria, essas anomalias estão identificadas e devidamente documentadas, bem como as suas causas e processos de recuperação. Apesar disso, para uma correta reabilitação, é necessário que a solução dos problemas deixe de assentar em intervenções puramente experimentais, e passe a ser resultado de metodologias de investigação técnico-científicas.

Assim, e tendo em conta a crescente aposta na área da reabilitação, surge a oportunidade de contribuir com um estudo que visa aprofundar o conhecimento na área da reabilitação de fissuras, mais especificamente na técnica de reabilitação de fissuras em "ponte". Pretende-se com este trabalho criar um documento de apoio a esta técnica, com base em fundamentos teóricos, que no futuro possibilitarão a sua aplicação de uma forma mais prática e económica.

1.2 Objetivo e metodologia

A presente dissertação, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, tem como objetivo principal aprofundar o conhecimento na área da reparação de fissuras, em particular da técnica de reabilitação em "ponte".

Pretende-se através de uma pesquisa bibliográfica relacionada com o tema, assim como pela realização de ensaios experimentais, criar um documento de apoio que ajude a sistematizar os passos necessários à sua aplicação.

1.3 Estrutura

A presente dissertação organiza-se em 5 capítulos, onde se reúne a informação relativa à formulação do problema, ao estado atual do conhecimento neste domínio e ao trabalho experimental.

No primeiro capítulo, definem-se o interesse do trabalho, os objetivos estabelecidos bem como a metodologia a adotar e estrutura da dissertação.

O segundo capítulo é dedicado ao "estado da arte". Efetua-se uma abordagem geral às patologias passíveis de serem identificadas e diferenciadas por observação visual, tato ou desconforto em paredes de alvenaria. São apresentadas as suas causas, subdivididas consoante a sua natureza (erros de projeto, erros de execução, ações ambientais, entre outras). É dada uma maior importância às patologias que originam fissuração, com o objetivo de introduzir o tema sobre o qual incide esta dissertação.

No terceiro capítulo, são apresentadas algumas medidas gerais para a reabilitação de patologias não estruturais, em particular para a reparação de fissuras em função das suas causas. São ainda abordadas algumas questões teóricas subjacentes à técnica de reabilitação em "ponte".

No quarto capítulo, relata-se o trabalho experimental realizado. Começa-se por fazer o seu enquadramento, a exposição dos objetivos e suas condicionantes. De seguida descrevem-se os materiais constituintes, a montagem dos provetes, e os ensaios experimentais. Por fim é feita a apreciação crítica dos resultados.

O quinto capítulo, apresenta, de uma forma resumida, as conclusões obtidas no decorrer da elaboração desta dissertação, relatam-se as dificuldades sentidas e reflete-se sobre os objetivos propostos e como foram abordados e concretizados. Apresentam-se ainda algumas propostas para a realização de trabalhos futuros.

2 PATOLOGIAS

2.1 Introdução

O presente capítulo tem como objetivo a apresentação da informação sobre as características, causas e consequências das patologias não-estruturais na sua generalidade, bem como medidas de prevenção e de reabilitação da fissuração de paredes não estruturais de alvenaria de tijolo.

2.2 Anomalias

As patologias de carácter não-estrutural das construções podem ocorrer de diversas formas, estas variam com as partes dos edifícios atingidas, com a natureza dos materiais e técnicas de construção utilizadas, quer ainda com a origem, as causas e os períodos de ocorrência das anomalias. A Figura 2.1 resume os vários tipos de anomalias construtivas de carácter não estrutural que podem ocorrer nos edifícios (PAIVA, 1985).

2.2.1 Humidade

A humidade, nas suas mais diversas formas de manifestação, constitui o principal agente de degradação dos materiais que compõem uma parede de alvenaria. A presença de água no interior dos materiais contribui para a alteração das suas propriedades físicas, afetando as condições de habitabilidade e de durabilidade dos edifícios.

(PAIVA, 1985) separa as formas de manifestação de humidades em seis grupos, estando cada grupo intimamente associado à sua origem.

2.2.1.1 *Humidade de construção*

A água entra na composição da maioria dos materiais atualmente empregues na construção ou em ações de reparação de edifícios, como por exemplo na confeção de argamassas e betões, ou na colocação de tijolos durante a execução de alvenarias. Além da água necessária para as operações de execução e aplicação de materiais em obra, os edifícios em construção podem ainda ser sujeitos à ação direta da chuva, enquanto não se encontram protegidos com cobertura e revestimentos estanques.

Regra geral as anomalias devidas a este tipo de humidade manifestam-se no decorrer do primeiro ano após a construção, desaparecendo após esse período.

2.2.1.2 *Humidade do solo*

A humidade proveniente do solo tende a afetar os pavimentos e as paredes dos pisos térreos e caves. Esta tende a penetrar pela parte inferior das fundações e pelos paramentos em contacto com o solo, quer horizontalmente, quer ascendendo por capilaridade, vindo posteriormente a manifestar-se na parte não enterrada da alvenaria.

A ascensão da água nas paredes pode atingir alturas variáveis, que dependem de diversos fatores:

- Natureza da humidade;
- Existência de sais solúveis no terreno ou nas paredes;
- Porosidade dos materiais;
- Espessura das paredes.

A partir da observação das manifestações de humidade nas paredes é possível identificar a natureza das águas no solo. As águas superficiais, que ocorrem quando as paredes estão implantadas de tal forma que as pendentes do terreno adjacente se encontram voltadas para a mesma, permitindo a escorrência da água sobre ela, tendem a manifestar-se de forma localizada e a afetar um número restrito de construções. Por outro lado as águas freáticas abrangem um número de construções bastante maior, manifestando-se de forma uniforme em paredes de igual constituição, mantendo-se constante ao longo do ano.

Os sais existentes no terreno e nos materiais de construção, após terem sido dissolvidos pela água são transportados através da parede por capilaridade. Quando a água atinge as superfícies das paredes e se evapora, os sais cristalizam e ficam aí depositados, provocando a colmatação dos poros e conseqüentemente uma redução da permeabilidade dos materiais ao vapor de água, dando origem a que o nível atingido pela ascensão capilar possa aumentar. Os sais depositados nas superfícies propiciam, por outro lado, a ocorrência de fenómenos de higroscopicidade, fenómenos estes que perduram mesmo após terem sido resolvidos os problemas devidos à ascensão de água nas paredes.

Quando a cristalização dos sais ocorre sobre a superfície da parede, este fenómeno dá origem à formação de eflorescências, quando a deposição dos sais e respetiva cristalização ocorre sob os revestimentos de parede, dá origem a criptoflorescências.

2.2.1.3 *Humidade de precipitação*

A penetração da água da chuva nas paredes depende de vários fatores, uns inerentes aos materiais de construção (porosidade, fissuras, etc.), outros a fatores externos a estes (intensidade da precipitação, ação do vento, etc.).

A utilização de materiais de qualidade duvidosa ou inadequados, ou a má execução dos elementos da envolvente do edifício, levam a que as infiltrações na superfície desses elementos, devido à água da chuva, estejam facilitadas.

A humificação dos materiais devido à ação da água da chuva ocorre sobretudo depois de períodos de precipitação intensa ou de longa duração, que pode ser agravada pela ação do vento.

A penetração da água da chuva pode verificar-se em superfície corrente no caso de paredes constituídas com materiais porosos e com o paramento exterior indevidamente protegido contra essa penetração. No entanto, é nos pontos singulares que a água penetra com maior frequência e de um modo mais crítico.

Os pontos de maior vulnerabilidade às infiltrações são:

- As ligações dos panos de paredes de preenchimento de malhas estruturais com elementos da estrutura e com os peitoris e guarnecimentos dos vãos de janela;
- As juntas de argamassa de assentamento dos tijolos ou blocos de alvenarias, em particular quando estas não são revestidas;
- Áreas desagregadas ou destacadas de revestimento exteriores;
- Fissuras nas paredes, com consequências de acrescida gravidade se os revestimentos forem impermeáveis;
- Caixa-de-ar de paredes duplas obstruídas com argamassa e outros materiais estranhos, ou sem uma drenagem eficiente;
- Peitoris fissurados ou sem pendente adequada na sua face superior;
- Platibandas desprovidas de capeamento estanque.

São características deste tipo de humidade as eflorescências, criptoflorescências, ocorrência de bolores, manchas de humidade e água visível, acompanhadas por vezes de difusão de humidade em círculos concêntricos, que aparecem em paredes exteriores muito batidas pelas chuvas e pelo vento.

2.2.1.4 *Humidade de condensação*

O ar é uma mistura de gases e vapor de água. A humidade de condensação provém desse vapor de água existente no ar, que se condensa quando a temperatura é igual ou inferior à temperatura de ponto de orvalho.

No geral a temperatura na superfície interior das paredes das edificações tende a ser inferior à temperatura do ambiente, especialmente nas estações de maior frio. O aumento da produção de vapor de água, (respiração, aquecimento de água, confeção de alimentos, banhos, etc.), resultado da ocupação do edifício pelo homem, origina situações em que o fenómeno de condensação superficial na superfície das paredes é facilitado.

As patologias associadas à humidade de condensação manifestam-se através do aparecimento de manchas de humidade e de bolores. Apesar de na maioria dos casos as paredes afetadas sejam as que separam o espaço exterior do interior, especialmente em zonas de pontes térmicas, o fenómeno da condensação pode também ocorrer em paredes que delimitam os espaços interiores, como é o caso muito corrente de anomalias nas paredes de instalações sanitárias.

Torna-se essencial uma correta ventilação dos espaços, de forma a diminuir esse excesso de vapor de água existente no ar, para que este fenómeno seja evitado.

2.2.1.5 *Humidade devido à higroscopicidade dos materiais*

Um grande número de materiais de construção apresenta na sua constituição sais solúveis em água, assim como os solos, especialmente em locais ricos em matérias orgânicas.

A existência de sais no interior das paredes não é, em circunstâncias correntes, particularmente gravosa, no entanto, se as paredes forem humedecidas os sais dissolvidos acompanharão as migrações da água até às superfícies onde cristalizarão designadamente sob a forma de eflorescências e criptoflorescências (HENRIQUES, 1994).

Alguns destes sais são higroscópicos, isto é, têm a propriedade de absorverem humidade do ar dissolvendo-se, quando a humidade relativa do ar está acima de 65-75%, voltando a cristalizar, proporcionando um aumento significativo de volume, quando a humidade relativa baixa daqueles valores. Como se sabe, as condições ambientais de um determinado espaço podem variar bastante e várias vezes ao longo do dia, propiciando a ocorrência de diversos ciclos de dissolução-cristalização dos sais. A repetição destes ciclos pode dar origem a anomalias de grande significado (HENRIQUES, 1994).

As anomalias devidas a fenómenos de higroscopicidade são caracterizadas pelo aparecimento de manchas de humidade em locais com fortes concentrações de sais, encontrando-se associadas à degradação do revestimento das paredes.

2.2.1.6 Humidade devido a causas fortuitas

São várias as causas que proporcionam fenómenos de ocorrência accidental de humidades nos edifícios. Estas caracterizam-se de uma forma geral pela sua natureza pontual, e localização bem definida.

De entre as situações mais frequentes de humidade por causas fortuitas, destacam-se os derrames verificados nas instalações de águas e de esgotos, derivados da perda de estanquidade das canalizações ou de certos componentes (torneiras, válvulas, autoclismos), inundações nos edifícios provocados por torneiras deixadas abertas por descuido, humidificações de pavimentos e das bases das paredes, e repasses de água para compartimentos vizinhos e para andares inferiores, devido à lavagem de pisos por processos inadequados e com recurso a quantidades excessivas de água.

2.2.2 Fissuração

Uma fissura pode definir-se como uma descontinuidade física, provocada localmente num elemento construtivo ou material de construção por um processo de rotura, resultante do estado de tensão nele instalado. Esta descontinuidade, ou fenda, tem, em geral, uma direção preferencial de desenvolvimento (segundo a qual se define o seu comprimento) e duas direções secundárias (segundo as quais se define a abertura e a profundidade) (SILVA, 1998).

2.2.2.1 Fissuras devido a movimentos da fundação

Os solos são constituídos essencialmente por partículas sólidas, água, ar e, frequentemente, por material orgânico. Ao serem aplicadas cargas externas todos os solos, em maior ou menor percentagem, deformam-se.

A capacidade de carga e deformação dos solos não são constantes, sendo função de diversos fatores (PEREIRA, 2005):

- Tipo e estado do solo (areias nos vários estados de compacidade ou argilas nos vários estados de consistência);
- Disposição do lençol freático;
- Intensidade da carga, tipo de fundação (direta ou profunda) e cota de apoio da fundação;

- Dimensões e formato da sapata (sapatas quadradas, retangulares, circulares);
- Interferência das fundações vizinhas.

Os solos de fundação podem ter diversos tipos de comportamento, consoante sejam solos arenosos ou solos argilosos. Se o solo for uma areia compacta ou uma argila dura, os assentamentos decorrem essencialmente de deformações por mudança de forma, função da carga atuante e do módulo de deformação do solo. No caso de solos moles os assentamentos são basicamente provenientes da sua redução de volume, já que a água presente no bolbo de tensões das fundações tenderá a percolar para regiões sujeitas a pressões menores (PEREIRA, 2005). Deste modo, todas as soluções construtivas em que as tensões, transmitidas ao solo pelas fundações, tenham uma alargada gama de valores são propícias à ocorrência de assentamentos diferenciais (Figura 2.2- a).

As soluções de fundação em solos heterogéneos ou com diferentes compacidades ou, ainda, com profundidades muito diversas, são também propícias a este fenómeno. Com solos muito heterogéneos, pode ocorrer, ainda, a situação insólita de se verificarem maiores assentamentos nos solos menos deformáveis, quando se opta pela utilização simultânea de fundações diretas e indiretas (estacas), utilizando as segundas nas zonas com menor capacidade de carga (SILVA, 1998) (Figura 2.2- b).

O aumento e diminuição do teor de humidade provoca nos solos argilosos expansões e contrações, chegando mesmo a retrair até à fissuração, por exemplo sob a ação do sol. Todos os movimentos do solo com carácter cíclico ou aleatório constituem um risco agravado no que respeita à fissuração das paredes, uma vez que aumentam a probabilidade da ocorrência de movimentos diferenciais, em particular quando dependem de causas externas ao edifício. Interessa, por isso, no caso dos solos com altos teores de argila, prever e prevenir todos os eventos que possam alterar o seu grau de humidade. (SILVA, 1998) refere alguns exemplos que ilustram bem o que foi dito:

- O rebaixamento localizado do nível freático implica assentamentos diferenciais, que só poderão ser inócuos se as fundações - e a estrutura em geral - tiverem uma rigidez adequada para os suportar;
- A alteração uniforme do nível freático que pode ocorrer, quer por simples efeito sazonal, quer por realização de grandes obras de drenagem ou fluviais a uma distância suficientemente grande para garantir a uniformidade da alteração e suficientemente pequena para se fazer sentir; admite-se que não tenha consequências significativas, sendo no entanto de esperar alguma fissuração nos revestimentos mais frágeis;
- O corte de árvores de grande porte nas proximidades do edifício pode alterar localmente o teor de humidade a média profundidade;

- A rotura de canalizações enterradas: quando há roturas ou fugas generalizadas em grandes condutas (em particular de esgotos, cuja deteção pode ser mais demorada), pode desencadear-se um processo de expansão lento e heterogéneo dos solos confinantes;
- A grande movimentação de terras e eventual construção de muros nas imediações de um edifício podem alterar, quer as tensões do solo, quer a circulação das linhas de água subterrâneas ou o nível freático, com as consequências inerentes (Figura 2.2- c);
- A construção de edifícios de grande porte com fundações pouco profundas pode provocar grandes alterações das tensões no solo, gerando fluxos de água que afetam a zonas mais próximas do solo de fundação de edifícios de pequeno porte em terrenos confinantes (Figura 2.2- c)

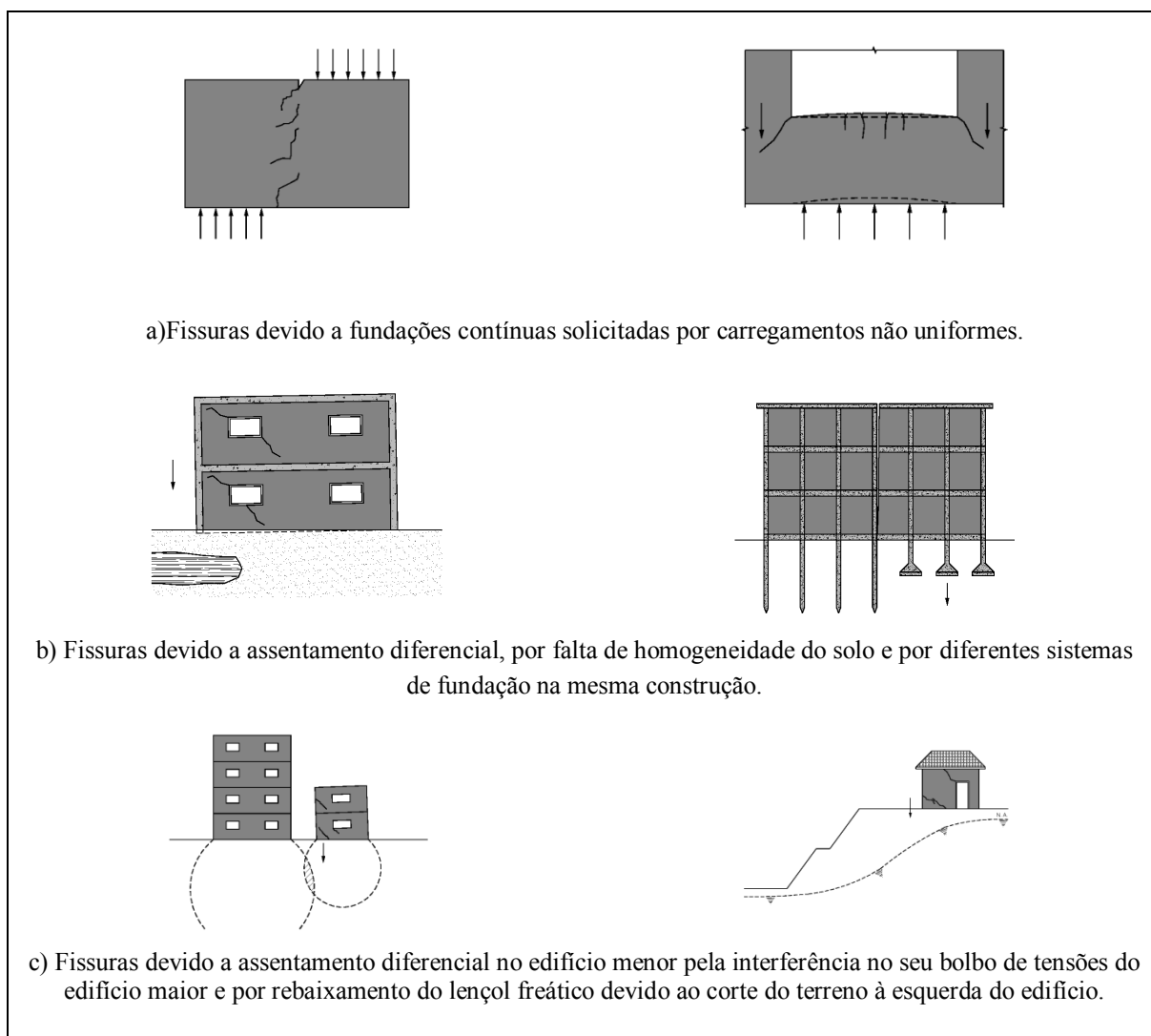


Figura 2.2- Fissuras devido a movimentos da fundação (PEREIRA, 2005)

2.2.2.2 *Fissuras devido a concentração excessiva de cargas*

Pode considerar-se carga excessiva, qualquer solicitação externa, prevista ou não em projeto, capaz de provocar a fissuração de um componente com ou sem função estrutural (PEREIRA, 2005).

As cargas aplicadas a paredes sem função estrutural deveriam resumir-se apenas ao seu peso próprio (incluindo revestimentos), fixação de peças de mobiliário e pequenos equipamentos (armários, louças sanitárias, etc.) e a ações correntes de utilização, cuja ordem de grandeza não deveria gerar, em princípio, fenómenos de fissuração. No entanto, é frequente o aparecimento de anomalias, neste tipo de paredes, sob a ação de cargas excessivas, excêntricas ou concentradas (SILVA, 1998).

Em paredes contínuas sujeitas a sobrecargas uniformemente distribuídas, podem surgir dois tipos característicos de fissuras (Figura 2.3- a). Fissuras verticais, provenientes da deformação transversal da argamassa sob a ação das tensões de compressão, ou da flexão local dos componentes de alvenaria. Ou fissuras horizontais, provenientes da rutura por compressão dos componentes de alvenaria ou da própria argamassa de assentamento, ou ainda, de solicitações de flexão axial da parede (PEREIRA, 2005).

A atuação excessiva de cargas localizadas (concentradas) também pode provocar a rutura dos componentes de alvenaria na região de aplicação da carga e/ou o aparecimento de fissuras inclinadas a partir do ponto de aplicação (Figura 2.3- b). Em função da resistência à compressão dos componentes de alvenaria é que poderá predominar uma ou outra das anomalias citadas (PEREIRA, 2005).

Nos painéis de alvenaria onde existem aberturas, as fissuras formam-se a partir dos vértices dessa abertura e sob o peitoril. Essas fissuras, poder-se-ão manifestar segundo diversas configurações, em função da influência de diversos fatores, tais como: dimensões do painel de alvenaria e da abertura; posição que a abertura ocupa no painel; anisotropia dos materiais que constituem a alvenaria; dimensões e rigidez de vergas e contra vergas; etc. A maior deformação da alvenaria e a eventual deformação do suporte nos tramos mais carregados da parede, fora das aberturas, originam fissuras com as configurações indicadas na Figura 2.3- b.

2.2.2.3 *Fissuras devido a deformação excessiva do suporte*

As exigências arquitetónicas e económicas levam a que as estruturas sejam cada vez mais ligeiras, esbeltas e flexíveis. As vigas e lajes deformam-se naturalmente sob a ação do peso próprio, das cargas aplicadas e mesmo sob o efeito da retração e deformação lenta do betão.

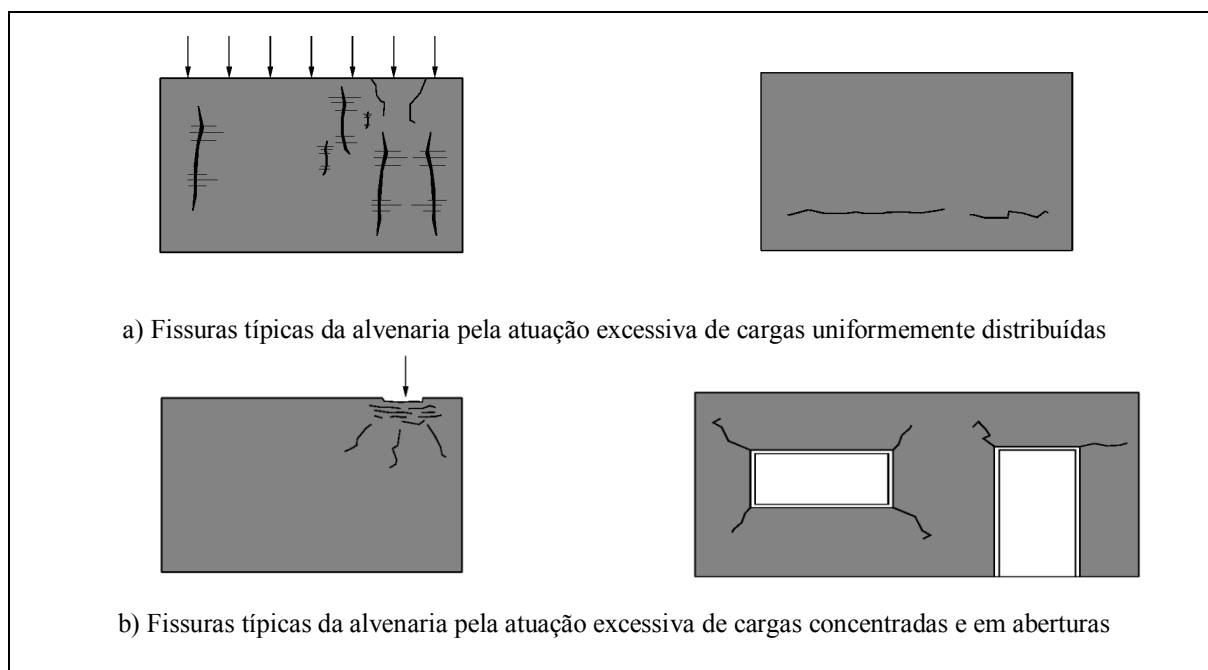


Figura 2.3- Fissuras devido à atuação excessiva de cargas (PEREIRA, 2005)

As flechas admitidas a estes elementos, que em nada comprometem a sua própria estabilidade e estética, podem no entanto não ser compatíveis com a capacidade de deformação das paredes. Pode dizer-se que as alvenarias são um dos componentes da construção mais suscetíveis à ocorrência de fissuras pela deformação do suporte.

De acordo com (THOMAZ, 1989), para paredes sem aberturas de portas ou janelas, existem três configurações típicas de fissuras (Figura 2.4- a).

No primeiro caso, admite-se que o pavimento inferior se deforma mais que o pavimento superior. As fissuras surgem inclinadas junto aos cantos superiores da parede, devido ao carregamento não uniforme da viga superior sobre esta, pois há a tendência para a transferência da carga para as extremidades de apoio. Na parte inferior da parede normalmente surge uma fissura horizontal na 1ª ou 2ª junta de assentamento. O efeito de arco, resultante do comprimento da parede ser superior à sua altura, leva a que a fissura horizontal tenda a desviar-se em direção aos vértices inferiores da parede. Para alvenarias com boa resistência à tração e ao corte, a parede pode permanecer apoiada nas extremidades da viga (efeito de arco), resultando um destacamento entre a base da alvenaria e a viga de suporte.

No segundo caso, admite-se que o pavimento superior tem uma deformação maior que o pavimento inferior. A parede passa a funcionar como um elemento portante, com

comportamento semelhante ao de uma viga. Surge uma fissura vertical, na zona central inferior da parede, como resultado das trações horizontais instaladas.

Na última configuração proposta, admite-se que a deformação do pavimento superior e inferior é, aproximadamente, igual. Neste caso a parede é sujeita a tensões de corte, comportando-se como se fosse uma viga-parede deficientemente armada. As fissuras começam por aparecer nos cantos inferiores da parede, propagando-se a 45° a partir dos apoios.

Ao serem introduzidas aberturas nas paredes as configurações típicas de fissuração apresentadas perdem a sua validade. Surgem diversos tipos de configuração de fissuras, em função da posição e tamanho dessas aberturas, da extensão da parede e da intensidade da movimentação. A Figura 2.4- b, ilustra alguns dos tipos de fissuras que podem ser observadas no caso de paredes com aberturas.

Há ainda que referir mais duas situações de deformação do suporte que apresentam configurações típicas e distintas de fissuração. As paredes apoiadas em elementos estruturais em consola e o efeito da rotação de pavimentos apoiados em paredes (Figura 2.4- c).

No primeiro caso, a deformação do elemento estrutural em consola, pode provocar o aparecimento de fissuras de corte na alvenaria ou o seu destacamento da estrutura.

No segundo caso, devido à rotação do pavimento no apoio por excessiva deformação do pavimento, pode desenvolver-se junto da base da parede uma fissura horizontal que se estende praticamente por todo o seu comprimento.

2.2.2.4 Fissuras devido a movimentações térmicas

Todos os elementos construtivos que compõem um edifício estão sujeitos a variações de temperatura, horárias, diárias e sazonais e cada um tem uma reação própria em relação a essas solicitações térmicas, em função da respetiva geometria, condições de exposição, existência de eventuais elementos de proteção e, sobretudo, em função dos materiais que o constituem (SILVA, 1998).

Essas alterações de temperatura dão origem a uma variação dimensional dos materiais, provocando a sua dilatação ou contração. Tais movimentos ao serem restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os elementos geram tensões que podem provocar o aparecimento de fissuras.

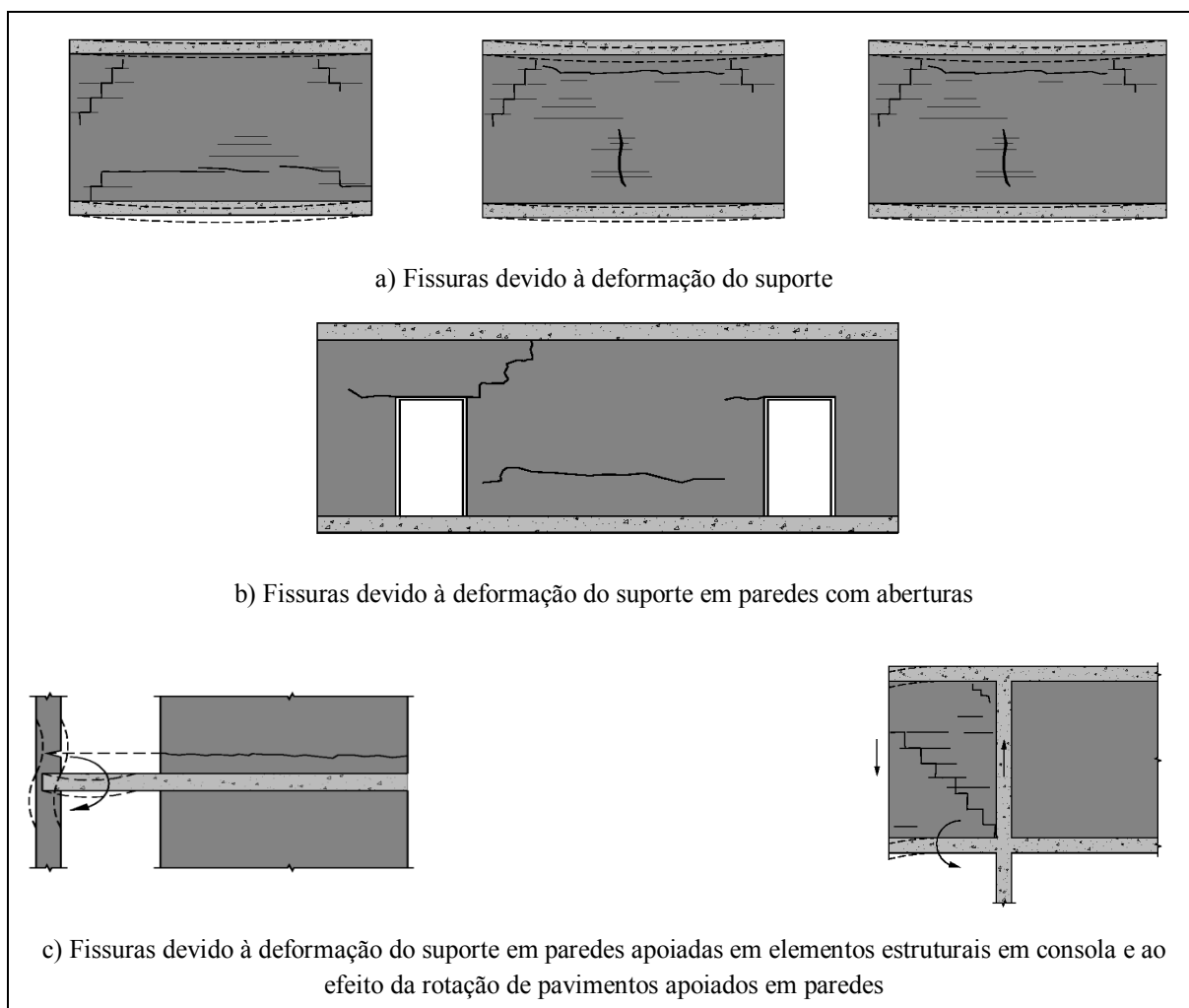


Figura 2.4- Fissuras devido à deformação do suporte (PEREIRA, 2005)

No caso das movimentações térmicas entre os diferentes componentes de um mesmo elemento (por exemplo argamassa de assentamento e tijolo), é importante considerar-se não só a amplitude da movimentação, como também a rapidez com que esta ocorre. Se essa movimentação se der de uma forma gradual e lenta muitas vezes um material que apresenta menor resposta ou que é menos solicitado às variações da temperatura pode absorver movimentações mais intensas do que um material ou componente a ele justaposto; o mesmo pode não ocorrer se a movimentação for brusca (PEREIRA, 2005).

Nas paredes de alvenaria a fissuração de origem térmica pode ser devida, quer a movimentos da própria parede, quer à dilatação ou contração de outros elementos construtivos às quais se encontre ligada rigidamente, em particular coberturas e estruturas porticadas (VICENTE, 2002).

As coberturas são regra geral o elemento com maior exposição à radiação solar, em particular quando são planas e têm revestimentos de cor escura. O aquecimento diurno, devido à maior exposição solar, contrasta com o arrefecimento noturno, onde o calor é perdido para atmosfera, mais fria (VICENTE, 2002).

Estas variações de temperatura provocam dilatações e contrações, que são particularmente graves nas estruturas de cobertura em betão armado, tendo em conta o seu elevado coeficiente de dilatação térmica. Estes deslocamentos das coberturas provocam esforços de corte significativos no cimo das paredes, que devido a diversos fatores (menores variações de temperatura, menor coeficiente de dilatação térmica, ligações rígidas que impedem o seu deslocamento horizontal) não acompanham esses movimentos, levando ao aparecimento de fissuras (SILVA, 1998).

As fissuras causadas pelo deslocamento das coberturas podem assumir diversas configurações (SILVA, 1998):

- Quando o deslocamento se dá na direção do plano da parede surge uma fissuração inclinada com traçado descendente no sentido da dilatação e, por vezes, fissuração simétrica, resultante da contração; também pode ocorrer um corte horizontal pela ligação da parede à cobertura, quando a ligação entre as duas é fraca e a cobertura não transmite uma carga vertical significativa à parede;
- Quando o deslocamento da cobertura é perpendicular à parede, esta fissurará por flexão transversal ou corte e a fissura é, em geral, horizontal, na primeira ou segunda junta superior de argamassa, acima da qual a parede pode ser arrastada com a cobertura, provocando o desalinhamento dos dois bordos da fissura. Esta situação é, quase sempre, irreversível. Pode também ocorrer, quer o corte imediatamente após a laje (nas condições acima indicadas, para o movimento perpendicular a este), quer a fissuração horizontal da face tracionada da parede, quando é solicitada à flexão por um ligeiro movimento da cobertura;
- Quando a carga transmitida pela laje é elevada e a ligação tem uma grande resistência ao corte pode formar-se uma única fissura oblíqua, muito significativa, em particular junto aos cunhais.

Se a cobertura estiver ligada a uma estrutura porticada de betão armado preenchida com painéis de alvenaria, os seus movimentos de dilatação e contração não se fazem sentir diretamente sobre as paredes, mas sim através dessa estrutura reticulada. A dilatação diferencial entre as estruturas reticuladas de betão armado e os painéis de enchimento em alvenaria pode conduzir a diversos tipos de fissuração (SILVA, 1998):

- Fissuração das ligações entre a alvenaria e a estrutura de betão armado (pórticos);

- Fissuração oblíqua nos painéis extremos, agravando-se nos andares superiores (início mais próximo da laje e maior largura das fissuras);
- Fissuração vertical da alvenaria, a meio vão dos panos centrais.

Por fim, a dilatação ou contração das próprias paredes sujeitas a variações de temperatura podem provocar diversos tipos de fissuração (SILVA, 1998):

- Fissuração nas zonas de ligação a outros elementos construtivos (por exemplo pilares, vigas, lajes, caixas de estore, aros de portas e janelas, etc.) (Figura 2.5- a);
- Fissuração de outras paredes confinantes, nomeadamente em ligações a 90 graus, o que acontece em cunhais não reforçados e na ligação de paredes de fachada a paredes interiores (que apresentam, em geral, menores variações de temperatura);
- Fissuração da própria parede nas zonas mais frágeis, ou que favorecem a concentração de tensões (cantos de janelas, alterações de espessura, etc.);
- Esmagamento de juntas, revestimentos ou apoios, por compressão, em paredes não confinadas (paredes de tijolo à vista com ligação rígida a apoios metálicos fixos);
- Fissuração interna da parede, no tijolo, nas juntas ou nas ligações respetivas, devido à dilatação diferencial do tijolo e da argamassa (Figura 2.5- b).

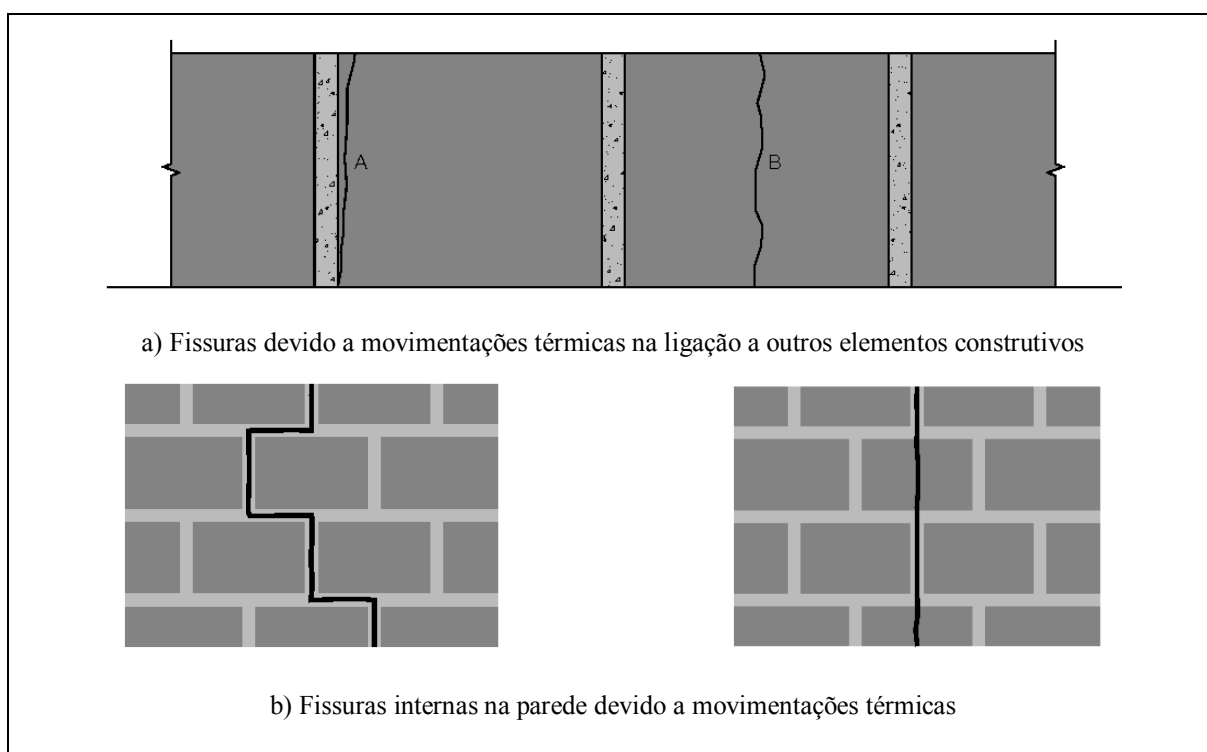


Figura 2.5- Fissuras devido a movimentações térmicas (PEREIRA, 2005)

2.2.2.5 Fissuras devido a alterações do teor de humidade

Os materiais porosos utilizados na construção de um edifício, devido à sua capacidade de absorção de água, higroscopicidade, estão sujeitos a variações dimensionais. O aumento do teor de humidade no material provoca a sua expansão, enquanto a diminuição desse teor produz a sua contração.

Em função da intensidade desses movimentos, que por sua vez dependem das propriedades do material e do grau de exposição à humidade, da capacidade de acomodação desses movimentos e do grau de restrição imposto às movimentações, poderão desenvolver-se nas alvenarias tensões de considerável magnitude, levando-a à fissuração.

É nas zonas mais sujeitas à ação da humidade, paredes de pisos térreos (respingos e empoçamento de água ou mesmo ascensão da humidade do solo por capilaridade, em zonas mal impermeabilizadas), platibandas (empocamento de água no encontro entre a laje de cobertura e a platibanda), cantos desabrigados, etc., que a expansão por higroscopicidade das alvenarias ocorre com maior intensidade (Figura 2.6- a).

As fissuras devido à movimentação das alvenarias, causadas pela expansão por alteração do teor de humidade, podem também ocorrer em paredes muito longas onde não foram previstas juntas de dilatação. Estas fissuras caracterizam-se pela sua verticalidade e podem ocorrer tanto no corpo das paredes, como nos cunhais dos edifícios (Figura 2.6- b).

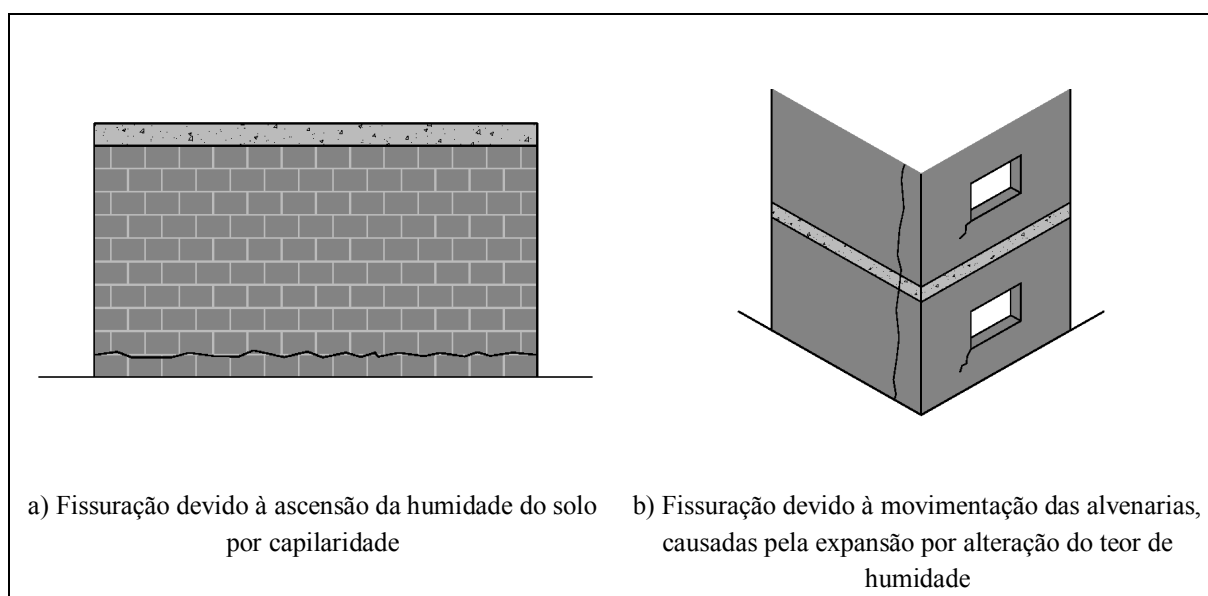


Figura 2.6- Fissuras devido a alteração do teor de humidade (PEREIRA, 2005)

2.2.3 Envelhecimento e degradação dos materiais

O envelhecimento e a degradação dos materiais é outro dos grandes causadores de patologias em edifícios.

Nas paredes de alvenaria, é nos acabamentos, em consequência de diversos fatores, como a ação continuada e progressiva dos agentes climáticos, o recurso a processos de limpeza e conservação nem sempre os mais aconselháveis, ou quando esses processos são mesmo inexistentes, etc., onde se verificam o maior número de patologias. As anomalias deste tipo traduzem-se em degradações inconvenientes ou inestéticas do aspecto, pela perda de aderência e pelo descolamento dos revestimentos em relação ao suporte e pelo desgaste anormal dos mesmos (PAIVA, 1985).

Nas paredes de tijolo face à vista é nas juntas de assentamento que as anomalias deste tipo mais se verificam. A degradação da argamassa é devido a várias causas, entre elas podemos especificar a utilização incorreta de uma argamassa, a ação abrasiva do vento, as reações químicas com os agentes atmosféricos, etc.

2.2.4 Desajustamento face a exigências

Um último grupo de anomalias não-estruturais está ligado ao inadequado desempenho, dos materiais de construção, das funções para as quais foram concebidos. Quando deles passam a ser exigidas, face a uma evolução das condições de uso ou dos padrões de qualidade considerados satisfatórios, características para as quais não estão preparados, aparecem as anomalias. São exemplos destas anomalias os desajustamentos face a determinadas exigências de segurança, habitabilidade, e economia, que podem afetar:

- As condições de segurança não estrutural (segurança contra o risco de incêndio, contra intrusões e contra riscos inerentes ao uso normal, tais como os que decorrem de ações de choque acidentais);
- As condições de conforto ambiental (conforto térmico, acústico e visual);
- As condições económicas de exploração dos edifícios (consumo de energia de aquecimento ou de outras energias de apoio dentro de limites aceitáveis).

2.3 Causas prováveis das anomalias

A existência de inúmeras variáveis torna a tipificação das causas das anomalias em edifícios numa tarefa extremamente difícil. Entre elas podemos enumerar (PAIVA, 1985):

- A grande variedade de elementos e materiais que constituem o edifício;

- A multiplicidade de funções a desempenhar pelos vários componentes de um edifício e a diferenciação existente entre os critérios de aceitabilidade de ocorrências prejudicando diferentes funções;
- A grande complexidade do meio ambiente envolvente de um edifício e a larga margem de atuação que os seus utentes podem ter;
- As várias fases por que passa um edifício incluindo a conceção, projeto, utilização, manutenção e demolição;
- A grande interpenetração entre causas e efeitos dos vários fenómenos que se podem desenvolver simultaneamente, o que gera situações em que um mesmo acontecimento é consequência dum fenómeno e ao mesmo tempo é causa de outro fenómeno a jusante.

(GONÇALVES, 2007) propõe um sistema de classificação de causas prováveis de anomalias separado em grupos, organizados segundo um critério cronológico. Primeiramente são apresentados os erros de projeto, seguindo-se os erros de execução, as ações exteriores, a falta de manutenção durante a exploração e por fim a alteração às condições inicialmente previstas.

2.3.1 Erros de projeto

Em Portugal, o projeto de alvenarias é praticamente inexistente, exceção feita às paredes de alvenaria com função estrutural. Regra geral, o projeto de alvenarias resume-se à especificação do tipo e dimensões nominais do tijolo, sendo omissa em relação às respetivas características físicas e químicas, às características da argamassa e às condições de execução (SILVA, 1998).

Segundo (PINTO, 2003), as falhas de conceção e de projeto são devidas à falta de conhecimento dos projetistas, à repetição dos mesmos erros e à falta de informação disponível e de comunicação, contribuindo para uma acelerada degradação com altos custos de manutenção.

A economia e rapidez na elaboração de projetos de estabilidade, o aparecimento de novos materiais, as soluções arquitetónicas arrojadas, a errada avaliação da resistência do solo de fundação, a incorreta utilização de programas de cálculo automático e o desrespeito pela possível deformação da solução construtiva adotada, conduzem a deformações induzidas pelo edifício e a maiores tensões na alvenaria (GONÇALVES, 2007).

É necessário que o projeto passe a ter em conta, aquando da definição dos materiais que constituem as paredes de alvenaria, as ações a que esta estará sujeita, a sua localização

(interior, exterior, piso térreo, cave) e a função a desempenhar. Só assim será possível melhorar a qualidade da construção.

2.3.2 Erros de execução

O ritmo de construção excessivamente rápido, a deficiente compreensão do projeto, as deficiências no planeamento, a utilização de técnicas e tecnologia desadequadas, algumas soluções arquitetónicas pouco comuns e a mão-de-obra pouco qualificada, tornam a construção, e em especial a execução de paredes, uma tarefa bastante sensível à qualidade.

Segundo (SILVA, 2002), a prevenção da patologia reside, fundamentalmente, na "arte de bem construir". Contudo, com o aparecimento de novos materiais e soluções construtivas e a descaracterização da mão-de-obra, esse conceito foi perdendo significado real.

(SOUSA, 2002) refere ainda que a disponibilidade de mão-de-obra experiente, sujeita a longos períodos de aprendizagem, sofreu uma enorme redução. Isto não significa que a qualidade da construção atual seja inferior, deixou, isso sim, de ser possível dominar e transmitir de forma empírica, a diversidade e informação disponíveis.

Além da mão-de-obra, outras causas de patologias que podemos associar aos erros de execução são:

- Má interpretação ou incumprimento do projeto
- Ausência ou insuficiência de fiscalização
- Má compactação e estabilização do solo
- Descofragem precoce
- Armazenagem deficiente dos materiais
- Indevidas condições de aplicação dos materiais

2.3.3 Ações ambientais

As ações ambientais representam um papel preponderante quer na escolha dos materiais, métodos e técnicas construtivas, quer nas suas condições de aplicação. Se estas ações não forem tidas em conta durante estas fases são diversas as anomalias que daí podem surgir.

É nas paredes exteriores dos edifícios que estas ações mais se fazem sentir. A gravidade com que os materiais são afetados depende da intensidade com que atuam e do grau de exposição da parede.

2.3.4 Ações acidentais naturais

São todos os fenómenos naturais, que apesar da sua rara ocorrência, podem dar origem a anomalias. As construções, ao situarem-se em zonas sujeitas a tais fenómenos, deveriam estar minimamente preparadas para suportar os seus efeitos. Uma forma de evitar que esta seja uma causa de anomalias passa pela não construção em zonas suscetíveis de serem afetadas por tais fenómenos (leitos de cheia, taludes suscetíveis de deslizamento), ou então, o dimensionamento dos edifícios de forma a suportar os seus efeitos (sismos, ciclones).

Entre os fenómenos mais comuns, podemos enumerar os seguintes:

- Sismo
- Ciclone, tornado, tufão
- Tsunami
- Avalanche
- Deslizamento de terras
- Erupções vulcânicas
- Trovoada

2.3.5 Ações acidentais de origem humana

Ao contrário das naturais, as ações acidentais de origem humana, são todas as ações às quais se pode inculcar responsabilidade ao ser humano. Têm um carácter mais restrito cingindo-se, normalmente, apenas a uma construção ou a um reduzido número de construções adjacentes.

Podem-se enumerar as seguintes ações:

- Fogo
- Explosão
- Choque
- Inundação

2.3.6 Falhas na manutenção

(APICER, 2003) define manutenção / conservação como o conjunto de todas as medidas, preventivas ou outras, aplicadas à construção de forma a permitir que esta desempenhe as suas funções de forma satisfatória durante o seu período de vida.

É um facto que a falta de manutenção / conservação de um edifício e dos seus constituintes resulta na diminuição do seu tempo de vida útil. A ausência de manutenção permite que os

fenómenos de degradação, uma vez iniciados, progridam livremente e que os seus efeitos possam dar origem a novas anomalias, acelerando assim o processo de degradação.

São exemplos de falta de manutenção:

- O descasque dos revestimentos das paredes;
- O aparecimento de manchas de ferrugem devido à corrosão de elementos metálicos presentes na fachada;
- A acumulação de algas e líquenes;
- O entupimento, devido à acumulação de detritos, dos sistemas de drenagem como caleiras e tubos de queda.

2.3.7 Alteração das condições inicialmente previstas

Todas as ações que impliquem uma alteração na envolvente ou nas condições de uso, perante o previsto em projeto, podem ser consideradas como alterações às condições inicialmente previstas.

A alteração das tensões no solo provocada pela construção de um edifício de grande porte contíguo a uma construção de menor porte já existente, a variação do nível freático pela grande movimentação de terras nas imediações de um edifício, ou a mudança do teor de humidade devido ao corte de grandes árvores nas proximidades de uma construção, são alguns exemplos, apresentados em (SILVA, 1998), capazes de gerarem assentamentos diferenciais, que resultam no aparecimento de fissuras.

Outra situação muito frequente, referida por (HENRIQUES, 1994), é o aumento do nível do solo adjacente a uma parede, apenas constituída por materiais impermeáveis nas zonas em que se encontrava em contacto com o terreno, passar a ter zonas da parede, constituídas por materiais não impermeáveis, em contacto com terreno húmido.

Uma outra causa de anomalias, que resulta da alteração do uso ao longo dos tempos é a aplicação de cargas não previstas em projeto. A colocação de armários, louças sanitárias, ou outro género de equipamentos que excedam a capacidade resistente da parede podem provocar o aparecimento de fissuras.

3 TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO

3.1 Introdução

Como referido por diversos autores (PAIVA, 1985), (FLORES, 2004), (GONÇALVES, 2007), as intervenções de reparação de anomalias não estruturais podem ser de natureza preventiva ou corretiva.

As primeiras visam a adoção de medidas de projeto e construtivas que permitam evitar o aparecimento de anomalias. Enquanto as soluções de intervenção corretivas apenas intervêm após o mecanismo de degradação atuar sobre o elemento construtivo. É sobre estas últimas medidas que iremos falar em seguida.

3.2 Reabilitação corretiva de patologias não estruturais

Dada a grande variedade de anomalias e atendendo ao facto das mesmas poderem atingir qualquer um dos elementos que compõem uma construção, leva a que, após a entrada em serviço do edifício, haja uma grande diversidade de soluções corretivas a adotar para a sua reparação. A acrescer a isto há ainda que ter em conta outros fatores, nomeadamente as características dos próprios materiais constituintes dos elementos onde se registam as anomalias, o que leva a que, em geral, não exista apenas uma única medida corretiva possível para cada tipo de anomalia, num dado elemento de construção.

Por outro lado, o grau de intervenção pode variar em função do objetivo e da natureza das obras a realizar, que podem ir desde a simples conservação, até à reabilitação total de edifícios degradados ou que estejam desajustados às novas funções.

A grande diversidade de soluções possíveis de intervenção corretiva e a impossibilidade de as enumerar a todas, levou a que (PAIVA, 1985) propusesse uma tipificação dessas soluções de intervenção, divididas em 6 grandes grupos, que se apresentam em seguida:

- Eliminação das anomalias;
- Substituição dos elementos e materiais afetados;
- Ocultação das anomalias;
- Proteção contra agentes agressivos;
- Eliminação das causas das anomalias;
- Reforço das características funcionais.

Segundo o mesmo autor, esta tipificação não é perfeitamente estanque, já que existe a possibilidade de algumas soluções de intervenção poderem ser classificadas em mais de um tipo. Esta situação resulta do fato de existir mais que uma causa associada à origem de uma dada anomalia.

Caracterizam-se a seguir e de forma genérica, os 6 tipos de intervenções corretivas indicadas anteriormente.

3.2.1 Eliminação das anomalias

A eliminação das anomalias consiste apenas na reparação da fissura sem que se tenha a preocupação de eliminar a sua causa. No caso de fissuras muito finas e não evolutivas opta-se por uma reparação apenas decorativa. Caso não seja suficiente, a intervenção será mais elaborada. Para proceder à reparação das fissuras estabilizadas utiliza-se simplesmente um mastique elástico, já no caso das fissuras não estabilizadas utiliza-se um procedimento mais complexo, chamada reabilitação em "ponte", muito utilizado nos dias de hoje, sobre o qual recai o objeto de estudo primordial deste trabalho.

3.2.2 Substituição dos elementos e materiais afetados

No caso dos materiais de construção apresentarem graves deficiências que inviabilizem ou tornem de êxito duvidoso o recurso a outras medidas menos radicais, tornam a substituição dos materiais afetados como a solução de intervenção corretiva mais evidente e apropriada. Consoante a extensão das anomalias e a natureza dos elementos afetados, essa substituição poderá ser total ou parcial (NASCIMENTO e DIAS, 2010).

3.2.3 Ocultação das anomalias

Neste tipo de intervenção são apenas disfarçadas as anomalias, com o intuito de ocultar os defeitos estéticos causados por elas, não se procedendo à sua eliminação nem atacando as causas que estão na sua origem. Este efeito pode ser conseguido recorrendo a um qualquer tipo de revestimento ou elemento construtivo colocado sobre as anomalias.

Uma solução para a ocultação de anomalias, como por exemplo fissuras não estabilizadas, passa pela colagem de um revestimento descontínuo (placas de aglomerado de cortiça), com a fixação prévia de tiras de papel sobre as fissuras de forma a criar o efeito de "ponte". Outras soluções para a ocultação de fissuras podem ser apresentadas, tais como a colocação de painéis de gesso cartonado, tecidos, papéis de parede espessos, entre outras, desde que sejam ponderados os efeitos estéticos e mecânicos provocados pelo eventual movimento das

mesmas. Todos estes procedimentos podem igualmente ser aplicados a fissuras estabilizadas, mas com menores riscos e sem necessidade da separação entre a fissura e o material de reparação.

3.2.4 Proteção contra agentes agressivos

Nas soluções de intervenção assim denominadas, procura-se impedir que os agentes causadores das anomalias continuem a atuar sobre os elementos afetados. Para atingir esse objetivo é necessário a interposição de barreiras entre a fonte das anomalias e os elementos cuja proteção se pretende garantir, ou o reforço das condições de proteção oferecidas pelos próprios elementos.

Os exemplos mais comuns de intervenções com o intuito de proteger os elementos de uma construção contra os agentes agressivos são: a proteção contra as diferentes formas de acesso da humidade às paredes, acabamentos e elementos secundários e a colocação de isolamento térmico para a proteção contra a fendilhação das paredes devido a variações de temperatura.

3.2.5 Eliminação das causas das anomalias

Consideradas por muitos autores como indispensáveis, as soluções de intervenção que atuam sobre as causas das anomalias constituem as medidas corretivas mais eficazes no que respeita à eliminação das mesmas. No entanto devem ser complementadas com outras medidas que visem a eliminação das próprias anomalias. Este tipo de intervenção exige uma clara identificação das causas e dos mecanismos que provocam as anomalias.

A eliminação das causas das anomalias exige em grande parte dos casos, intervenções avultadas, aumentando em muito os custos da reparação, razão pela qual é sobretudo aplicada em obras de reabilitação. Com a eliminação das causas, o sucesso da operação aumenta consideravelmente.

3.2.6 Reforço das características funcionais

O reforço das características funcionais dos elementos de construção visa corrigir os desajustamentos desses elementos face a exigências de segurança não estrutural, de conforto e de economia. No caso de paredes de alvenaria, não é aplicável numa fase corretiva, mas sim preventiva, o que corresponde a que na fase de projeto sejam adotados materiais, ligações e processos construtivos que resistam às ações a que vão estar sujeitos, entre os quais cargas, variação de temperatura e humidade, etc.

3.3 Reparação de fissuras em função das suas causas

Como referido anteriormente, uma das maiores preocupações a ter antes de se iniciar o processo de reabilitação de fissuras, é o diagnóstico das suas causas. Nos parágrafos seguintes, com base no apresentado em (SILVA, 1998), faz-se uma resumida descrição de alguns princípios gerais de reparação de fissuras em função das suas causas.

Quando as fissuras se devem a assentamentos diferenciais das fundações, é imprescindível verificar a sua estabilidade e caso necessário efetuar um reforço das mesmas. Caso o tamanho das fissuras seja excessivamente elevado de modo a que coloque em causa a estabilidade da parede, ou não permita a sua reparação de forma eficaz, será necessário proceder à sua total reconstrução.

A reparação deste tipo de fissuras só deve acontecer após a sua estabilização, usando técnicas que permitam movimentos subsequentes. A técnica mais corrente para a reparação deste tipo de fissuras consiste no preenchimento das mesmas com um material de alguma elasticidade, por exemplo mastique, a colocação de uma banda de dessolidarização e o posterior revestimento armado com cerca de 15 cm de largura.

No caso de a fissuração ter origem na concentração de cargas resultante da ação de uma viga transversal à parede, é essencial criar novos pontos de apoio para a viga ou melhorar a distribuição local das cargas, de modo a diminuir a tensão na zona fissurada. Após a estabilização da fissura, pode proceder-se à reparação da mesma utilizando simples processos de colmatagem.

No caso das concentrações de carga coincidirem com zonas de enfraquecimento da parede, (roços ou mudanças de espessura) deve armar-se o revestimento nas zonas fissuradas. O mesmo procedimento deve ser utilizado no caso em que a fissuração resulte de concentrações de tensões por deficiente apoio dos lintéis, embora neste caso antes de se efetuar a reparação se deva melhorar a distribuição das cargas, inserindo chapas de distribuição em aço sob os referidos apoios.

Nas fissuras originadas pela variação do teor de humidade, é importante eliminar as suas causas, isto é, impedir a entrada de água na parede. Após este processo, a reparação da fissura está dependente de vários aspetos, sendo eles o seu grau de estabilização, bem como a sua largura e localização. Em fissuras finas, estabilizadas e distribuídas, a sua reabilitação consiste apenas em colmata-las através de uma nova camada de revestimento, no caso das fissuras largas aconselha-se o seu preenchimento prévio, mantendo-se o procedimento anterior.

Já no caso das fissuras não estabilizadas a sua reparação deve consistir, no preenchimento da fissura com um mastique e na colocação de um revestimento elástico e armado, tendo o cuidado de garantir a sua dessolidarização sobre a zona da fissura. Ainda no caso das fissuras não estabilizadas, quando a variação da sua abertura for muito grande, pode optar-se pela sua transformação em juntas de retração bastando para tal tratar os bordos com tapa-juntas adequados.

Quando na causa das fissuras está a variação da temperatura, estas devem ser sempre tratadas como não estabilizadas, empregando na sua reparação processos idênticos aos utilizados em fissuras com origem na variação do teor de humidade.

As fissuras devido à deformação excessiva do suporte têm, frequentemente, largura variável, com traçado horizontal e um longo período de estabilização. Antes de proceder à sua reparação é necessário avaliar o grau de estabilização das deformações a longo prazo e após essa avaliação, as soluções de reparação a aplicar são as referidas anteriormente para outras fissuras não estabilizadas, ou procedendo à sua transformação em juntas de dilatação, o que dependerá sempre da sua orientação predominante.

3.4 Técnica de reabilitação de fissuras em "ponte"

3.4.1 Descrição geral

A técnica de reabilitação em "ponte" é geralmente aplicada na reparação de fissuras não estabilizadas e consiste na substituição parcial do reboco, numa faixa em torno da fissura, por um reboco de características melhoradas não retráctil e armado. De modo a diminuir o efeito do movimento da fissura sobre o novo reboco, coloca-se sobre esta uma banda de dessolidarização (geralmente é utilizado papel "kraft"), distribuindo assim por esta largura, as tensões localizadas provocadas pelo movimento da fissura. Quando a fissura provoca a perda de estanquidade da parede, o procedimento atrás descrito é precedido pela abertura da fissura em forma de "v" e posterior selagem com mastique (SILVA, 2009). A Figura 3.1 apresenta um esquema da reparação de fissuras em "ponte".

3.4.2 Variantes simplificadas

Devido ao efeito de destruição local que apresenta, a remoção da faixa de reboco existente ao longo da fissura é, sem dúvida, a tarefa mais difícil de executar, podendo até ser prejudicial para a restante parede, assim, quando possível, é de bom senso dispensar esse passo. Se o revestimento aplicado à parede for suficientemente espesso, não deformável e apresentar uma resistência à tração considerável, o referido passo pode ser dispensado.

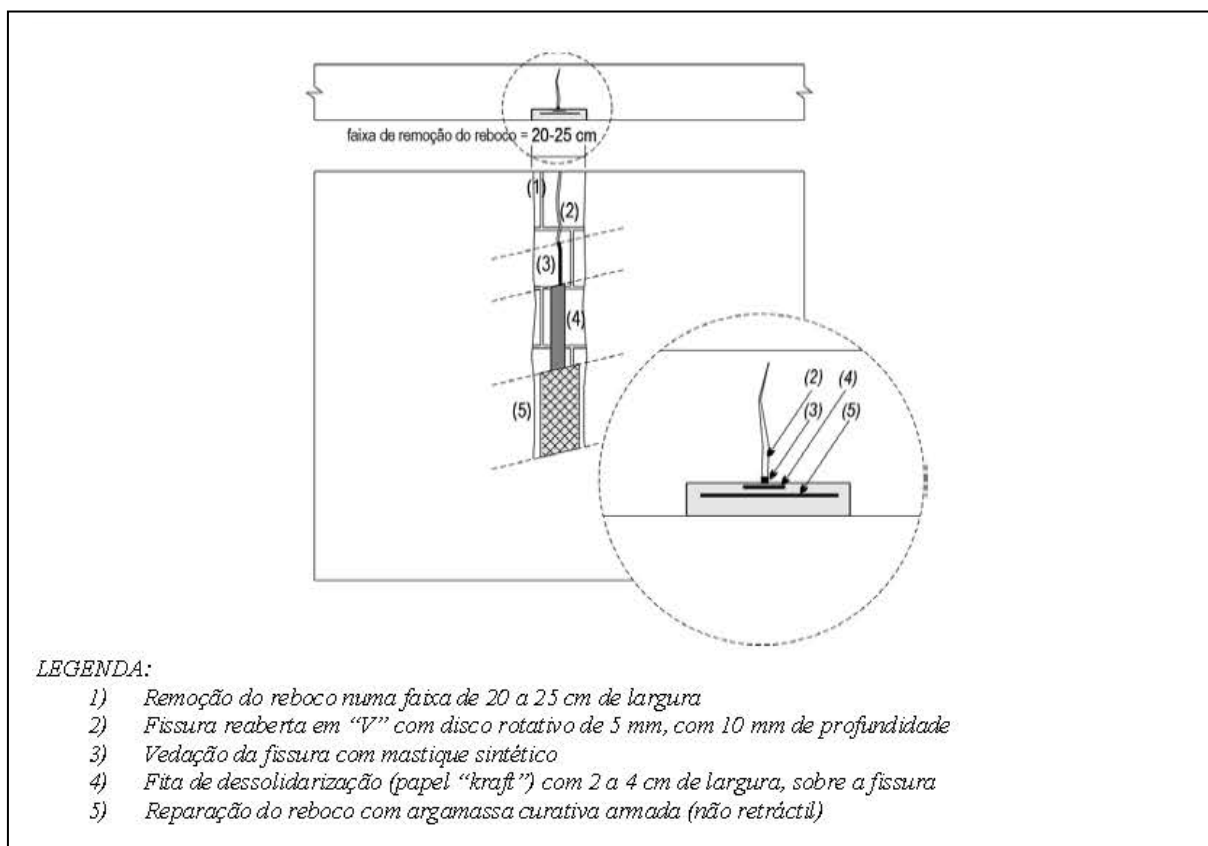


Figura 3.1- Esquema da reparação de fissuras em ponte (SILVA, 2002)

Outra simplificação possível é a dispensa da selagem com mastic, como são os casos em que a fissura se encontra numa parede interior, recuada, ou protegida dos agentes atmosféricos, em especial da chuva (SILVA, 2009).

3.4.3 Aplicação e condicionantes

A reabilitação em "ponte" pode ser aplicada em fissuras com grande desenvolvimento, largura até 2-3 mm, espaçamento de 1 a 3 m e quando se exija alguma capacidade de movimentação e estanquidade à água (SILVA, 2009).

Há algumas situações em que esta técnica acaba por não se poder aplicar, ou não ser eficaz por si só, como é o caso de:

- Fissuração excessivamente fina;
- Fissuração generalizada com pequena distância entre fissuras;
- Fissuração vertical junto à aresta de cunhais;
- Fissuração paralela a bordos de lajes e na sua proximidade;

- Fissuração resultante de esforços de compressão excessivos, cuja causa não foi eliminada;
- Fissuração com movimentos muito significativos;
- Fissuração com deslocamentos transversais ao plano da parede.

3.4.4 Precauções a tomar na aplicação da técnica

Para que a reparação cumpra os objetivos para os quais foi empregue, é necessário tomar algumas precauções aquando da sua execução, a fim de evitar erros que possam comprometer a sua eficácia. O Quadro 3.1 apresenta, para cada fase da aplicação da técnica de reparação em "ponte", alguns dos erros mais comuns, bem como as consequências que daí advêm.

Quadro 3.1- Erros correntes na reabilitação de fissuras em "ponte" (SILVA, 1998)

Ação	Eventuais Erros	Consequências
Remoção do reboco numa faixa de 20 a 25 cm de largura	Largura reduzida da faixa de remoção do reboco ----- Espessura muito reduzida da faixa removida	Incapacidade para transmitir ao suporte as tensões de corte devidas aos movimentos da fissura ----- Reduzida resistência mecânica sobre a zona dessolidarizada com papel "kraft"
Fissura reaberta em "V" com disco rotativo de 5 mm, com 10 mm de profundidade	Fissura pouco reaberta ----- Reabertura excessiva da fissura	Dificuldade em introduzir o mastique na fissura, com material excedente a criar rebordo ----- Consumo excessivo de mastique e dificuldade na sua aplicação uniforme
Vedação da fissura com mastique sintético	Omissão do mastique ou mastique com reduz	Incapacidade de garantir a estanquidade da fissura mesmo após reparação da superfície
Fita de dessolidarização (papel "kraft") com 2 a 4 cm de largura, sobre a fissura	Ausência de fita ou fita demasiado fina ----- Fita muito próxima do bordo do reboco retirado	Incapacidade de garantir uma adequada distribuição das tensões no reboco sobre a fissura ----- Incapacidade para transmitir ao suporte as tensões de corte devidas aos movimentos da fissura
Reparação do reboco com argamassa curativa armada (não retráctil)	Reboco corrente com retração não desprezável ----- Ausência de armadura	Elevada probabilidade de fissuração nos bordos da zona reabilitada na ligação ao reboco antigo ----- Reboco curativo incapaz de absorver os esforços nas imediações do papel "kraft" sem fissurar

4 TRABALHO EXPERIMENTAL

4.1 Introdução

4.1.1 Enquadramento e objetivos

A fissuração das paredes em alvenaria de tijolo, decorrente das mais diversas causas, é um problema que afeta os edifícios nos dias que correm, como já referido nos capítulos anteriores. A solução para o problema da fissuração passa por tomar medidas que a previnam ou, no caso de já não ser possível, tratem as fissuras aplicando técnicas de reparação adequadas a cada situação.

A reabilitação em "ponte" é uma das técnicas mais comuns utilizadas na reparação de fissuras, em especial nas não estabilizadas. A aplicação desta técnica é ainda feita com base no conhecimento empírico retirado de reparações onde foi anteriormente utilizada, não existindo ou sendo pouco conhecida, uma justificação técnico-científica para a influência que as diversas variáveis (largura de parede a reparar em torno da fissura, largura da banda de dessolidarização a utilizar, necessidade, ou não, de armar a reparação, espessura da reparação, resistência da argamassa a utilizar, etc.) têm na resistência final da reparação.

Não existindo condições para efetuar uma análise numérica e experimental, dado o reduzido espaço de tempo para a realização deste trabalho, optou-se apenas pela execução de uma pequena campanha experimental, em que se escolheu uma das diversas variáveis, no caso, a largura de banda a reparar em torno da fissura, para testar a sua influência na resistência da reparação.

A principal questão que se coloca quando se fala da largura de banda a reparar é, "*Qual a sua largura ideal?*", pois até em termos económicos é muito diferente, devido principalmente à quantidade de mão-de-obra, reparar uma banda de 30cm ou de 10cm. A largura de banda tem bastante influência na adesão da reparação ao suporte, quanto maior esta for, para uma mesma argamassa e base de suporte, melhor será a sua aderência. "*Mas será que vale apenas a utilização de uma largura de banda muito grande?*", "*Como será o campo de tensões que se desenvolve ao longo desta?*", estas são algumas das questões a que se pretende responder com a realização deste trabalho.

É ainda importante referir que, este trabalho foi realizado conjuntamente com outro, em que se fez variar um parâmetro diferente, no caso, a largura da banda de dessolidarização, resultando o conjunto dos dois, num trabalho final global, onde se pode comparar a influência de cada parâmetro. Esses resultados serão tidos em conta neste trabalho aquando da análise dos ensaios.

4.1.2 Escolha dos materiais

Para a realização dos provetes utilizados no trabalho experimental foi escolhido um tipo corrente de tijolo furado de barro vermelho e para efetuar a reparação da fissura, foi utilizada uma argamassa pré-doseada de baixa retração. A escolha recaiu nestes materiais em detrimento de outros, pela sua facilidade de aquisição e por serem as soluções mais utilizadas (os tijolos na construção de paredes de e a argamassa na reparação de fissuras) no nosso país.

Foram também utilizadas peças de cortiça com 5 mm de espessura, cortadas à medida e coladas entre os tijolos, de modo a simular a deformação permitida por uma fissura real. Como banda de dessolidarização utilizou-se papel "kraft" com 50 mm de largura e para reforço da argamassa foi utilizada rede de fibra de vidro com uma gramagem de 160gr/m² e uma resistência à tração de 29,7 N/mm (VIERO@, 2012). Foi ainda utilizado um mastique sintético como vedante da fissura.

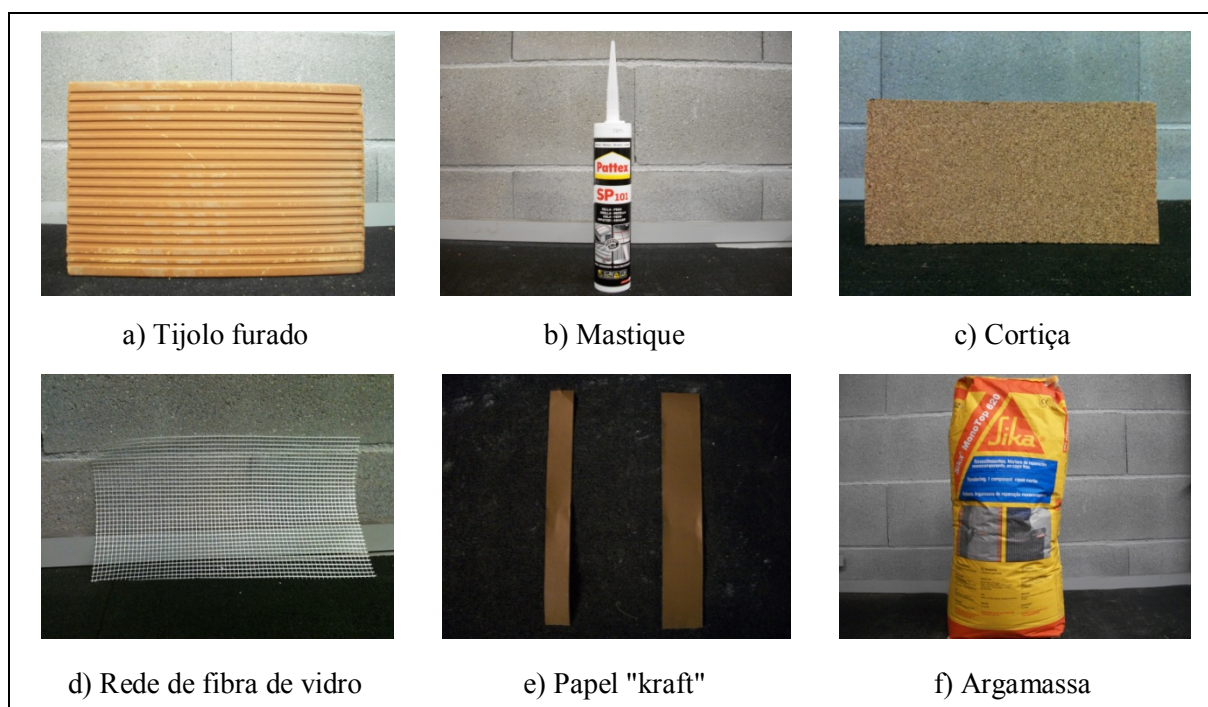


Figura 4.1- Materiais utilizados na campanha experimental

4.2 Caracterização dos materiais

4.2.1 Tijolo

Como foi referido, optou-se pela utilização de tijolo furado de barro vermelho por este ser o mais utilizado na constituição das paredes de alvenaria em Portugal. Os tijolos utilizados são certificados, de formatos correntes (300×200×220, 300×200×150 e 300×200×110) vulgarmente conhecidos como tijolo de 22, tijolo de 15 e tijolo de 11, respetivamente, com uma resistência à compressão superior a 1,5 MPa (PRECERAM@, 2012), fabricados pela PRECERAM.

Os tijolos utilizados foram todos sujeitos a uma seleção prévia de modo a eliminar aqueles que apresentavam defeitos graves evidentes e fissuras, de forma a não comprometerem os resultados dos ensaios a realizar.

Optou-se pelo uso desta argamassa devido às suas características resistentes, à sua fácil execução e disponibilidade no mercado. Esta argamassa apresenta uma resistência à compressão de aproximadamente 20 N/mm² aos 7 dias e de 43,7 N/mm² aos 28 dias, uma tensão de aderência de 2,1 MPa, e ainda um módulo de elasticidade de 22,3 GPa (SIKA@, 2012).

Na preparação da argamassa (Figura 4.2) foram seguidas as indicações sugeridas pelo fabricante. Para evitar a sua secagem, foram feitas amassaduras de aproximadamente 2 kg, realizadas a partir do traço proposto (4 litros de água / saco de 25 kg). A porção de pó de cada amassadura foi pesada e a quantidade de água controlada recorrendo a um recipiente graduado. Utilizou-se um misturador manual elétrico e um balde para a realização das amassaduras com a seguinte composição:

- 1792,32 gr de pó
- 286 ml de água (1)

$$\text{Quantidade de água} = \frac{1,792 \text{ Kg} \cdot 4 \text{ l}}{25 \text{ Kg}} = 0,286 \text{ l} \quad (1)$$

4.3 Provetes

4.3.1 Geometria e tipo de provetes

Para a realização dos ensaios mecânicos foram utilizadas duas tipologias distintas de provetes (Figura 4.3), adaptados às características dos ensaios e às condicionantes do equipamento

disponível. Os modelos e dimensões dos provetes não seguem qualquer norma, pois não há nenhuma referência normativa no que respeita à realização deste tipo de ensaios.



Figura 4.2- Produção da argamassa

Os provetes do tipo P1 (Figura 4.3) destinam-se, quer a ensaios de compressão, quer a ensaios de tração. São constituídos por dois tijolos de 15 sobrepostos, como se pode ver na respetiva figura.

Os provetes do tipo P2 (Figura 4.3) destinam-se a ensaios de corte e são constituídos por um tijolo de 22, ladeado por dois tijolos de 11. A razão para o uso destes dois tipos de tijolo na realização deste tipo de provetes, prende-se com as dimensões do equipamento utilizado para a realização dos ensaios.

A ligação entre os tijolos, quer no provete do tipo P1, quer no do tipo P2, não é feita por junta de argamassa, mas sim, por uma peça de cortiça colada entre os dois tijolos, que para além da sua ligação, possibilita uma deformação, simulando o que acontece com uma fissura real.

A reparação executada tem uma espessura de 10 mm, um comprimento de 230 mm e uma largura que alterna entre (100 mm, 150 mm e 200 mm), sendo esta a variável que se pretende ensaiar.

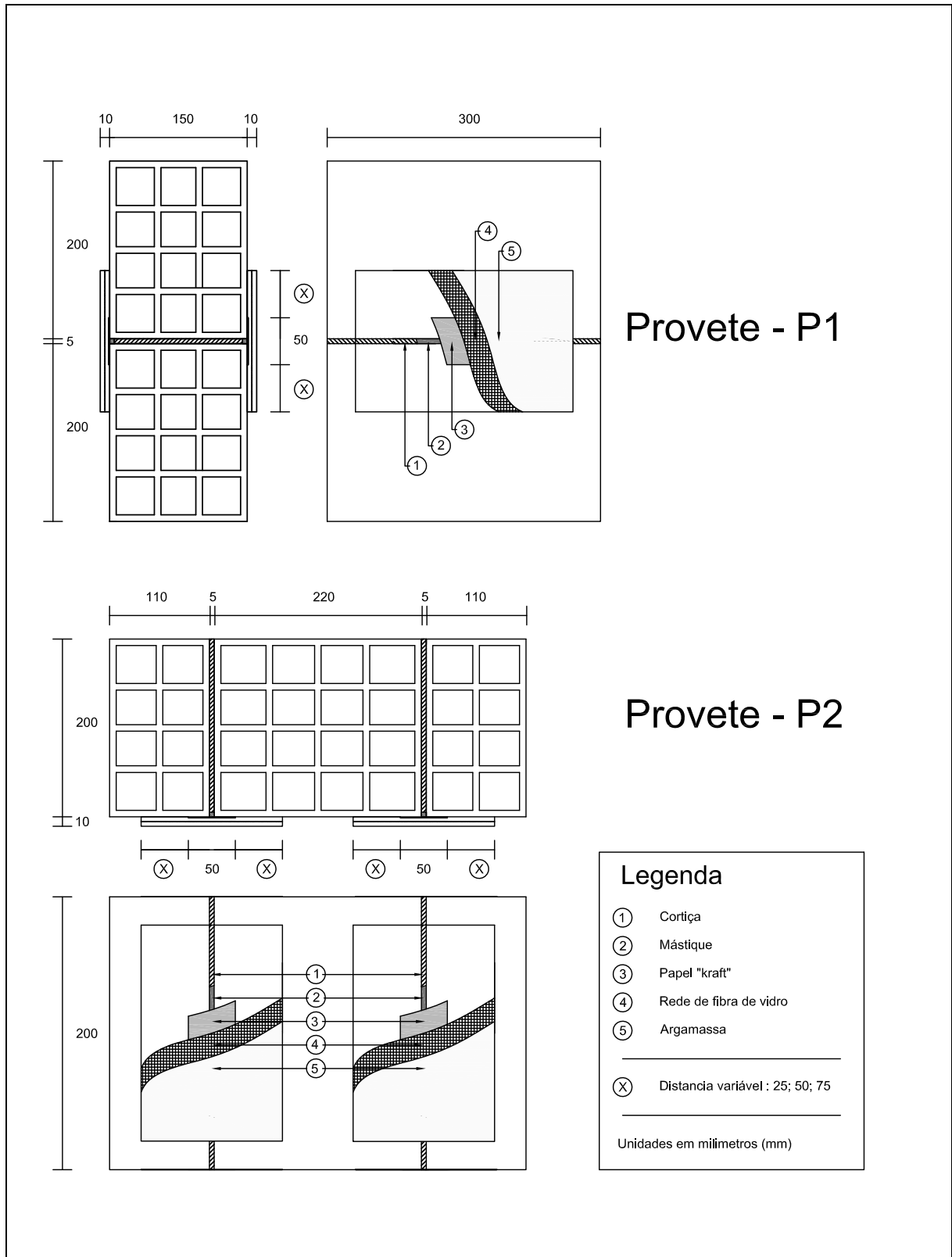


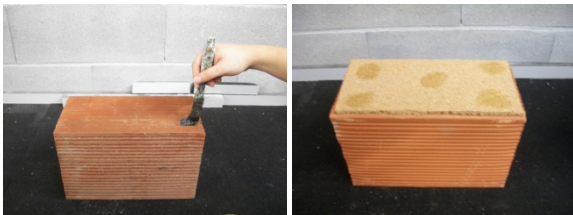
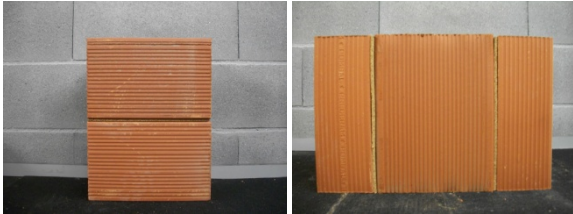

Figura 4.3- Tipos de provedes adotados na realização dos ensaios mecânicos

4.3.2 Execução dos provetes e condicionantes

A execução dos provetes seguiu as etapas normais em trabalhos desta natureza. Depois de definida a sua geometria, descrita anteriormente, procedeu-se à escolha, seleção e receção dos materiais, tendo em conta as quantidades necessárias face à geometria e número de provetes.

De modo a sistematizar a execução dos provetes procedeu-se previamente ao corte da cortiça, do papel "kraft" e da rede de fibra de vidro, de acordo com medidas previamente definidas. No Quadro 4.1 descrevem-se os procedimentos seguidos para a preparação dos provetes. O procedimento para a construção dos provetes é comum a ambos os tipos (P1 e P2), salvo raras exceções, às quais são feitas referências ao longo da descrição.

Quadro 4.1- Procedimento para a execução dos provetes

<p>Colagem da cortiça: A cortiça foi colada aos tijolos utilizando cola de contacto, foi necessária a sua colagem para que os tijolos mantivessem a sua posição aquando da aplicação da argamassa. Nos provetes do tipo P1 para ensaios à tração e nos provetes do tipo P2, a cortiça foi colada ao tijolo utilizando o mínimo de cola possível, com o intuito de minimizar a influência da resistência da cola nos resultados finais dos ensaios.</p>	
<p>Posição final dos provetes: A posição final dos provetes do tipo P1 e P2, está representada na figura ao lado. O provete do tipo P1 é constituído por 2 tijolos de 15 sobrepostos e o provete do tipo P2, é constituído por 1 tijolo de 22, ladeado por dois tijolos de 11.</p>	
<p>Aplicação do mastique: O mastique foi aplicado ao provete com o auxílio de uma pistola própria para o efeito. Em alguns casos foi necessário proceder ao rebaixamento da cortiça para que se pudesse aplicar de uma forma uniforme uma camada de cerca de 5mm de mastique.</p>	

Quadro 4.2 (continuação) - Procedimento para a execução dos provetes

<p>Colagem da banda de dessolidarização: Para banda de dessolidarização foi utilizado um papel "kraft", que foi fixado ao tijolo com uma cola vulgar de stick.</p>	
<p>Aplicação dos moldes: Para uma mais fácil e uniforme aplicação da argamassa nos provetes, foram construídos moldes com 1mm de espessura, a largura desejada para cada provete e um comprimento de 23 cm, de modo a deixar uma faixa sem argamassa, para posterior colagem de testemunhos para auxílio às medições.</p>	
<p>Aplicação da argamassa: Nos provetes do tipo P1, a argamassa foi aplicada nos dois lados dos provetes, enquanto no caso dos provetes do tipo P2, devido a diferenças dimensionais entre os tijolos de 22 e os tijolos de 11, optou-se pela sua aplicação apenas de um lado.</p>	
<p>Aplicação da rede de fibra de vidro: Após a colocação de uma primeira camada de argamassa, sensivelmente até meio do molde, foi colocada a rede de fibra de vidro para armar a argamassa.</p>	
<p>Remoção dos moldes: Após o enchimento dos moldes até à espessura pretendida, procedeu-se à remoção à sua remoção, esta tarefa exigiu algum cuidado, visto a argamassa ainda não estar seca e poder vir agarrada ao molde.</p>	
<p>Provetes finais: Os provetes ficaram a secar durante 15 dias e após esse tempo, foi aplicada nas bandas de argamassa uma fina camada de gesso, facilmente quebrável, para facilitar a visualização das fissuras durante a realização dos ensaios.</p>	

4.4 Programa geral dos ensaios

4.4.1 Identificação dos ensaios

Foram realizados ensaios de compressão, tração e corte, variando a largura da banda de argamassa e a largura da banda de dessolidarização, a lista com todos os ensaios realizados é apresentada no Quadro 4.3. Neste trabalho foi dada especial atenção aos ensaios assinalados a azul, referentes à variação da banda de argamassa.

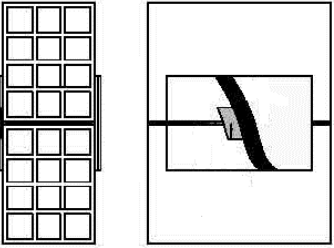
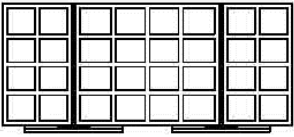
4.4.2 Condições de realização dos ensaios

Para a realização dos ensaios, de compressão, tração e corte foi utilizada uma máquina universal de ensaios, do tipo "INSTRON", modelo "5884". A prensa é programável através de um computador ao qual está ligada, permite estabelecer a velocidade dos pratos, ou ainda, a velocidade de aplicação da carga. A célula de carga utilizada foi de 150 kN, que apesar de excessiva para as cargas a aplicar, é bastante precisa e fácil de controlar. Os resultados da carga e do deslocamento dos pratos foram registados pelo computador. Para além do registo em suporte informático, foram também colocados em todos os provetes, sobre as faces laterais dos tijolos e fora da banda de argamassa, testemunhos para auxílio da medição manual dos deslocamentos.

Com a realização destes ensaios pretendeu-se medir a carga de fissuração da reparação, bem como a sua carga de rotura e os seus deslocamentos ao longo do ensaio. Para efetuar essas medições foram estipulados patamares de carga, com base na carga máxima esperada, onde se registavam os valores da carga e dos deslocamentos nesse instante. Para a medição manual desses deslocamentos foi utilizado um paquímetro. Para além das medições efetuadas nesses patamares, sempre que se observavam as primeiras fissuras, era feito o registo dos deslocamentos e da respetiva carga.

O registo manual dos deslocamentos veio a revelar-se pouco fidedigno nos ensaios de compressão e de corte. No caso dos ensaios de compressão, a dificuldade residiu na medição dos deslocamentos sempre que se atingia um patamar de carga, pois ao se efetuar a paragem da prensa esta alivia a carga não havendo tempo para o registo das deformações naquele instante. Nos ensaios de corte, a dificuldade esteve na colocação dos testemunhos e na manifestação de uma componente de torção originada pela assimetria do provete, dado que apenas se efetuou a reparação de um dos seus lados, não havendo portanto corte puro. Optou-se então pela utilização dos deslocamentos registados no computador para estes dois ensaios, ficando assim o trabalho limitado, exclusivamente à comparação entre provetes.

Quadro 4.3- Lista de ensaios realizados

Tipo de provete		Parâmetro variado		Tipo de carga	Nº de provetes	Identificação do ensaio
		Banda de argamassa [cm]	Banda de dessolidarização [cm]			
P1		15	0	Compressão (cíclico)	1	C01
			3		1	C02
			5		1	C03
			10		1	C04
		10	5	Compressão	1	C1
		15			1	C2
		15			1	C3
		20			1	C4
		15	0	Tração	1	T01
					1	T02
					1	T03
					1	T04
					1	T05
		5	Tração (cíclico)	1	T06	
		10	5	Tração	1	T1
		15			1	T2
		15			1	T3
		20			1	T4
20	1	T5				
15	Tração (cíclico)	1		T6		
P2		15	0	Corte	1	Ct01
			3		1	Ct02
			5		1	Ct03
			5		1	Ct04
			10		1	Ct05
		5	Corte (cíclico)	1	Ct06	
	10	5	Corte	1	Ct1	
	15			1	Ct2	
	15			1	Ct3	
	20			1	Ct4	
	20			1	Ct5	
15	Corte (cíclico)		1	Ct6		

4.4.3 Tipos de ocorrências observadas

De modo a melhor compreender e interpretar o que ocorreu aos provetes ensaiados, apresenta-se no Quadro 4.4, o resumo de todas as ocorrências observadas.

Quadro 4.4- Resumo das ocorrências observadas

Ocorrências observadas	Ilustração das ocorrências
<p>Descolamento da argamassa: neste tipo de ocorrência começa por se observar o aparecimento de uma fissura na ligação entre o tijolo e a argamassa, que vai evoluindo ao longo do tempo, levando à sua separação. Este tipo de ocorrência é típico dos ensaios de compressão.</p>	 <p>O diagrama à esquerda mostra uma parede de tijolos com uma linha horizontal que indica a separação entre o tijolo e a argamassa. Uma seta aponta para um círculo que amplia a vista da interface. À direita, uma fotografia mostra a separação física da argamassa de um tijolo em uma parede.</p>
<p>Fissuração da argamassa: este tipo de ocorrência é característico nos ensaios de tração e corte, começa por se observar o aparecimento de uma fissura, na espessura da argamassa, que vai evoluindo ao longo do seu comprimento até à rotura total. Esta fissura surge na maioria dos ensaios na zona de fronteira da banda de dessolidarização.</p>	 <p>O diagrama à esquerda mostra uma parede com uma fissura horizontal que se propaga através da espessura da argamassa. À direita, uma fotografia mostra três provetes de argamassa numerados 4, 5 e 6, com uma fissura vertical claramente visível no provete 5.</p>
<p>Rotura do tijolo: em alguns casos, quer nos ensaios de compressão, quer nos ensaios de tração, o tijolo cedia antes de se poder observar qualquer tipo de fissura.</p>	 <p>O diagrama à esquerda mostra uma parede com uma linha horizontal que indica a rotura de um tijolo. À direita, uma fotografia mostra um tijolo partido ao meio, com as partes separadas e a estrutura interna exposta.</p>

4.5 Descrição, análise e resultados dos ensaios

4.5.1 Compressão

4.5.1.1 Descrição geral

O ensaio de compressão foi realizado sobre 8 provetes do tipo P1 conforme se ilustra na Figura 4.4.

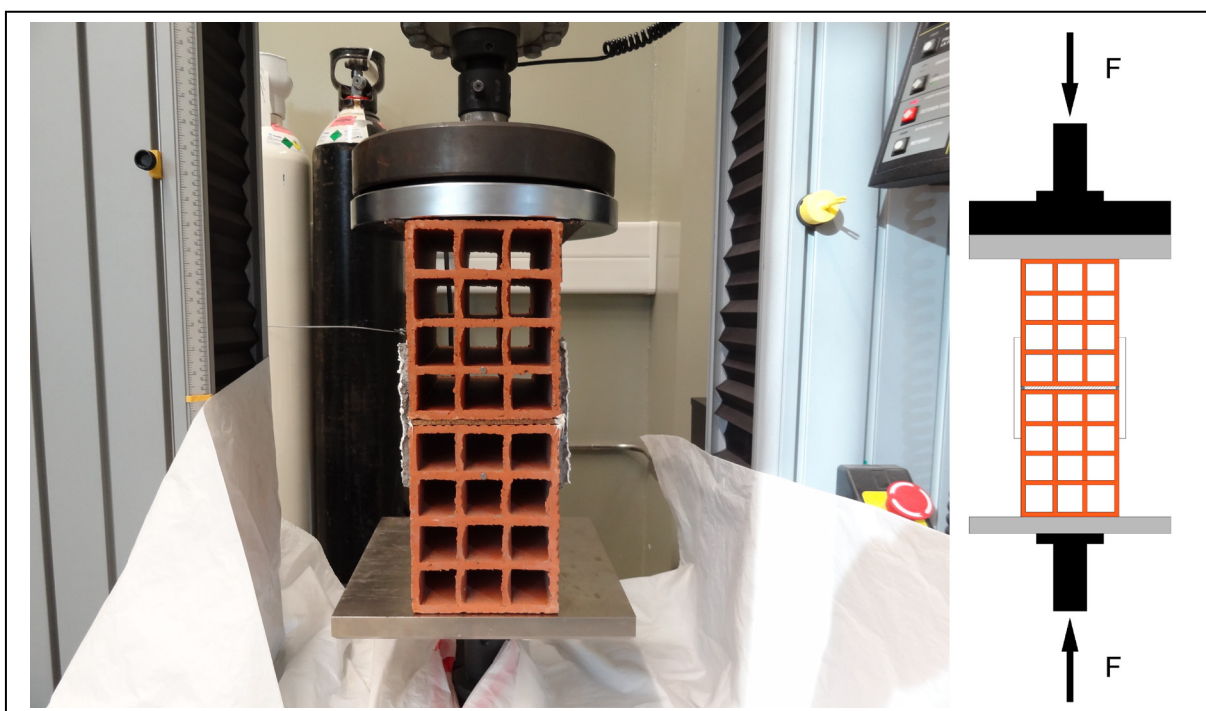


Figura 4.4- Modelo do ensaio de compressão

No ensaio C1 foi aplicada uma velocidade de carregamento de 12 kN/min (esta carga foi aferida e estipulada previamente, através de ensaios preliminares) com o intuito de realizar um ensaio à compressão. Tal não foi possível, uma vez que o tijolo cedeu quando se atingiu uma carga de 12,165 kN, antes mesmo de se poder observar qualquer tipo de fissura na reparação. Este fenómeno não era esperado, uma vez que o fabricante indica para este tipo de tijolo uma carga superior a 67,5 kN (2). Foi então decidido efetuar ensaios de compressão cíclicos (carga e descarga), num máximo de 10 ciclos, nos restantes provetes. O primeiro provete a ensaiar foi o C01, onde a título de teste se aplicou uma carga de 6 kN, não se observando qualquer alteração na reparação no final dos 10 ciclos. Optou-se então por aumentar a carga para 8 kN.

$$\sigma = \frac{F}{A} <> 1,5 = \frac{F}{300 \cdot 150} <> F = 67,500 \text{ kN} \quad (2)$$

Onde:

σ - Tensão de rotura à compressão do tijolo [MPa] (dado da ficha técnica do produto);

F - Carga de rotura [kN];

A - Área de aplicação de contacto [mm²].

4.5.1.2 Resultados globais

No Quadro 4.5 são apresentados os resultados dos ensaios cíclicos de compressão dos dois trabalhos realizados.

Quadro 4.5- Resultados globais dos ensaios cíclicos de compressão

Ensaio	Banda de argamassa [cm]	Banda de dessolidarização [cm]	Carga ciclica [N]	Ocorrência	Ciclo de ocorrência
C01	15	0	8000	N/a	N/a
C02		3		Descolou	5°
C03		5		Descolou	5°
C04		10		Rotura do tijolo	2°
C2	15	5		Descolou	5°
C3	15			Rotura do tijolo	4°
C4	20			Rotura do tijolo	1°
C1	10		N/a	Rotura do tijolo	N/a

Como podemos ver, nos ensaios C02, C03 e C3 foi possível levar a argamassa a descolar do tijolo ao 5° ciclo, enquanto nos restantes provetes, ocorreu a rotura dos tijolos antes de se poder observar qualquer tipo de fissuração.

Os provetes dos ensaios C03 e C3 têm características iguais, apresentam uma banda de argamassa de 15 cm e uma banda de dessolidarização de 5 cm, enquanto o provete do ensaio C02 apresenta uma banda de argamassa de 15 cm e uma banda de dessolidarização de 3 cm. Da análise destes dados, apesar de estatisticamente pouco relevantes, podemos concluir que a variação da banda de dessolidarização de 3 para 5 cm, não influencia a resistência da reparação, pois em todos os ensaios se observou o seu descolamento ao 5° ciclo.

4.5.1.3 Resultados Individuais

Devido à falta de dados para tratar individualmente este trabalho no que diz respeito à compressão cíclica, decidiu-se pela utilização de todos os ensaios válidos para a construção de um gráfico ciclo-deslocamento (Figura 4.5). Foram assim utilizados os dados referentes aos ensaios C2, C02 e C03.

Da análise dos resultados podemos observar que os deslocamentos sofridos pelos provetes nestes três ensaios são muito semelhantes, assim, podemos afirmar, com base nos dados existentes, que a influência de uma tão pequena variação da largura da banda de dessolidarização na resistência da reparação à compressão é pouco relevante, como já se tinha concluído anteriormente.

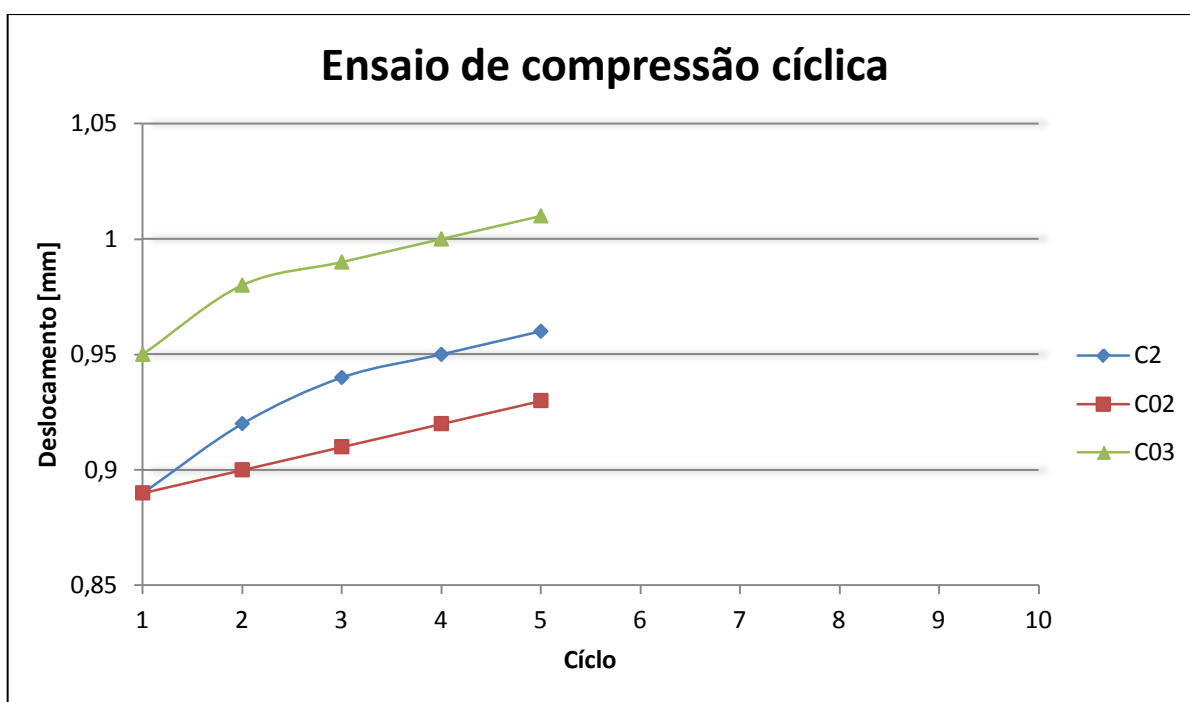


Figura 4.5- Gráfico ciclo-deslocamentos dos ensaios de compressão cíclica

4.5.2 Tração

4.5.2.1 Descrição geral

O ensaio de tração foi realizado sobre 12 provetes do tipo P1 conforme se ilustra na Figura 4.6. A velocidade de carga do ensaio foi de 5 kN/min. Efetuaram-se ainda dois ensaios

cíclicos com uma carga de 3,5 kN em cada ciclo, carga essa que corresponde a 80% da carga média de fissuração da reparação dos ensaios à tração.

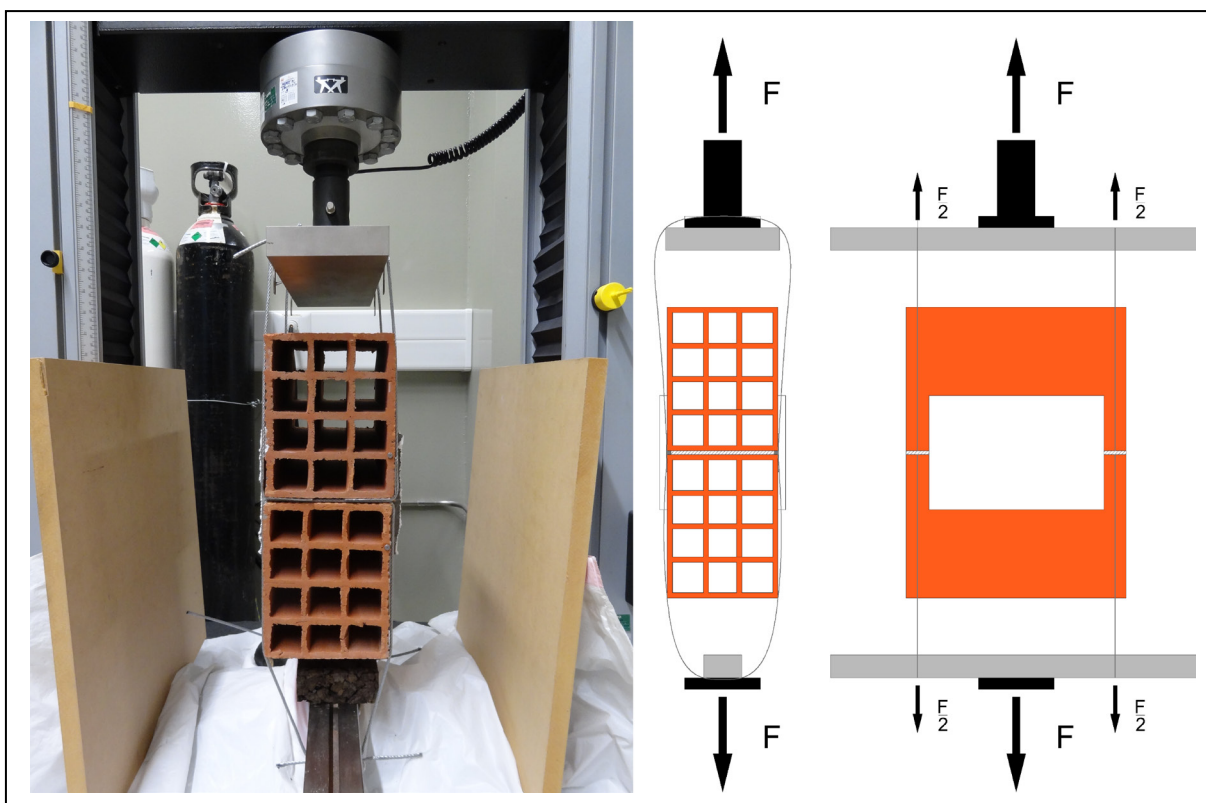


Figura 4.6- Modelo do ensaio de tração

4.5.2.2 Resultados globais

No Quadro 4.6 e Quadro 4.7 são apresentados os valores da carga de fissuração referentes aos ensaios simples e cíclicos de tração. Da análise dos quadros podemos observar, que a variação da resistência da argamassa de reparação ao corte é muito semelhante para todos os ensaios realizados, com exceção para o provete do ensaio T01, que apresenta um valor muito abaixo da média.

Do ensaio cíclico pouco se pôde concluir uma vez que o provete do ensaio T06 rompeu pelo tijolo logo após o primeiro ciclo de carga, mas como esperado, o provete T6 fissurou com uma carga mais baixa e com menos ciclos que os provetes de compressão.

Quadro 4.6- Resultados globais dos ensaios de tração

Provete	Banda de argamassa [cm]	Banda de dessolidarização [cm]	Carga de fissuração [N]	Média [N]	Desvio Padrão [N]	Coefficiente de variação
T01	15	0	2993	4269,70	580,35	14%
T02		3	4021			
T03		5	4939			
T04		10	4672			
T05			4802			
T1	10	5	4020			
T2	15		4750			
T3	15		4451			
T4	20		4015			
T5	20		4034			

Quadro 4.7- Resultados globais dos ensaios cíclicos de tração

Provete	Carga ciclica [N]	Ocorrência	Ciclo de ocorrência
T06	3500	Rotura do tijolo	1º
T6		Fissurou	2º

4.5.2.3 Resultados individuais

Como podemos observar pela análise dos gráficos da Figura 4.7 e Figura 4.8, o provete do ensaio T1 apresenta a maior deformação, apesar de que, quando comparado com os ensaios T4 e T5, este pareça apresentar melhor comportamento, uma vez que apresenta sensivelmente o mesmo valor de carga de fissuração, mas uma maior capacidade de deformação. Os ensaios T3 e T4 apresentam os valores de carregamento mais elevados e uma deformação semelhante aos restantes ensaios.

Podemos assim concluir, com base nos dados analisados, que a largura de banda de argamassa de 20 cm (T4 e T5) não traz vantagem em relação às restantes, sendo mesmo a que tem o pior desempenho. A banda de argamassa de 10 cm (T1) apesar de maior capacidade de deformar, não resiste a uma carga tão elevada quando comparada com a banda de 15 cm (T2 e T3).

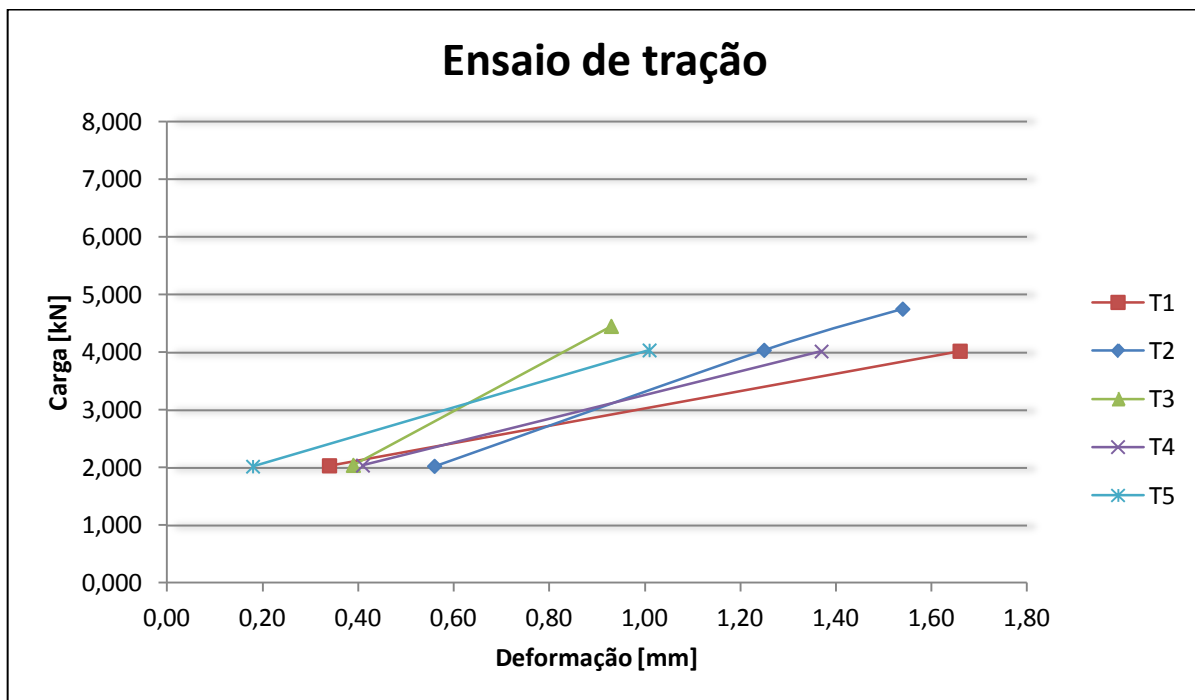


Figura 4.7- Gráfico carga-deformação dos ensaios de tração

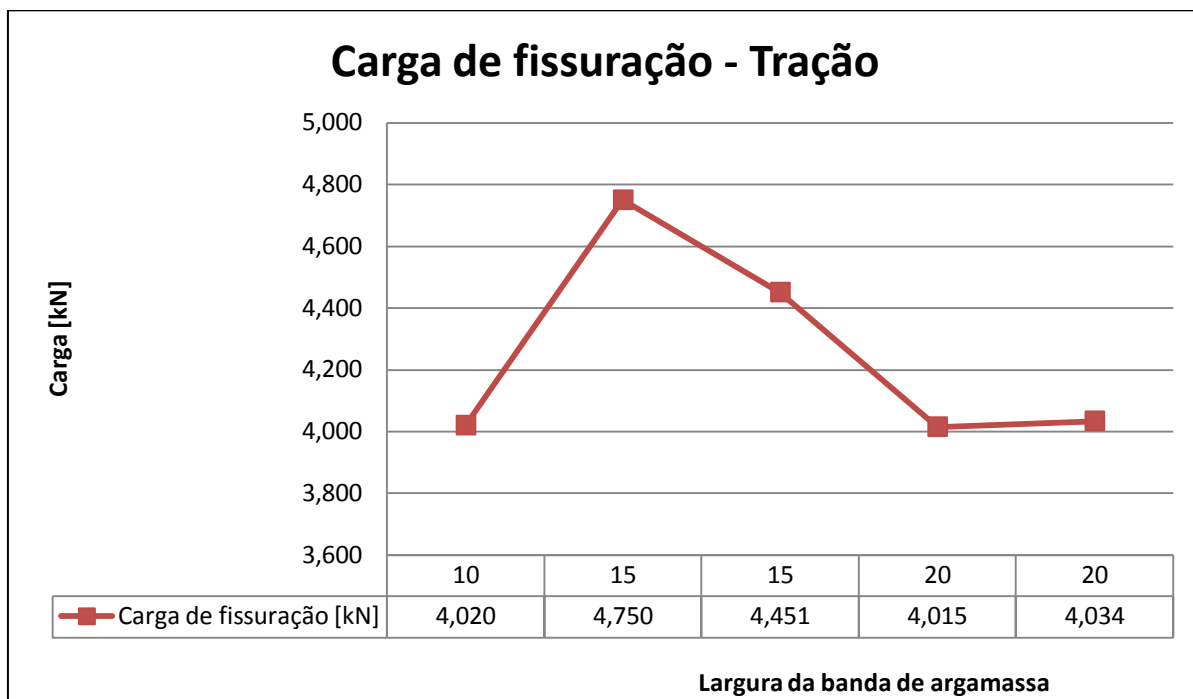


Figura 4.8- Gráfico carga-largura de banda dos ensaios de tração

4.5.2.4 Cálculo das tensões de tração

Com base nas cargas de fissuração dos provetes de corte, podemos tirar algumas ilações quanto à tensão de aderência e tensão média de fissuração da reparação, para os vários parâmetros ensaiados.

Para o cálculo dessas tensões foram utilizadas as seguintes expressões:

$$\sigma_{adr} = \frac{F}{A} \quad (3)$$

em que:

σ_{adr} - Tensão de aderência [MPa];

F - Metade de carga de rotura à tração [N];

A1 - Área de argamassa em contacto com o tijolo [mm²] (Figura 4.9).

$$\sigma_{med} = \frac{F}{A} \quad (4)$$

em que :

σ_{med} - Tensão média de resistência à tração [MPa];

F - Metade de carga de rotura à tração [N];

A2 - Área da secção resistente de argamassa [mm²] (Figura 4.9).

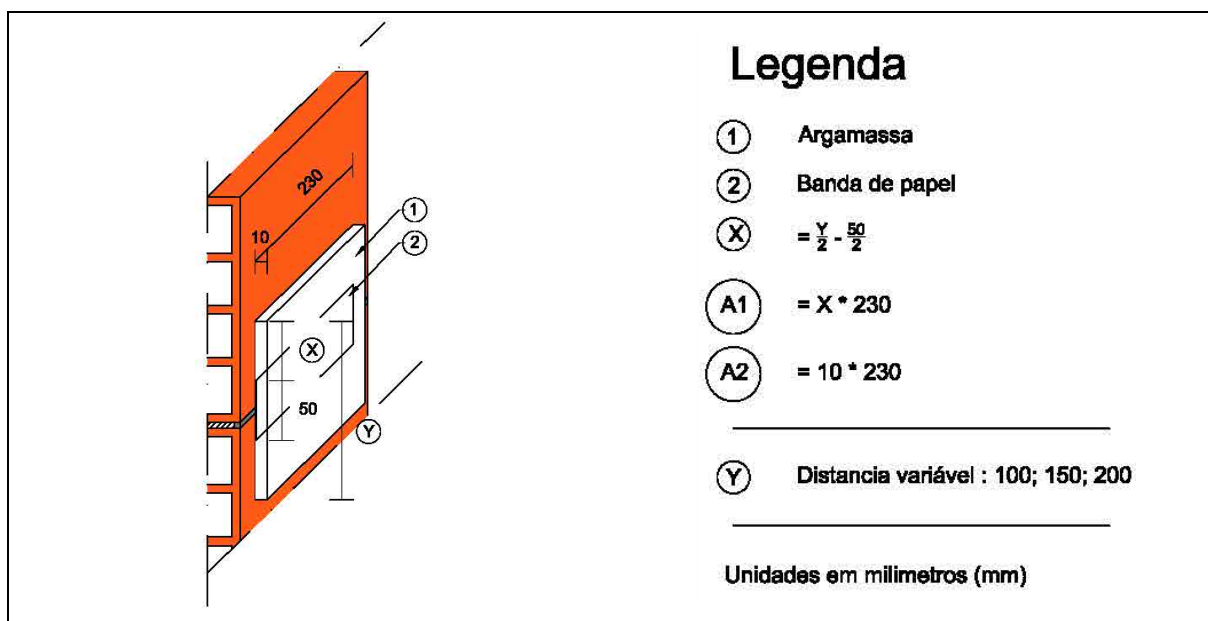


Figura 4.9- Área para o cálculo das tensões

Analisando o Quadro 4.8 podemos observar que a reparação apresenta valores de tensão de aderência inversamente proporcionais à área de argamassa em contacto com o tijolo, o maior valor de tensão de aderência é o da argamassa com largura de 10 cm, devido à sua menor área em contacto com o tijolo e ao fato de apresentar uma carga de fissuração próxima dos restantes provetes. Isto pode significar que, o campo de tensões referente à adesão da argamassa à base que se desenvolve ao longo da sua largura, vai decrescendo desde a zona de fronteira da banda de dessolidarizada até ao fim da reparação (Figura 4.10). Esta conclusão precisaria de comprovação por via numérica ou com auxílio de extensómetros. Posto isto, podemos dizer que a largura ideal da banda a reparar varia com o tipo de argamassa utilizado na reparação em função da sua capacidade aderente.

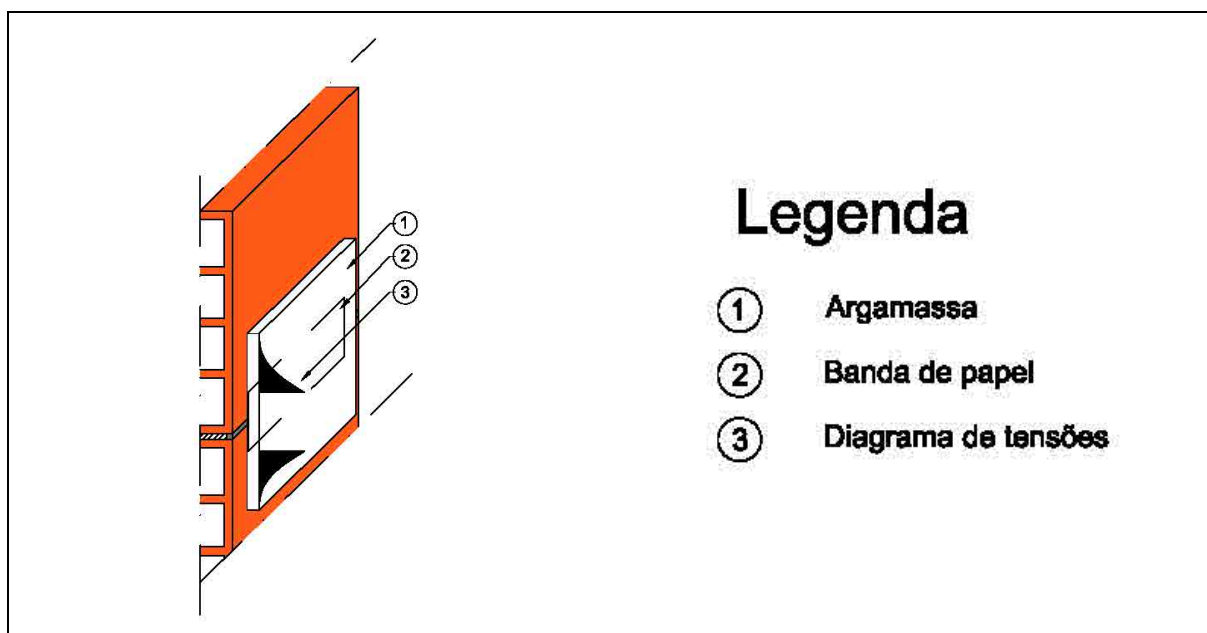


Figura 4.10- Diagrama presumido para as tensões de corte

Quadro 4.8- Cálculo da tensão de aderência

Proвете	Banda de argamassa (mm)	Banda de dessolidarização (mm)	Carga de fissuração (kN)	F (N)	Area (mm ²) (A1)	Tensão de aderência (Mpa) (3)
T1	100	50	4,020	2010	5750	0,350
T2	150		4,750	2375	11500	0,207
T3	150		4,451	2226	11500	0,194
T4	200		4,438	2219	17250	0,129
T5	200		4,034	2017	17250	0,117

Já no caso da tensão média de resistência da argamassa (Quadro 4.9), uma vez que a área da secção será igual para todos os provetes, é natural que o maior valor registado seja do provete que tenha a maior carga de fissuração, sendo esse provete o do ensaio T2, que tem uma banda de argamassa de 15 cm.

Quadro 4.9- Cálculo da tensão média de resistência à tração

Provete	Banda de argamassa (mm)	Banda de dessolidarização (mm)	Carga de fissuração (kN)	F (N)	Area (mm ²) (A2)	Tensão média de resistencia à tração (Mpa) (4)
T1	100	50	4,020	2010	2300	0,874
T2	150		4,750	2375	2300	1,033
T3	150		4,451	2226	2300	0,968
T4	200		4,438	2219	2300	0,965
T5	200		4,034	2017	2300	0,877

4.5.3 Corte

4.5.3.1 Descrição geral

O ensaio de corte foi realizado sobre 12 provetes do tipo P2 conforme se ilustra na Figura 4.11.



Figura 4.11- Modelo do ensaio de corte

A velocidade de carga foi de 6kN/min, havendo paragens para medições em patamares de 2 kN. Tal como para o ensaio de tração, em dois desses provetes foram realizados ensaios cíclicos, com uma carga de 4,5 kN, correspondente a 80% da carga média de fissuração dos ensaios de corte. Como foi referido anteriormente, os provetes ficaram sujeitos a fenómenos de torção, que influenciaram os resultados dos ensaios. Isto sucedeu devido à assimetria dos provetes que foram reparados apenas de um dos lados.

4.5.3.2 Resultados globais

Da análise do Quadro 4.10, podemos verificar que as cargas de fissuração são altas para todos provetes, não havendo, numa primeira análise, uma diferença relevante que destaque um provete em relação a outro. O mesmo se pode dizer para os ensaios cíclicos (Quadro 4.11).

Quadro 4.10- Resultados globais dos ensaios de corte

Provete	Banda de argamassa [cm]	Banda de dessolidarização [cm]	Carga de fissuração [N]	Média [N]	Desvio Padrão [N]	Coefficiente de variação
Ct01	15	0	4003	4956,30	679,78	14%
Ct02		3	5616			
Ct03		5	5984			
Ct04		10	4346			
Ct05		5	5047			
Ct1	10	5	4337			
Ct2	15		4361			
Ct3	15		5732			
Ct4	20		5150			
Ct5	20		4987			

Quadro 4.11- Resultados globais dos ensaios cíclicos de corte

Provete	Carga ciclica [N]	Ocorrência	Ciclo de ocorrência
Ct06	4500	Fissurou	4º
Ct6	4500	Fissurou	3º

4.5.3.3 Resultados individuais

Observando os gráficos das Figura 4.12 e Figura 4.13, podemos verificar que o provete do ensaio Ct1 apresenta os piores valores de resistência à fissuração de todos os ensaios. Os

restantes provetes apresentam valores de carga semelhantes, um pouco mais baixo no provete do ensaio Ct2, mas com melhor capacidade de deformação nos provetes com banda de argamassa de 15 cm (Ct2 e Ct3). Podemos assim dizer que para a resistência ao corte, a melhor solução, com base nos dados apresentados, é a banda de argamassa de 15 cm.

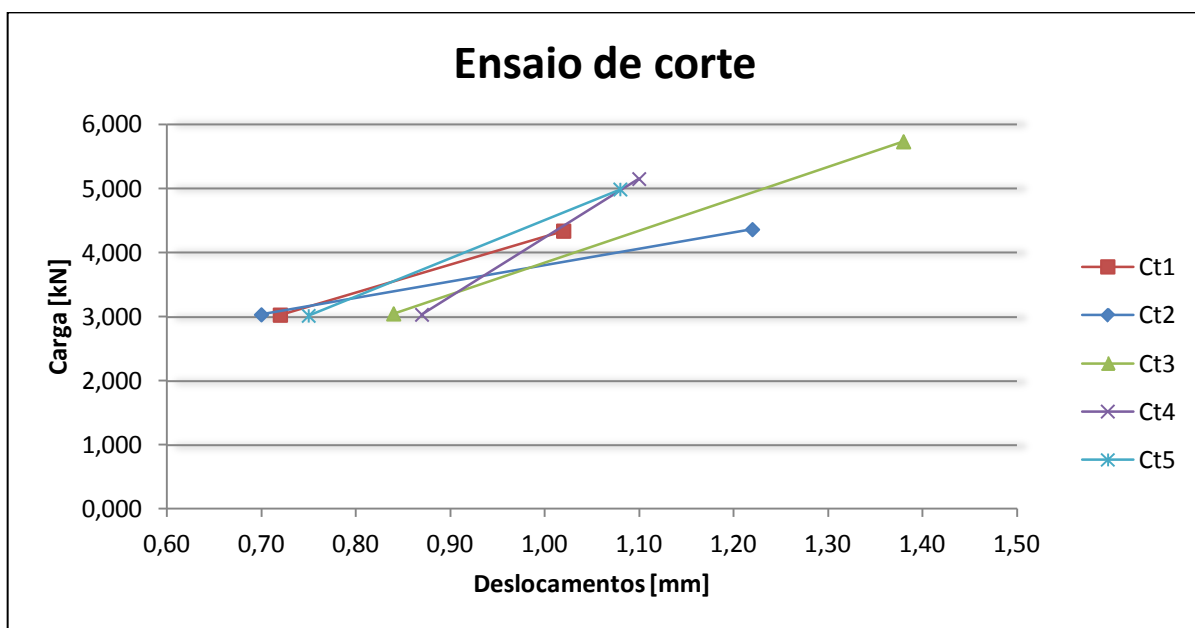


Figura 4.12- Gráfico carga-deformação dos ensaios de corte

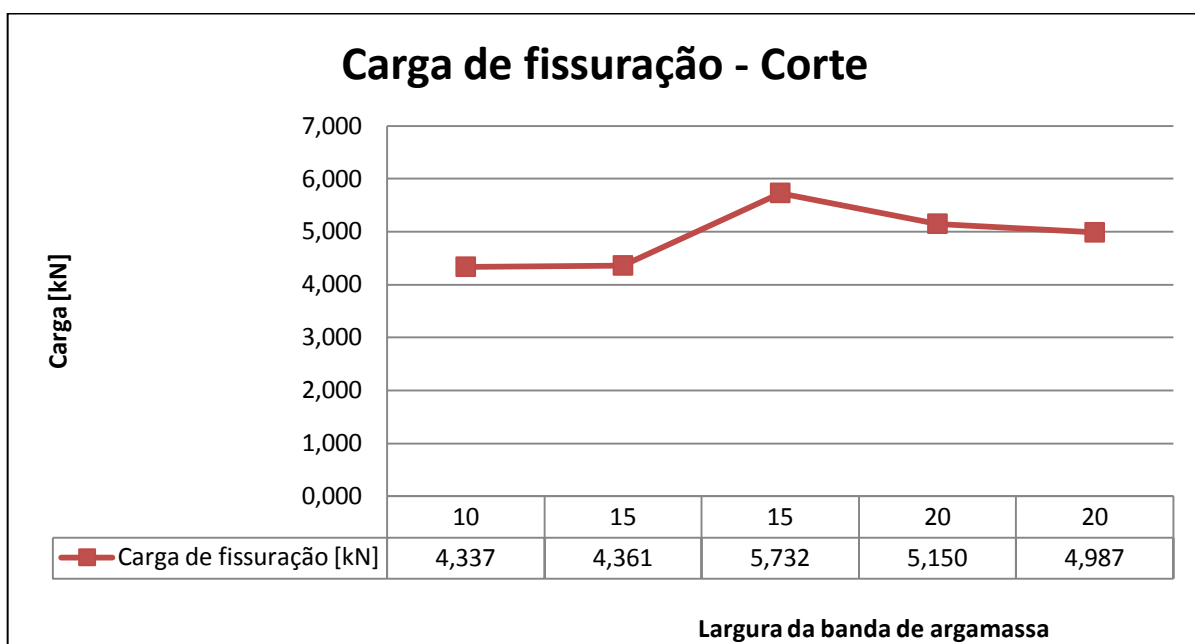




Figura 4.13- Gráfico carga-largura de banda dos ensaios de corte






4.6 Síntese dos resultados dos ensaios


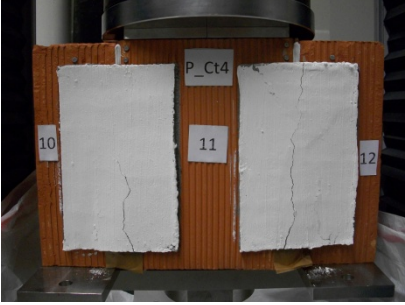
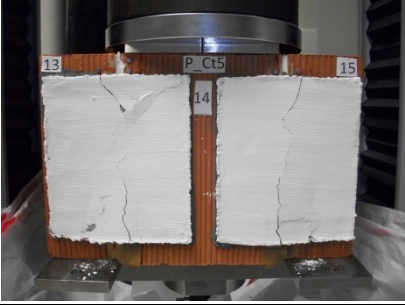
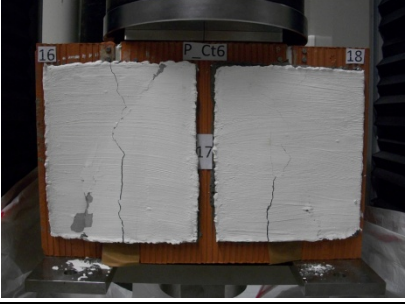
Podemos concluir que a reparação que apresentou melhores resultados, tendo em conta os materiais utilizados, foi a de banda de argamassa de 15 cm. Quer nos ensaios de compressão, quer nos de tração, ou nos de corte, foi sempre a que suportou cargas mais elevadas. A reparação em que é utilizada uma banda de argamassa de 20 cm é uma solução exagerada, que não traz qualquer vantagem em termos de resistência. Já a reparação com banda de argamassa de 10 cm, quando comparada com as restantes, apresenta resultados que merecem uma análise mais pormenorizada, pois consegue suportar cargas bastante próximas das dos outros provetes. No Quadro 4.12 é apresentado um resumo do que se verificou ao longo desta campanha experimental.

Quadro 4.12- Resumo dos resultados dos ensaios

Ensaio	Parâmetro variado	Tipo de carga	Carga de fissuração [N]	Tipo de ocorrência	
	Banda de argamassa [cm]				
C1	10	Compressão	12165		Rotura do tijolo
C2	15	Compressão (cíclico)	8000 (5º ciclo)		Descolamento da reparação

C3	15		8000 (4º ciclo)		Rotura do tijolo
C4	20		8000 (1º ciclo)		Rotura do tijolo
T1	10	Tração	4020		Fissuração da reparação
T2	15		4750		Fissuração da reparação
T3	15		4451		Fissuração da reparação

T4	20		4015		Fissuração da reparação
T5	20		4034		Fissuração da reparação
T6	15	Tração (cíclico)	3500 (2º ciclo)		Fissuração da reparação
Ct1	10	Corte	4337		Fissuração da reparação
Ct2	15		4361		Fissuração da reparação

Ct3	15		5732		Fissuração da reparação
Ct4	20		5150		Fissuração da reparação
Ct5	20		4987		Fissuração da reparação
Ct6	15	Corte (cíclico)	4500 3º (ciclo)		Fissuração da reparação

5 CONCLUSÃO

5.1 Síntese geral

Este trabalho foi dedicado ao tema "estudo de reabilitação em "ponte" de fissuras em paredes de alvenaria". Teve como principal motivação o fato de as fissuras em paredes de alvenaria serem um problema atual, que carece de uma resolução não baseada na experimentação, mas sim, em metodologias de investigação técnico-científicas.

Definiu-se como objetivo principal deste trabalho aprofundar o conhecimento na área da reparação de fissuras, e em particular da técnica de reabilitação em "ponte". Como objetivo complementar escolheu-se o estudo da influência do tamanho da banda de argamassa na resistência a esforços de compressão, tração e corte, da técnica de reparação em "ponte".

Para atingir estes objetivos, foram desenvolvidos trabalhos de pesquisa bibliográfica e experimental, cujos resultados foram sendo apresentados ao longo de cada capítulo e são resumidos nos parágrafos seguintes.

5.2 Conclusões dos diversos subtemas

Este trabalho pode ser dividido em dois grupos, o primeiro referente ao estado da arte e o segundo à análise experimental dos provetes.

No que se refere ao estado da arte foi efetuado um levantamento e análise das patologias existentes em alvenarias, dando especial atenção à fissuração. Foram ainda apresentadas algumas técnicas de reabilitação de fissuras em função das suas causas. Esta análise foi efetuada recorrendo a literatura nacional e estrangeira, que abordam esta matéria.

Quanto ao trabalho experimental realizado, apesar das limitações devido ao reduzido número de provetes e à má qualidade da alvenaria utilizada, as principais conclusões e dúvidas que podemos retirar são as seguintes:

- No geral, as reparações apresentam uma boa capacidade resistente, esta afirmação apenas tem fundamento se considerarmos as elevadas cargas a que estavam sujeitos, e o facto de em alguns casos o tijolo ceder primeiro que a reparação;
- A largura da banda de argamassa tem alguma influência na resistência da reparação, pois como foi possível constatar pelos resultados dos ensaios, ter uma banda de

argamassa de 20 cm não traz qualquer aumento da capacidade resistente da reparação, apresentando inclusive, piores resultados que a reparação com largura de banda de 15 cm. A reparação com largura de banda de 10 cm apresenta igualmente bons resultados, pois consegue resistir a cargas semelhantes aos da banda de largura de 20 cm, o que ajuda a comprovar a ideia de que uma largura de banda maior, não traz benefícios;

- Dado que este trabalho foi realizado em conjunto com outro, em que se fez variar a largura da banda de dessolidarização, é importante não deixar de referir as conclusões que deste resultaram. Assim, chegou-se à conclusão que, a largura da banda de dessolidarização, também tem influência na resistência da reparação. Pode observar-se que nos ensaios em que esta banda era inexistente, os valores de carga de fissuração foram bastante mais baixos que os restantes. Outra conclusão a que se chegou foi, tal como na largura da banda de argamassa, uma banda de dessolidarização maior não implica à partida, melhores resultados.

5.3 Perspetivas de trabalhos futuros

Concluído o presente trabalho, diversas perspetivas de desenvolvimento podem ser apontadas para trabalhos futuros. A título de exemplo, alguns trabalhos que se consideram importantes e que haverá interesse em desenvolver são:

- Trabalhos que possam melhorar os modelos dos provetes e da instrumentação utilizada nas medições das deformações;
- Melhoria das condições de aplicação das cargas, durante os ensaios, para evitar efeitos prejudiciais de concentração de tensões;
- Realização de estudos em que sejam utilizados os tipos de reparação mais relevantes indicados neste trabalho, em que o número de provetes ensaiados possa ter alguma relevância estatística, para melhor aferir os resultados;
- Realização de ensaios com uma menor espessura da reparação;
- Realização de trabalhos em que sejam utilizados outros tipos de materiais, de modo a facilitar a aplicação da técnica e a reduzir os seus custos;
- Trabalhos de análise numérica do comportamento da reparação, recorrendo a programas de elementos finitos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APICER (2003). "Manual de Aplicação de Revetimentos Cerâmicos". Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, Coimbra.
- FLORES, I. (2004). Curso de inspeção e reabilitação de construções em Alvenaria.
- GONÇALVES, A. (2007). "Reabilitação de Paredes de Alvenaria". Instituto Superior Técnico Lisboa.
- HENRIQUES, F. (1994) "Humidade em Paredes". LNEC , Lisboa.
- NASCIMENTO, J. and DIAS, M. (2010) "Método de Diagnóstico das Causas das Anomalias Construtivas e Respective Soluções de Intervenção no Âmbito da Conservação e Reabilitação de Edifícios Recentes", in DIAS, J.M. and LOPES, G. Cadernos Edifícios 5 - Conservação e Reabilitação de Edifícios Recentes. LNEC, Lisboa
- PAIVA, J.V. (1985) "Patologia da Construção", 1º Encontro sobre "Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação", Lisboa.
- PEREIRA, M.F. (2005) "Anomalias em Paredes de Alvenaria sem Função Estrutural". Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães
- PINTO, A. (2003) "O Desenho das Envolventes Exteriores Verticais dos Edifícios e a Existência de Falhas, num Process de Degradação", 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios (Tema III), pp.1209-1217, Lisboa.
- PRECERAM@ (2012). http://www.preceram.pt/documentos/Etiqueta_CE_Preceram.pdf.
- SIKA@ (2012). <http://pt01.webdms.sika.com/files/show.do?documentID=114>.
- SILVA, J.M. (1998) "Fissuração das Alvenarias - Estudo do Comportamentos das Alvenarias sob Acções Térmicas". Tese de Doutoramento, FCTUC, Coimbra.
- SILVA, J.M. (2002) "Alvenarias não Estruturais. Patologias e Estratégias de Reabilitação". Seminário sobre Paredes de Alvenaria, pp. 187-206, Porto.
- SILVA, J.M. (2009) "Estratégias e Técnicas de Reparação de Fissuras em Alvenarias". in SILVA, J.M. Cadernos de Apoio ao Ensino da Tecnologia da Construção e da Reabilitação de Anomalias Não Estruturais em Edifícios, FCTUC, Coimbra.
- SOUSA, H. (2002) "Alvenarias em Portugal - Situação actual e perspectivas futuras". Seminário sobre Paredes de Alvenaria, pp. 17-40, Porto.
- THOMAZ, É. (1989) "Trincas em Edifícios. Causas, Prevenção e Recuperação". S. Paulo.
-

VICENTE, R.d.S. (2002) "Patologia das paredes de fachada - Estudo do comportamento mecânico das paredes de fachada com correção exterior das pontes térmicas". Dissertação Mestrado, FCTUC, Coimbra.

VIERO@ (2012). http://www.viero.com.pt/fichas/913-0229__09-1.pdf.