



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

# **Reparação de Fissuras em Ponte: Contributo Experimental**

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

Autor

**Rita Margarida Marques Duarte**

Orientador

**Professor Doutor José António Raimundo Mendes da Silva**

**Professora Doutora Maria Isabel Moraes Torres**

**Colaboração Institucional**



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

**Coimbra, Julho, 2013**

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso aqui o meu profundo agradecimento a todas as pessoas e instituições, que de alguma forma colaboraram na realização deste trabalho.

Aos meus orientadores, Professor Doutor José Raimundo Mendes da Silva e Professora Doutora Maria Isabel Moraes Torres, pelos ensinamentos, pelas palavras de incentivo e por toda a disponibilidade.

Ao ITeCons pela cedência das suas instalações para a concretização dos ensaios laboratoriais e a todos os seus colaboradores, em especial ao Eng. Saúl, pela ajuda e pelo tempo despendido.

A todos os meus amigos pela compreensão, apoio, preocupação e interesse revelado ao longo da realização deste trabalho. Agradeço também à Júlia pelo acompanhamento ao longo da minha vida pessoal e académica.

À minha família pelas palavras de conforto, pela dedicação, preocupação, apoio e interesse demonstrado durante esta etapa.

À minha mãe e irmã, por toda a paciência e motivação ao longo desta etapa, e por serem o meu porto seguro durante toda a minha vida.

E principalmente, com o maior amor, ao meu pai, que partiu antes do fim da minha vida académica.

A todos, o meu muito obrigado!

## RESUMO

Numa época em que o tema da reabilitação de edifícios é tão discutido deparamo-nos com questões mais amplas por resolver, como a reparação de fissuras. Actualmente já não parece pertinente discutir a opção da reabilitação mas sim qual a técnica que melhor se adequa a cada situação. Como ter a certeza da sua eficácia se não existe documentação legal nem estudos que comprovem a adequabilidade dessa mesma técnica?

Para colmatar esta falta de informação foram desenvolvidas duas teses com o objectivo de estudar a influência de vários parâmetros envolvidos na reabilitação de fissuras em paredes de alvenaria utilizando a técnica da reabilitação em “ponte”. Estas teses tiveram por base um número limitado de provetes e uma limitação em relação aos materiais utilizados. Mesmo assim conseguiram-se resultados concretos, chegando a conclusões bem definidas. As quais apontam para uma utilização de uma banda de dessolidarização com largura variável entre os 3 e os 5 cm e a largura da banda de argamassa a variar entre os 10 e os 15 cm.

Na sequência do trabalho desenvolvido pelos colegas surge esta tese que tem como principais objectivos explicar melhor o fenómeno da fissuração, ou seja, explicar o que acontece quando surgem fissuras, as tensões envolvidas em todo o processo e qual a sua interligação; clarificar os resultados obtidos nas teses anteriores com a realização de novos provetes modificando os materiais, ou mesmo aumentando o número de provetes ensaiados; e identificar novos parâmetros intervenientes na reabilitação em “ponte” e estudo do que se considerar mais adequado.

As conclusões deste estudo aliadas às já existentes poderão contribuir para um melhor esclarecimento desta técnica especifica tornando-a eficaz e o mais económica possível.

**Palavras-chave:** “Reabilitação”, “Fissuras”, “Reabilitação em ponte”, “Banda de argamassa”, “Argamassa”

## ABSTRACT

At a time when the issue of rehabilitation of buildings is so widely discussed, we face a broader unsolved issue, such as the repair of cracks. Currently it no longer seems appropriate to discuss the option of rehabilitation but rather which technique best suits each situation. How to be sure of its effectiveness if there is no legal documentation or studies that prove the suitability of this same technique?

To address this lack of information, two theses were developed with the aim of studying the influence of various parameters involved in the rehabilitation of cracks in masonry walls using the cracking repair with dessolidarisation layer technique. These arguments are based on a limited sample and materials used. Nevertheless, specific results were achieved, developing a well structured conclusion. Which point out to a use the dessolidarisation layer with variable width between 3 and 5 cm, and bandwidth mortar varying between 10 and 15 cm.

Following on from the previous work done by colleagues, the thesis' main aim is to explain further the phenomenon of cracking, i.e., explain what happens when cracks appear, the tensions involved in the whole process and how are they interrelated; clarifies the results obtained in the prior thesis and implementation of new specimens using modified materials, or even increasing the number of specimens tested. Identifies new parameters involved in the cracking repair with dessolidarisation layer technique and studies what is most appropriate.

The conclusion of this study together with the previous already existing data could contribute for a better understanding of this specific technique, making it as efficient and economic as possible.

**Keywords:** “Rehabilitation”, “Cracks”, “Cracking repair with dessolidarisation layer technique”, “Bandwidth mortar”, “Mortar”

---

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objectivos .....	2
1.3 Estrutura da dissertação .....	2
2. REABILITAÇÃO E O FENÓMENO DA FISSURAÇÃO .....	3
2.1 Conceito de Reabilitação .....	3
2.2 Fissuração .....	5
2.2.1 Enquadramento geral .....	5
2.2.2 Classificação e caracterização das fissuras .....	5
2.2.2.1 Fissuras devido a movimentos da fundação .....	5
2.2.2.2 Fissuras devido à concentração de cargas .....	6
2.2.2.3 Fissuras devido à deformação excessiva do suporte .....	7
2.2.2.4 Fissuras devido à variação da temperatura .....	8
2.2.2.5 Fissuras devido à variação do teor de humidade .....	9
2.2.2.6 Fissuras devido aos ataques químicos .....	10
2.2.2.7 Outros casos de fissuração .....	11
3. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO .....	12
3.1 Introdução .....	12
3.2 Estratégias de reabilitação de patologias não estruturais .....	12
3.2.1 Generalidades .....	12
3.2.2 Eliminação das anomalias .....	13
3.2.3 Substituição dos elementos e materiais afetados .....	13
3.2.4 Ocultação das anomalias .....	13
3.2.5 Proteção contra os agentes agressivos .....	14
3.2.6 Eliminação das curvas das anomalias .....	14
3.2.7 Reforço das características funcionais .....	14
3.3 Estratégias de reabilitação de paredes fissuradas .....	14
3.3.1 Reparação de fissuras em função das suas causas .....	14
3.3.2 Reparação de fissuras que envolvam a perda de estanquidade das paredes .....	16
3.4 Técnica de Reabilitação de Fissuras em “Ponte” .....	17
3.4.1 Método geral .....	17

---

3.4.2 Variantes simplificadas .....	17
3.4.3 Aplicação e condicionantes .....	17
3.4.4 Precauções na reabilitação de fissuras em “ponte” .....	18
3.4.5 Tensões envolvidas em cada etapa da execução da técnica .....	20
4. TRABALHO EXPERIMENTAL .....	22
4.1 Objectivos .....	22
4.2 Escolha e caracterização dos materiais .....	23
4.2.1 Escolha dos materiais .....	23
4.2.2 Caracterização dos materiais .....	23
4.2.2.1 Tijolos .....	23
4.2.2.1.1 A importância da qualidade do tijolo .....	24
4.2.2.2 Cortiça e Papel “kraft” .....	24
4.2.2.3 Mástique .....	24
4.2.2.4 Argamassas .....	24
4.2.2.2 Rede de fibra de vidro .....	26
4.3 Preparação dos provetes e condicionantes .....	26
4.4 Descrição, análise e resultados dos ensaios .....	29
4.4.1 Generalidades .....	29
4.4.2 Descrição do ensaio .....	30
4.4.3 Resultados obtidos .....	32
4.4.4 Síntese dos resultados .....	46
5. CONCLUSÃO .....	57
5.1 Síntese Geral .....	57
5.2 Conclusões dos diversos objectivos .....	57
5.3 Perspetivas de trabalhos futuros .....	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Esquemática e aplicação prática da técnica de reabilitação de fissuras em “ponte” (SILVA,2002).....	19
Figura 3.2 Maneira correta de colocar a fibra de vidro na reparação (Junginger).....	21
Figura 4.1 Materiais utilizados na montagem dos provetes.....	23
Figura 4.2 Esquema da tipologia dos provetes (Oliveira,2012). ....	26
Figura 4.3 Esquema do ensaio (Póvoa,2012).....	31
Figura 4.4 Tipos de ocorrências observadas durante os ensaios (Póvoa, 2012).....	31
Figura 4.5 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa Sika.....	34
Figura 4.6 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 2cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa Sika.....	34
Figura 4.7 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 6cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa Sika.....	35
Figura 4.8 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 12cm de argamassa Sika.....	36
Figura 4.9 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 16cm de argamassa Sika.....	36
Figura 4.10 Gráfico comparativo entre provetes com banda de argamassa Sika de 10cm.....	37
Figura 4.11 Gráfico comparativo entre provetes com banda de dessolidarização de 4cm, da argamassa Sika.....	38
Figura 4.12 Comparação de todos os provetes e suas ocorrências, da argamassa Sika.....	39
Figura 4.13 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 14cm de argamassa MM30.....	40
Figura 4.14 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 12cm de argamassa MM30.....	40
Figura 4.15 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 2cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa MM30.....	41
Figura 4.16 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 6cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa MM30.....	42
Figura 4.17 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa MM30.....	42

Figura 4.18 Gráfico comparativo entre provetes com banda de argamassa MM30 de 10cm...	43
Figura 4.19 Gráfico comparativo entre provetes com banda de dessolidarização de 4cm da argamassa MM30.....	44
Figura 4.20 Comparação de todos os provetes e suas ocorrências da argamassa MM30.....	45
Figura 4.21 Apresentação das ocorrências para todos os provetes ensaiados.....	46

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1. Técnicas de reparação de fissuras que visam a estanquidade das paredes (Silva,1998).....	16
Quadro 3.2 Erros comuns na aplicação da técnica de reabilitação de fissuras em “ponte”(Silva,2002).....	18
Quadro 4.1 a) Procedimento de montagem dos provetes.....	27
Quadro 4.1 b) Procedimento de montagem dos provetes.....	28
Quadro 4.2 Designação dos provetes e suas características.....	29
Quadro 4.3 Resultados dos ensaios usando a argamassa Sika MonoTop620.....	32
Quadro 4.4 Resultados dos ensaios usando a argamassa Fassa Bortolo MM30.....	33
Quadro 4.5. a) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika.....	46
Quadro 4.5. b) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika .....	47
Quadro 4.5. c) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika .....	48
Quadro 4.5. d) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika .....	49
Quadro 4.5. e) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika .....	50
Quadro 4.5. f) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika .....	51
Quadro 4.6. a) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa MM30 .....	52
Quadro 4.6. b) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa MM30 .....	53
Quadro 4.6. c) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa MM30 .....	54
Quadro 4.6. d) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa MM30 .....	55
Quadro 4.6. e) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa MM30 .....	56

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Enquadramento

Actualmente, os ritmos de construção são muitos rápidos, tornando a construção e principalmente as paredes sensíveis à qualidade de execução. Normalmente, os projetos são insuficientes no respeitante às especificações dos materiais a utilizar, as suas características, aos pormenores de execução e à representação dos pontos singulares a escalas perceptíveis. O fator económico influencia muito as soluções escolhidas para a execução das paredes, isto porque em vez de se considerar para o custo apenas o custo de construção em vez de um custo que englobasse a construção, a utilização e a manutenção. Tudo o que foi referido associado a opções arquitetónicas que preferenciam fachadas pouco protegidas de agentes climatéricos, de grande desenvolvimento e cada vez mais esbeltas vão originar patologias (Chaves, 2009).

O diagnóstico das anomalias é essencial para serem escolhidas as medidas preventivas e os possíveis processos de correção das mesmas. Estes processos de correção das anomalias só serão eficientes quando se conseguir combater as causas que originaram o problema. Por exemplo, de nada adianta corrigir uma fissura, numa parede de alvenaria, originada pela ascensão de água por capilaridade, sem antes combater essa ascensão, uma vez que a fissura vai aparecer novamente.

Independentemente das características individuais dos materiais constituintes dos sistemas de reparação serem públicos ainda não existe conhecimento do comportamento da deformação do conjunto. Infelizmente não existe normas específicas para ensaios dos sistemas de reparação (Júnior,1997). Assim sendo, surgem imensas questões às quais não existe nada comprovado cientificamente, quer seja por testes realizados em laboratório quer por análise estatística de todos os casos já resolvidos.

Neste contexto, surgiu a oportunidade de continuar alguns trabalhos já desenvolvidos na reparação de fissuras, em paredes de alvenarias não estruturais, mais especificamente no âmbito da técnica de reabilitação de fissuras em “ponte”. Este trabalho tem o intuito de servir de apoio a esta técnica esclarecendo alguns aspetos na sua execução, tornando-a mais clara e económica.

## 1.2 Objectivos

No âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, surge esta dissertação com o intuito de dar continuidade a trabalhos já existentes relativamente à utilização de técnicas de reabilitação de fissuras, nomeadamente ao uso da técnica de reabilitação em “ponte”.

Deste modo foi realizado um trabalho experimental de observação de comportamento da reparação quando sujeita à compressão. Sendo que esta dissertação é uma continuação de trabalhos anteriores foram realizados ensaios que pudessem ser comparáveis com os resultados anteriormente obtidos. Para que tal fosse possível, foi aumentado o número de provetes ensaiados. Como complemento a este estudo, foi introduzida uma nova variável sendo essa o tipo de argamassa aplicada à reparação. Assim, foram realizados o mesmo número de provetes, com características semelhantes, para cada tipo de argamassa e os resultados comparados entre eles. Deste modo, consegue-se perceber até que ponto a variação do tipo de argamassa influencia a resistência da reparação.

## 1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está subdividida em cinco capítulos onde são apresentados os conhecimentos actuais neste domínio, a análise e discussão do trabalho experimental.

No primeiro capítulo é apresentado o tema que vai ser abordado, os objectivos e a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo é abordado o conceito de reabilitação e ao fenómeno da fissuração. Aqui é apresentada uma definição do termo reabilitação no contexto actual e são expostas as configurações que as fissuras podem apresentar consoante a sua origem.

No capítulo três é expresso a reparação de fissuras. Neste capítulo são abordadas as atitudes que se podem ter perante o aparecimento de uma fissura, estratégias de reabilitação de paredes fissuradas e descrição das mesmas. É feita uma exposição de como proceder à técnica de reabilitação de fissuras em “ponte” e possíveis condicionantes. Para completar, é feita uma breve descrição das tensões envolvidas nesta técnica em função das etapas da sua execução.

No capítulo quatro é explicado o trabalho experimental. Existe uma descrição da montagem dos provetes, uma explicação dos ensaios realizados e uma análise aos resultados obtidos.

No capítulo cinco é dirigido à síntese das conclusões e à sugestão de trabalhos futuros.

## 2. REABILITAÇÃO E O FENÓMENO DA FISSURAÇÃO

### 2.1 Conceito de Reabilitação

Ao longo do tempo tem-se vindo a verificar uma degradação das estruturas urbanas, tanto a nível do edificado como das zonas envolventes. Esta degradação está associada a causas naturais como o envelhecimento dos materiais, ou à exposição ambiental mas deve-se também à utilização abusiva do Homem, que por vezes dá ao edificado um uso diferente do previsto na construção, e à falta de manutenção. Deste modo surge o termo reabilitação.

Assim, pode definir-se como reabilitação qualquer ação que assegure a sobrevivência e a preservação para o futuro de edifícios, bens culturais, recursos naturais, energia ou outra fonte de conhecimento com valor. Enquadra-se em vertentes de intervenção para uso futuro do edifício, pelo que a avaliação da função adequada/compatível com a estrutura e a tipologia do edifício é uma das premissas deste processo. Por este facto não se podem considerar Reabilitação os casos de demolição total do interior do edifício e simples manutenção das fachadas (Tavares et al, 2011).

Segundo (Tavares, 2008), a Reabilitação Urbana define-se como “o processo corrente de intervir no tecido urbano existente, com o objectivo de fomentar o desenvolvimento da comunidade nele territorializada, desenvolvimento encarado nas suas múltiplas dimensões incluindo a espacial: a organização e a qualificação do território”. A reabilitação urbana apresenta, então, um misto de reabilitação, revitalização, salvaguarda e reutilização. A reabilitação é, portanto, um processo integrado sobre determinada área que se pretende manter ou salvaguardar. Além da reabilitação física, que compreende o restauro ou conservação dos imóveis, envolve, também, uma revitalização funcional, que pressupõe a dinamização económica e social, uma vez que manter um bairro implica conservar as suas características funcionais e aumentar a sua capacidade de atracção, tanto para os habitantes, como para o exercício de atividades económicas e sociais compatíveis com a residência (Tavares, 2008).

A definição de reabilitação urbana, segundo o Decreto-Lei nº104/2004 de 7 de maio, é o «processo de transformação dos solos urbanizados, compreendendo a execução de obras de construção, reconstrução, alteração, ampliação, demolição e conservação de edifícios, tal como definidas no regime jurídico da urbanização e da edificação, com o objectivo de melhorar as suas condições de uso, conservando o carácter fundamental, bem como o conjunto de operações urbanísticas e de loteamento e obras de urbanização que visem a

recuperação de zonas históricas e de áreas críticas de recuperação e reconvenção urbanística.»  
(Dec. Lei, 2004)

Com uma definição tão ampla e complexa torna-se difícil organizar o processo de reabilitação. Das dificuldades com que somos deparados salientamos:

- A crescente complexidade dos processos e dos objetivos a atingir;
- A necessidade de uma componente técnica interdisciplinar altamente especializada;
- A pouca experiência nacional, em especial ao nível do sector da construção;
- A ausência de balanços relativamente às experiências anteriores.

Deste modo, o apoio técnico torna-se uma ferramenta fundamental para ultrapassar tais obstáculos.

Para que no futuro, a reabilitação de edifícios em Portugal possa atingir o mesmo nível de muitos países europeus destaca-se a necessidade de promover seguintes ações:

- Lançamento de diversas iniciativas governamentais com o objetivo de contribuir, direta ou indiretamente, para a reabilitação.
- Crescente motivação das Câmaras Municipais em torno da reabilitação.
- Maior sensibilização dos cidadãos em relação à qualidade de vida urbana e à conservação do património.
- Maior receptividade do sector da construção em relação a esta área de atividade (Samagaio et al, 2009).

A reabilitação de paredes fissuradas pode integrar-se numa vasta intervenção de reabilitação do edifício ou, pelo contrário, reduzir-se à reparação localizada de uma ou várias fissuras. É sempre necessário estabelecer quais os requisitos funcionais mínimos pretendidos, com uma operação de reabilitação, antes de lhe dar início. Esta clarificação global das expectativas em relação à reabilitação só tem interesse se for acompanhada, numa fase posterior, por um conjunto de operações técnicas cuidadas, que garantam não só a reparação das anomalias, mas também a sua durabilidade. Em muitas operações de reabilitação, incluindo diversas à escala urbana, tem-se verificado que a fissuração é um defeito recorrente.

O tema da reabilitação de edifícios, em geral, e das paredes fissuradas, em particular, não só é vasto, como evolutivo, surgindo novos materiais e técnicas de reabilitação. É útil recordar e sistematizar a filosofia geral das intervenções sobre anomalias não-estruturais. Verifica-se, aliás, que, em muitos casos de reincidência de defeitos de construção, não só não foram seguidas técnicas adequadas à correção do defeito observado, como foram desrespeitadas as mais elementares regras de reabilitação (Silva, 1998).

Neste trabalho onde se dá destaque à reabilitação de fissuras surgem inúmeras dúvidas quanto ao método mais apropriado. Tratando-se de uma reparação de fissuras, que se manifestam nas paredes de alvenaria, dever-se-á analisar muitos parâmetros como por exemplo:

- Qual a zona onde se observa a fendilhação;
- Quais as possíveis causas da fissuração;
- Como proceder ao tratamento de modo a garantir a estabilidade das paredes.
- Como repor a estanquidade e o aspeto visual inicial

## **2.2 Fissuração**

### **2.2.1 Enquadramento geral**

Sendo este um trabalho de investigação para o tratamento de fissuras interessa definir o termo fissura. Deste modo, entende-se por fissura “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).

Uma vez que a diversidade de tipos e formas de fissuras, nas paredes de alvenaria, é vasta muitos autores tentaram classificar as mesmas. Assim sendo optou-se por abordar a classificação das fissuras das paredes de alvenaria não-estrutural segundo as causas diretas. Destas causas destacam-se: movimentos da fundação; concentração de cargas; deformação excessiva do suporte; variação de temperatura; variação do teor de humidade e ataques químicos.

### **2.2.2 Classificação e caracterização das fissuras**

#### **2.2.2.1 Fissuras devido a movimentos da fundação**

Apenas serão analisados os movimentos de solo que não ponham em causa a estabilidade do edifício, ou seja, movimentações de solo relativamente pequenas. A movimentação de solos é transmitida diretamente à edificação, quando resultante das ações das cargas aplicadas pela estrutura, podem ser desprezadas se ocorrerem de forma lenta e uniforme ao longo de toda a construção (Silva,1998).

As fissuras devido ao movimento da fundação são inclinadas, segundo a direção onde ocorreu maior assentamento. Observa-se por vezes esmagamentos localizados, dando indicações das

tensões de corte que lhes deram origem. Quando os assentamentos são mais acentuados verifica-se uma variação na abertura da fissura (Valle,2008).

Os assentamentos diferenciais têm diversas origens e conseqüentemente as fissuras por eles provocadas apresentam diferentes configurações. Uma dessas origens pode ser os carregamentos não uniformes, aparecendo fissuras mais acentuadas na zona de maior carga, sendo que nas aberturas (janelas) surgirão fissuras de flexão (Valle,2008). O facto de poder existir outra construção adjacente ou do solo não ser uniforme e a utilização de vários tipos de fundações pode provocar o surgimento de fissuras deste tipo, uma vez que a capacidade resistente dos solos pode ser diferente. Outro grande fator que influencia este tipo de fissuras é a presença de água no solo. Pois, com a mudança do nível freático, consoante a altura do ano (verão ou inverno) verificam-se movimentações e conseqüentemente assentamentos diferenciais, o mesmo acontece quando existe vegetação na vizinhança do edifício (Silva,1998).

#### **2.2.2.2 Fissuras devido à concentração de cargas**

Nas paredes não estruturais, as cargas aplicadas deviam resultar do seu peso próprio, fixação de pequenos equipamentos e peças de mobiliário e de ações correntes de utilização, que por serem tão reduzidas não deveriam levar ao aparecimento de fissuras. No entanto, observa-se a ocorrência deste fenómeno sob a ação de cargas excêntricas, excessivas ou concentradas (Silva,1998). Em paramentos contínuos de alvenarias solicitadas com sobrecargas, uniformemente distribuídas, as fissuras apresentam duas características:

- Fissuras verticais originadas na deformação transversal da argamassa sob ações das tensões de compressão, ou de flexão local dos componentes da alvenaria
- Fissuras horizontais originadas na rutura por compressão dos componentes de alvenaria da própria argamassa de assentamento ou por solicitações de compressão da parede (Valle,2008).

A atuação de sobrecargas concentradas pode provocar a rutura da alvenaria na região de aplicação da mesma e/ou o aparecimento de fissuras inclinadas a partir do ponto de aplicação. Quando existem aberturas (portas e ou janelas), as fissuras formam-se a partir dos vértices dessa abertura e sob o peitoril, com a direção das isostáticas de compressão (Valle,2008). As fissuras podem apresentar as mais variadas configurações como conseqüência da mais variada série de fatores, destacando-se: dimensões do painel de alvenaria, dimensões da abertura, posição que a abertura ocupa no painel, anisotropia dos materiais que constituem a alvenaria, dimensões e rigidez das vigas e dos lintéis, etc.

### **2.2.2.3 Fissuras devido à deformação excessiva do suporte**

Com o melhoramento dos materiais de construção e sofisticação dos métodos de cálculo as estruturas estão orientadas para apresentarem um aligeiramento e uma esbelteza cada vez maiores, não só por fatores económicos mas também por questões arquitetónicas, normativas e capacidade de adaptação de movimentos (Silva, 1998). Qualquer elemento construtivo sofre deformações, mesmo quando bem dimensionado, e são essas deformações que vão dar origem às tensões desmedidas que provocarão o aparecimento das fissuras, sendo que o elemento mais afetado é a alvenaria (Valle,2008). Estas deformações, para além da perturbação do aspecto estético da parede, podem, em algumas situações, pôr em causa o funcionamento das aberturas (janelas e portas) (Silva,1998).

Existe uma grande variedade de configurações na fissuração devido à deformação excessiva do suporte. No caso da parede não apresentar qualquer tipo de abertura e se a altura for inferior ao seu comprimento observam-se três configurações distintas:

- Se o pavimento inferior se deforma mais que o pavimento superior, surgem fissuras inclinadas nos cantos superiores da parede, originadas pelo carregamento não uniforme, consequência da disposição para um maior carregamento junto aos cantos das paredes. Na parte inferior da parede surge uma fissura horizontal, podendo existir um efeito de arco com desvio da fissura na direção dos vértices inferiores da parede (Valle,2008).
- Se o pavimento superior se deforma mais que o pavimento inferior, são visíveis fissuras semelhantes ao caso de uma viga em flexão. Neste cenário, observa-se uma fissura vertical no centro da zona inferior da parede (Silva,1998).
- Se o pavimento inferior se deforma de modo semelhante ao pavimento superior, as fissuras iniciam-se nos vértices inferior da parede prolongando-se com uma direção de 45° com a horizontal.

Quando existem aberturas (janelas ou portas), as fissuras ganham a mais variada configuração. Estas vão depender da extensão da parede, da amplitude do movimento, do tamanho da abertura e da posição da mesma em relação ao resto da parede (Valle,2008).

Outro caso de fissuração ocorre quando se observa deformação de uma consola. Nestas situações aparecem fissuras de cisalhamento na alvenaria, ou destacamento entre a parede e a estrutura (Valle,2008).

De notar, ainda, outra situação típica de fissuração que ocorre quando a laje ancorada na parede se deforma excessivamente provocando a rotação da laje. Uma consequência deste fenómeno é o aparecimento de uma fissura horizontal na base da parede.

#### 2.2.2.4 Fissuras devido à variação da temperatura

Os elementos de uma construção estão sujeitos a variações térmicas, sazonais e diárias, provocando a variação dimensional dos mesmos (Jâcome & Martins, 2005). Todas as variações de temperatura provocam dilatações ou contrações, segundo a expressão (1), e introduzem tensões nos elementos construtivos que, por sua vez, podem originar fissuras.

$$\Delta l = \alpha * \Delta t * l \quad (1)$$

$\Delta l$  – variação de comprimento

$\alpha$  - coeficiente de dilatação térmica linear

$\Delta t$  – variação de temperatura

$l$  – comprimento inicial

As fissuras de origem térmica podem aparecer por movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões distintas de um mesmo material. Destas movimentações diferenciadas, as principais ocorrem em função de (Valle,2008):

- Juntas de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica (o coeficiente de dilatação térmica do betão é aproximadamente duas vezes superior ao das alvenarias)
- Exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais (variação da posição das paredes em relação à exposição solar, ou mesmo da cobertura)
- Gradiente de temperatura ao longo de um mesmo componente (face interna e externa de uma parede exterior)

As coberturas planas estão mais expostas às mudanças térmicas naturais que as paredes dos edifícios e, conseqüentemente, existe movimento diferenciado entre os elementos verticais e horizontais (Valle,2008). Os deslocamentos nas coberturas provocam esforços de corte no topo das paredes, resultando diferentes tipos de fissuras (Silva,1998);

- Se o deslocamento for na direção do plano da parede, as fissuras surgem inclinadas com traçado descendente no sentido da dilatação, podendo surgir um corte horizontal se a ligação entre a cobertura e a parede for fraca
- Se o deslocamento da cobertura for perpendicular à parede, surge uma fissura por flexão transversal ou corte, horizontal e nas primeiras juntas superiores de argamassa
- Se a ligação entre a cobertura e a laje for muito forte pode surgir uma fissura oblíqua junto aos cunhais

As estruturas reticuladas de betão armado apresentam dilatações térmicas diferentes dos painéis de alvenaria podendo provocar o aparecimento de fissuras devido às tensões

introduzidas. Estas podem aparecer na ligação entre a alvenaria e a estrutura; com direção oblíqua nos painéis externos, sendo mais grave nos andares superiores com início próximo da laje e com maior abertura da fissura; com direção vertical a meio vão dos panos centrais. A dilatação ou contração da parede também pode proporcionar o fenómeno da fissuração. Este normalmente ocorre nas zonas de ligação a outros elementos construtivos; nas paredes confinantes, como nos cunhais não reforçados; nas zonas mais frágeis da parede que favorecem a concentração de tensões, por exemplo em aberturas; no interior da parede, no tijolo e/ou nas juntas devido à dilatação diferencial dos materiais (Silva,1998).

#### **2.2.2.5 Fissuras devido à variação do teor de humidade**

As alterações higroscópicas provocam alterações dimensionais nos materiais porosos constituintes da construção. O aumento do teor de humidade vai provocar uma dilatação do material e inversamente, a diminuição deste teor provoca uma contração dos mesmos materiais. Se estes movimentos estiverem impedidos ou restringidos vão observar-se a formação de fissuras. A humidade pode aparecer nos materiais em diversas situações, nomeadamente: (Valle,2008)

- Humidade originária da produção dos componentes. Um exemplo desta situação é a fabricação de ligantes hidráulicos onde é utilizada uma quantidade de água superior à necessária para que ocorram as reações químicas de hidratação. A água que permanece em excesso no interior desta componente pode evaporar provocando a contração do material.
- Humidade originária da execução da obra. Um exemplo desta situação é a prática comum e correta do humedecimento das alvenarias para evitar a secagem rápida das argamassas. No entanto, quando o teor de humidade se releva elevado a água em excesso tende a evaporar provocando a contração do material.
- Humidade originária nos fenómenos meteorológicos. Todas as obras de construção estão sujeitas aos fenómenos da meteorologia uma vez que os materiais precisam de ser transportados de um local para o outro; durante a execução da obra a variação do teor de humidade também vai variando conforme as variações sazonais; e quando a obra está em utilização os materiais continuam a ver o seu teor de humidade variado pois as alterações climáticas continuam a ocorrer e variam do interior da obra para o exterior.
- Humidade originária do solo. A existência de água no solo onde a obra é executada não é necessariamente um problema no entanto é normal observar-se a sua ascensão pelo fenómeno da capilaridade.

A expansão provoca fissuração relevante em paredes não confinadas, em paredes cortina com apoios e grampeamentos inadequados ou em elementos construtivos confinantes, como por exemplo em paredes perpendiculares àquela que sofreu expansão.

As fissuras de retração apresentam verticalidade ou pouca inclinação e normalmente com espaçamentos regulares (Silva,1998). Podem aparecer fissuras horizontais na base das paredes, quando a impermeabilização do solo foi mal executada. Nestas fissuras observam-se muitas vezes a presença de eflorescência (Valle,2008).

#### **2.2.2.6 Fissuras devido aos ataques químicos**

A maioria dos fenómenos químicos que ocorrem durante a construção são próprios do processo construtivo, da estabilização dos materiais e da criação de ligações entre eles. Após o término da construção os fenómenos químicos tornam-se mais preocupantes (Silva,1998). Vamos abordar os fenómenos químicos inerentes aos materiais de construção em presença de água que provocam fissuras: hidratação retardada da cal, expansão da argamassa por ação de sulfatos e corrosão de elementos metálicos.

A cal hidráulica é uma solução para aumentar a trabalhabilidade do cimento em fresco, para reduzir a relação água/cimento e para diminuir a probabilidade de fissuração no estado endurecido. A cal hidráulica é o resultado entre a cozedura, e posterior eliminação da água com calcários puros. Esta cozedura produz óxido de cálcio (cal viva) que ao reagir com a água provocará uma grande expansão volumétrica e libertação de calor. O produto desta reação é a cal apagada (em pasta) ou a cal hidratada (em pó). Uma consequência da utilização de cal mal hidratada é a expansão por hidratação que conduzirá à fissuração e até à degradação das juntas horizontais. Este fenómeno observa-se com grande frequência nas argamassas de revestimento, tendo vindo a ser reduzido com a industrialização da produção de cal hidratada (Silva,1998).

A fissuração surge, mais uma vez, como consequência da expansão da argamassa, impostas pela formação da “etringite” (sulfoaluminato de cálcio), ou “taumasite”, se ocorrer a baixas temperaturas. Estes compostos são o resultado da reação do alumínio tricálcico (existente na composição do cimento Portland) com sulfatos solúveis. O ataque pelos sulfatos solúveis só se verifica na presença de água em abundância e de forma prolongada no tempo, ou seja, a água existente na argamassa não desencadeia este fenómeno. As fissuras são observadas nas juntas horizontais de ligação e no tijolo evoluindo normalmente para uma degradação com desagregação e pulverulência.

A corrosão dos elementos metálicos ocorre principalmente em três situações: alvenarias armadas com incorporação de armaduras de aço nas juntas de assentamento; em paredes duplas com grampeamento metálico entre os panos, e em alvenarias de tijolo à vista com apoios metálicos horizontais ao nível dos pisos (Silva,1998). A corrosão destes elementos provoca a expansão devido à produção de óxido de ferro, aumentando o volume entre duas a

seis vezes do volume original, e conseqüentemente o surgimento de fissuras nas alvenarias e o destacamento do material nas zonas de fixação dos grampos.

#### **2.2.2.7 Outros casos de fissuração**

Nos parágrafos anteriores foram analisados algumas das principais causas de fissuração. No entanto, existem mais, nomeadamente devido a ações acidentais, como sismos, incêndios e impactos fortuitos e ainda devido à retração da argamassa e expansão irreversível do tijolo. Nos parágrafos seguintes faz-se uma breve abordagem a estes dois aspetos.

Das ações acidentais que podem ocorrer a ação dos sismos é a que provoca maior vulnerabilidade das alvenarias. Esta vulnerabilidade é de tal modo relevante que a escala de Mercalli modificada identifica os danos nas alvenarias para caracterização da gravidade do sismo. O fenómeno dos sismos tem vindo a originar alterações aos sistemas estruturais e as soluções construtivas. Desde o terramoto de 1755 tem-se vindo a desenvolver técnicas para aumentar a resistência e a durabilidade das construções.

Outro fenómeno preocupante são os movimentos irreversíveis naturais das alvenarias de tijolo com juntas de argamassa hidráulica. A sua origem é distinta assim como a sua evolução, duração, prevenção e conseqüências. No caso da argamassa o fenómeno é conhecido como retração hidráulica, já descrito anteriormente. Já o tijolo apresenta uma expansão irreversível conseqüência da sua cozedura a altas temperaturas e da absorção química de moléculas de água.

## **3. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO**

### **3.1 Introdução**

A reabilitação de paredes de alvenaria fissuradas é uma das muitas áreas de intervenção no que toca ao conceito de reabilitação, como definido no capítulo anterior. Contudo a reparação de uma única fissura também está inserida nesta temática.

Um dos problemas que se tem observado nas situações práticas é que a fissuração é o defeito mais recorrente. Tal situação deve-se a inexistência de um projeto de reparações, onde seja apresentada a causa, a programação das ações e a respetiva especificação técnica. A inexistência deste projecto faz com que as fissuras sejam reparadas sem conhecimentos fundamentados e conseqüentemente surjam novas fissuras no local que já foi reparado (Silva,1998).

Para que se chegue a soluções concretas é necessário fazer uma avaliação prévia do tipo de fissuração tendo em conta alguns aspeto, tais como, o tipo de causas, a distribuição das fissuras e o seu grau de estabilização, as conseqüências que estas provocam e o tipo de parede em que estão inseridas (Silva,1998).

### **3.2 Estratégias de reabilitação de patologias não estruturais**

#### **3.2.1 Generalidades**

Para qualquer tipo de anomalia da construção são permitidas diversas atitudes, desde a sua total desconsideração até à sua intervenção profunda e completa. A opção pela intervenção profunda acresce os custos, mas está associada ao conhecimento da causa que levou ao aparecimento da anomalia, causa essa que por vezes é difícil de descobrir. Numa tentativa de colmatar estas dificuldades surgem algumas atitudes estratégicas pra reabilitar as patologias, destacando-se: (Silva,2002)

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

Dependendo do tipo de patologia, da facilidade de diagnóstico e das condicionantes técnicas, económicas e sociais pode-se escolher uma estratégia ou uma combinação entre elas. Seria desejável que a estratégia mais adotada fosse a da eliminação das causas que levaram ao aparecimento da patologia, no entanto não é isso que se observa, muito devido aos constrangimentos que essa operação envolve (Silva, 2002).

### **3.2.2 Eliminação das anomalias**

Neste contexto, eliminar as anomalias significa reparar as fissuras, sem eliminar a sua causa. Se a fissura estiver estabilizada esta pode ser preenchida com mástique, de preferência elástico, já as fissuras não estabilizadas são colmatadas com um processo mais complexo, usando a técnica denominada reabilitação em “ponte”. É sobre esta técnica que incide o objetivo principal desta dissertação. Assim iremos a seu tempo, aprofundar esta temática. Esta operação é a mais simples das ações de reparação, a tal ponto que, no caso das fissuras serem muito finas e não evolutivas se opta por reparar com uma simples decoração (Silva, 1998).

### **3.2.3 Substituição dos elementos e materiais afetados**

Esta é a solução mais radical, contudo a sua utilização é limitada aos revestimentos e elementos complementares e à substituição de zonas restritas de paredes de tijolo à vista. A substituição integral das paredes só se verifica quando a fissuração é generalizada e põe em causa a estabilidade da parede. Quando se opta por esta intervenção tem de se ter a certeza que a causa da patologia está eliminada, pois se tal não acontecer pode surgir a fenómeno de “repatologia” (Silva, 1998).

### **3.2.4 Ocultação das anomalias**

Este tipo de intervenção tem um único objetivo: o efeito estético. Como não são substituídos os elementos afetados nem se tenta resolver a causa que leva ao surgimento da patologia, esta estratégia passa pela aplicação de qualquer revestimento ou elemento construtivo colocado sobre a mesma. Por exemplo, sobre o paramento com fissuração não estabilizada pode colocar-se um revestimento descontínuo constituído por placas de um material deformável, como a cortiça, com a colocação prévia de tiras de papel adesivo sobre as fissuras, criando assim um efeito de “ponte”. Se a fissura estiver estabilizada, estes procedimentos também são aplicáveis mas com menores riscos e sem necessidade da separação com tiras de papel (Silva, 1998).

### **3.2.5 Proteção contra os agentes agressivos**

A proteção contra os agentes agressivos confunde-se com a eliminação das causas ou com o reforço das características funcionais, no caso da fissuração em paredes, mas necessita sempre de ações complementares de reparação das fissuras. Neste tipo de intervenção, o objetivo é o impedimento dos agentes causadores das anomalias continuarem a atuar. A interposição de barreiras entre a fonte e o elemento que se pretende proteger ou o reforço das condições de proteção oferecidas pelos próprios elementos são alguns exemplos de como atingir o efeito pretendido. Os exemplos mais comuns são a proteção contra as diferentes formas de acesso da humidade às paredes e a colocação de isolamento térmico (Silva,1998).

### **3.2.6 Eliminação das causas das anomalias**

Este tipo de intervenção é a mais eficaz e considerada a ideal, uma vez que isso aumentaria o sucesso da operação. Para que a operação seja bem-sucedida ela deve ser acompanhada por medidas que eliminem a anomalia observada. A eliminação das causas das anomalias exige, normalmente, operações de grande volume, com custos elevados que subentendem a sua clara identificação e o conhecimento dos mecanismos que provocam o aparecimento da anomalia.

### **3.2.7 Reforço das características funcionais**

O reforço das características funcionais não é aplicável às paredes de alvenaria, numa fase corretiva e principalmente numa fase preventiva. Assim, a fase de projeto toma uma importância redobrada, pois é nesta fase que é feita a escolha dos materiais, as ligações e processos construtivos que apresentem maior resistência às ações a que vão ser submetidos, entre as quais cargas, variação de temperatura e humidade.

## **3.3 Estratégias de reabilitação de paredes fissuradas**

### **3.3.1 Reparação de fissuras em função das suas causas**

Uma das maiores preocupações a ter, antes de iniciar o processo de reabilitação de fissuras, é o diagnóstico das suas causas, uma vez que a técnica adotada para o tratamento da anomalia depende da origem da mesma. Nos próximos parágrafos faz-se uma síntese das técnicas a utilizar em cada uma das causas de fissuração. Optou-se pela abordagem feita por (Silva,1998).

Quando as fissuras resultam de assentamentos diferenciais das fundações é inevitável verificar-se se esses movimentos estão estabilizados e proceder, eventualmente, a um reforço

ou consolidação das fundações. Nalgumas situações a reconstrução da parede é a única solução, por questões de estabilidade e incapacidade de reparar as fissuras quando estas apresentam larguras significativas. Verificando-se a estabilidade da fissuração, esta pode ser reparada mas de modo a garantir possíveis movimentos futuros. A técnica mais comum consiste no preenchimento das fissuras com material elástico (mástique, por exemplo), aplicação na zona central de uma banda de dessolidarização e posterior revestimento armado com cerca de 15 cm de largura.

Quando as fissuras resultam da concentração de cargas, como a ação de uma viga transversal à parede, o primeiro passo é diminuir a tensão na zona fissurada. Esta atenuação pode ser feita de dois modos, ou criando novos apoios para a viga ou melhorando a distribuição local das cargas. Posteriormente, e após a estabilização das fissuras, estas podem ser reparadas por processos de recuperação mais simples.

Se o surgimento das fissuras se dever aos à deficiência de apoios de um lintel, tal como anteriormente, o primeiro objetivo é melhorar a distribuição de cargas, o que se pode conseguir com a introdução de uma chapa de distribuição de cargas em aço. Alcançado este objetivo deve-se optar por um revestimento armado na zona da fissuração. Este tipo de solução também pode ser adotado sempre que as fissuras sejam resultado de concentração de tensões em zonas enfraquecidas da parede, como mudanças de espessura, roços, etc.

Quando as fissuras resultam da retração dos materiais, com especial relevo para as argamassas, não deve ser feita qualquer reparação até que o processo esteja concluído.

Quando as fissuras resultam da variação do teor de humidade o mais importante é conseguir eliminar a humidade da parede e fazer com que o fenómeno não volte a ocorrer. A técnica de reparação adotada para cada caso é em função do grau de estabilização da fissura, da sua largura e da localização da mesma. No caso em que a fissura está estabilizada, fina e distribuída, pode ser reparada com a aplicação de um novo revestimento ou uma nova camada do mesmo. Caso a fissura apresente uma maior largura, esta deve ser preenchida antes da aplicação do revestimento. Se pelo contrário, as fissuras ainda não tiverem estabilizado, para além de terem de ser preenchidas com mástique deve-se garantir um revestimento elástico e armado. Se as fissuras apresentam uma largura maior e forem concentradas, a escolha do revestimento elástico terá de ser reforçada e deverá garantir-se a sua dessolidarização sobre a fissura. No caso de fissuras não estabilizadas com desenho regular e grande variação de abertura, estas podem ser transformadas em juntas de retração, tratando as extremidades com tapas-juntas adequados.

Quando as fissuras resultam das variações de temperatura o tratamento adotado é semelhante ao indicado para as fissuras originadas pela variação do teor de humidade, tendo sempre em atenção que este tipo de fissuras deve ser considerado como não estabilizada.

Se as fissuras resultam da deformação excessiva do suporte, apresentam largura variável com um traçado horizontal e um longo do período de estabilização, antes de qualquer intervenção, ter-se-á de estimar o grau de estabilização das deformações a longo prazo e agir em função de tal resultado. As técnicas adotadas são as já descritas para solucionar fissuras não estabilizadas, à exceção da transformação em juntas de retração, devido a orientação que as fissuras apresentam.

### 3.3.2 Reparação de fissuras que envolvam a perda de estanquidade das paredes

O fator que mais preocupa os especialistas na reparação de fissuras, nas fachadas de alvenaria não estrutural, é a perda de estanquidade da parede. Deste modo, existem algumas técnicas de reparação que concedem a parede a estanquidade perdida. No quadro 3.1 foram resumidas algumas dessas técnicas.

Quadro 3.1. Técnicas de reparação de fissuras que visam a estanquidade das paredes (Silva, 1998).

Campo de aplicação	Técnicas de Reparação	Descrição
Fissuras estabilizadas	Injecção de resinas	Injetam-se nas fissuras, resinas fluidas sob pressão, com recurso a agulhas especiais
	Preenchimentos com argamassa	Abre-se a fissura, e preenche-se com nova argamassa adjuvada com resinas adesivas
Fissuras não estabilizadas	Vedação com mástique	Abre-se e limpa-se a fissura, e fecha-se o seu fundo com poliuretano para que o mastique fique ligado apenas as duas faces da fissura.
Fissuras pequenas e micro fissuras	Reparação global em paredes com fissuras “mortas” ou microfissuras	Execução de pinturas à base de resinas acrílicas com duas ou três camadas
	Recuperação global em paredes com fissuras “vivas”	Pinturas idênticas às anteriores, com maior espessura, e incluindo uma armadura embebida na segunda camada.

Da análise do quadro, verifica-se que para além da reparação das fissuras, também existem soluções para reparações de fachadas, garantindo a estanquidade, como principal objetivo, mas também a melhoria das características funcionais, como a térmica e a estética.

As técnicas apresentadas correspondem a procedimentos específicos, que no nosso país ainda não se encontram suficientemente divulgados, como tal a sua utilização submete-nos ao conhecimento dos sistemas e ao domínio da tecnologia. Deste modo, a consulta de bibliografia especializada torna-se imprescindível (Silva,1998).

### **3.4 Técnica de Reabilitação de Fissuras em “Ponte”**

#### **3.4.1 Método geral**

Como referenciado anteriormente, a técnica de reabilitação em “ponte” é utilizada na reparação de fissuras não estabilizadas. Esta técnica consiste na substituição parcial do reboco, numa faixa em torno da fissura, por um reboco melhorado, não retrátil e armado. Com o objetivo de diminuir as tensões localizadas provocadas pelo movimento da fissura aplica-se uma banda de dessolidarização de 4 a 5 cm, centrada, para distribuir o efeito dessas tensões. Esta técnica também pode ser aplicada no caso da perda de estanquidade da parede; quando tal se verificar deve-se proceder à abertura da fissura, normalmente em forma de “V”, e selagem da mesma com mástique. A figura 3.1 ilustra o que foi descrito anteriormente.

#### **3.4.2 Variantes simplificadas**

A retirada de uma faixa de reboco, com cerca de 20cm, ao longo da fissura é a tarefa mais difícil de ser executada, podendo ter um efeito de destruição local prejudicial. Logo, quando o revestimento for aplicado a toda a parede, for espesso, não deformável ao plano transversal da parede e tiver uma resistência à tração apropriada, este passo é dispensável. Quando a fissura ocorrer em paredes recuadas ou interiores, protegidas em especial da chuva, mas também de qualquer agente atmosférico, a selagem com mástique está dispensada (Silva et al.,2009).

#### **3.4.3 Aplicação e condicionantes**

A reabilitação em “ponte” pode ser aplicada em fissuras de grande desenvolvimento, largura de 2-3mm, espaçamento de 1 a 3 metros e quando se necessite de uma certa capacidade de movimentação e estanquidade à água.

Porem esta técnica não pode ser aplicada, ou não é eficaz por si só em algumas situações, tais como: (Silva et al.,2009).

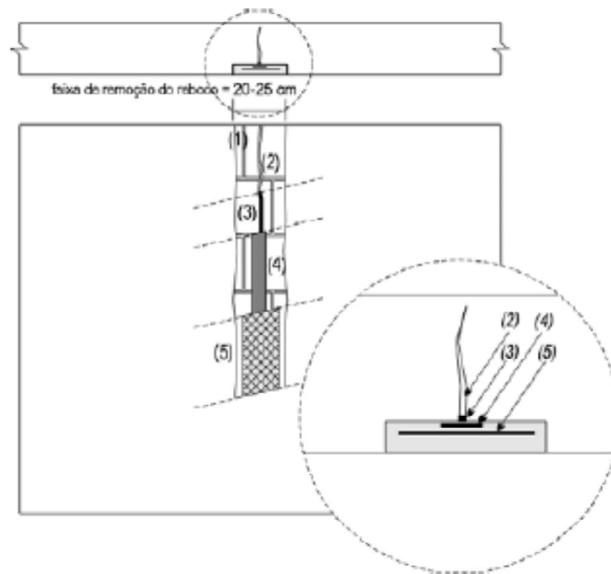
- Fissuração excessivamente fina
- Fissuração generalizada, em malha, como pequena distância entre fissuras
- Fissuração com densidade regular e distância média inferior a 1,00m;
- Fissuração vertical junto à aresta de cunhais;
- Fissuração paralela a bordos de laje ou muretes e na sua proximidade;
- Fissuração resultante de esforços de compressão excessivos, cuja causa não foi eliminada;
- Fissuração com rotura trespassante das paredes;
- Fissuração com movimentos muito significativos;
- Fissuração com deslocamento transversal ao plano da parede e provável evolução deste deslizamento.

#### 3.4.4 Precauções na reabilitação de fissuras em “ponte”

Para que esta técnica seja bem-sucedida é necessário algumas precauções durante a sua execução de modo a evitar alguns erros que podem levar à ineficácia da intervenção. O quadro 3.2 faz uma síntese dos possíveis erros e consequências em cada fase de execução.

Quadro 3.2 Erros comuns na aplicação da técnica de reabilitação de fissuras em “ponte”  
(Silva,2002).

<b>Ação</b>	<b>Eventuais erros</b>	<b>Consequências</b>
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 5mm, com 10mm 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 reduzida durabilidade ou elasticidade	Incapacidade de garantir a estanquidade da fissura mesmo após reparação da superfície
Fita de dessolidarização (papel “kraft”) com 2 a 4cm de largura sobre 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 retracção 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



**LEGENDA:**

- 1) *Remoção do reboco numa faixa de 20 a 25 cm de largura*
- 2) *Fissura reaberta em "V" com disco rotativo de 5 mm, com 10 mm de profundidade*
- 3) *Vedação da fissura com mastique sintético*
- 4) *Fita de dessolidarização (papél "kraft") com 2 a 4 cm de largura, sobre a fissura*
- 5) *Reparação do reboco com argamassa curativa armada (não retráctil)*



Figura 3.1 Esquemática e aplicação prática da técnica de reabilitação de fissuras em "ponte" (SILVA,2002).

### 3.4.5 Tensões envolvidas em cada etapa da execução da técnica

Como já referenciado anteriormente as tensões de tração e cisalhamento estão na origem da maioria dos casos de fissuração nas alvenarias não estruturais. Sendo este um trabalho que aborda a técnica de correção de anomalias numa parede, interessa mencionar que a resistência mecânica dos revestimentos define a capacidade de suportar ações mecânicas de diversas naturezas, nomeadamente, tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento, que este revestimento apresenta (Júnior, 1997).

Analisando a aplicação da técnica de reabilitação de fissuras em “ponte” podemos afirmar que se não for realizada qualquer intervenção na anomalia esta permanece à vista. O surgimento da anomalia pode ocorrer de diversas formas como descrito na subsecção 2.2.2.

Para eliminar o defeito visual observado pode-se optar apenas pela remoção do reboco danificado e substituição, no entanto trata-se de uma solução temporária. Tal acontece porque tratando-se de fissuras não estabilizadas, as tensões que lhe deram origem vão continuar a atuar e surgirá novamente a fissura à superfície do reboco.

Se optarmos pela remoção do reboco e preenchimento da fissura com mástique a solução também não vai ser eficaz. O preenchimento da fissura com mástique vai fazer com que ela se comporte como uma junta de movimentação, dissipando as tensões atuantes, o que não seria um problema, mas normalmente o revestimento não consegue acompanhar estas deformações e acabará por fissurar novamente (Júnior, 1997).

Como ainda não se atingiu a solução ideal decide-se acrescentar uma banda de papel “kraft” no entanto, vão observar-se novas fissuras no contorno do papel pois não há uma transmissão uniforme das tensões. A banda de papel “kraft” funciona como banda de dessolidarização cujo principal objetivo é a absorção dos movimentos da fissura por uma faixa de revestimento relativamente larga. Assim quanto melhor for a dessolidarização apresentada pela banda e papel, e maior for a sua largura, menores tensões serão introduzidas no revestimento pela abertura da fissura e menor probabilidade existe em ocorrerem novas fissuras (Júnior, 1997).

Para a técnica de reabilitação de fissuras em “ponte” ficar completa para além do preenchimento da fissura com mástique, da aplicação de uma faixa de papel “kraft”, deve ser ainda, introduzida um rede de fibra de vidro no reboco de revestimento dando-lhe uma capacidade de revestimento armado. A rede de fibra de vidro vai constituir uma armação dando capacidade de deformação ao sistema evitando, assim o avanço da fissuração. Esta rede irá fazer com que as tensões se dissipem e vai atenuar as deformações (Júnior, 1997).

O modo de aplicar a rede de fibra de vidro é de extrema importância, pois esta deve ficar bem esticada e a sua direção deve ser a mais adequada, ou seja, a rede de fibra de vidro deve ser cortada de forma a que não alongue quando solicitada à tração para que a fissura não aumente de amplitude (Junginger). A maneira correta de aplicar a fibra de vidro está ilustrada na figura 3.2

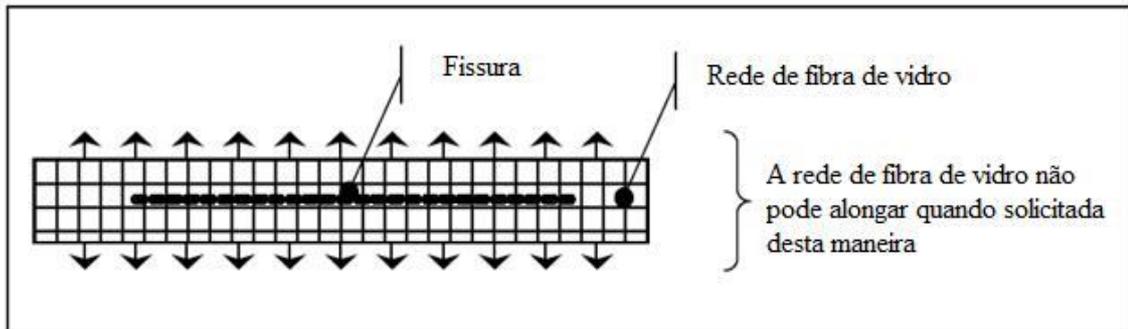


Figura 3.2 Maneira correta de colocar a fibra de vidro na reparação (Junginger).

## 4. TRABALHO EXPERIMENTAL

### 4.1 Objectivos

Como se referiu nos capítulos anteriores a fissuração de paredes em alvenaria de tijolo surge como consequência de diversas causas e com a mais variada configuração. Este fenómeno observa-se na maioria dos edifícios existentes e não só afetam o aspeto estético dos mesmos como também podem pôr em causa algumas das exigências funcionais das paredes. Isto porque as fissuras perturbam o desempenho acústico, térmico e a estanquidade atribuído às paredes. A melhor maneira de colmatar o problema é tomar medidas de prevenção, no entanto, quando as fissuras aparecem há que aplicar técnicas de reparação adequadas a cada condição.

Uma das técnicas mais aplicadas para a solucionar o problema é a “reabilitação em ponte”, principalmente tratando-se de fissuras não estabilizadas. No entanto, ainda não existe, um conhecimento rigoroso da influência de cada parâmetro interveniente na técnica, ou seja, o que se conhece da aplicação desta técnica foi baseado em reparações que se foram realizando ao longo do tempo. Não existe ainda suficiente investigação científica que nos permita dimensionar, com rigor, todos os componentes da mesma, nomeadamente, a largura da faixa de parede a reparar em torno da fissura, a largura da banda de dessolidarização, a necessidade ou não de armadura na reparação, a espessura da reparação e o tipo de argamassa a utilizar.

Dando seguimento ao trabalho desenvolvido por outros colegas, (Oliveira, 2012) e (Póvoa, 2012), optou-se por comparar dois tipos de argamassa e verificar a influência que esta tem na resistência final da reparação, continuando a fazer uma variação na largura da banda de dessolidarização e na banda de argamassa para consolidação de resultados. Este trabalho experimental teve em atenção que se trata de uma dissertação de mestrado com uma curta duração temporal. Todo o trabalho experimental teve lugar no ITeCons – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção.

Quando se estuda a influência da argamassa na resistência algumas perguntas podem ser colocadas. *Será que uma argamassa mais resistente vai aumentar a resistência da reparação? Se a argamassa é mais resistente, será que se pode diminuir a largura de argamassa a remover?* Com este trabalho pretende-se responder a estas questões.

## 4.2 Escolha e caracterização dos materiais

### 4.2.1 Escolha dos materiais

Os provetes foram realizados com tijolos de barro vermelho de utilização corrente, peças de cortiça com 5mm de espessura e com a dimensão dos tijolos (para simular a existência de uma fissura), mástique para selar a fissura, bandas de papel “kraft” como banda de dessolidarização, fibra de vidro para armadura da reparação e argamassas existentes no mercado da construção. A figura 4.1 ilustra estes materiais.

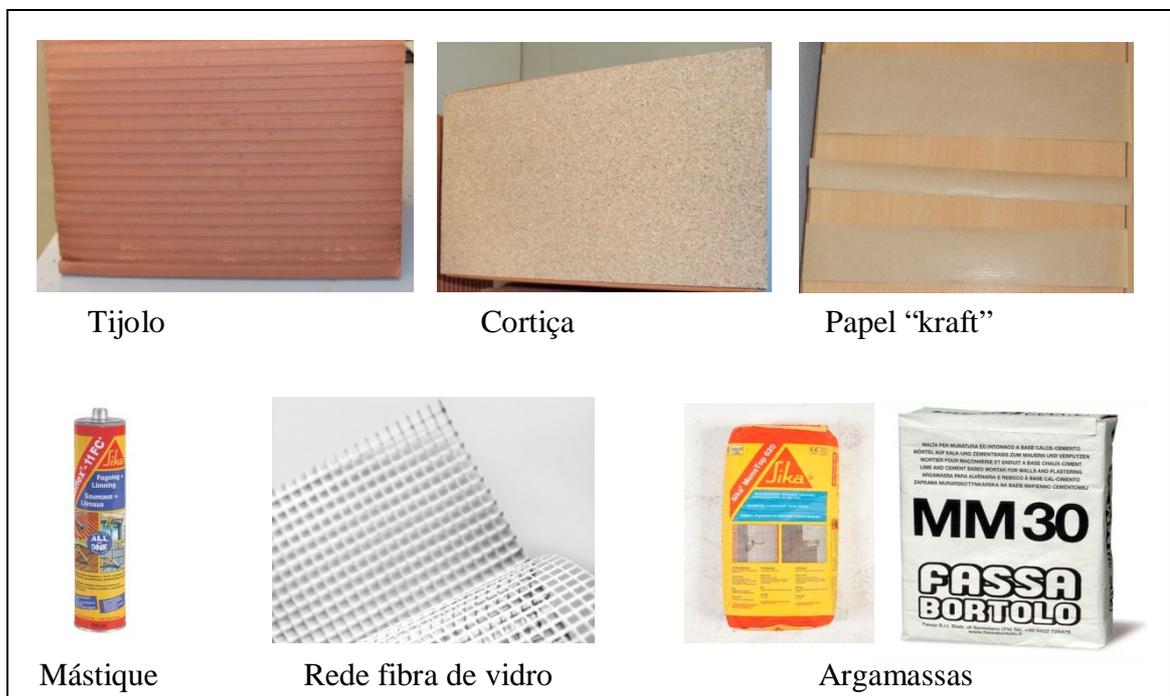


Figura 4.1 Materiais utilizados na montagem dos provetes.

### 4.2.2 Caracterização dos materiais

#### 4.2.2.1 Tijolos

Na preparação dos provetes foram utilizados tijolos de furação horizontal de formato comum, os mais utilizados na construção em Portugal. Os tijolos foram fabricados pela PRECERAM com resistência à compressão de 1,5 MPa (indicação do fabricante) com dimensões 30x20x15cm (PRECERAM@, 2013).

#### **4.2.2.1.1 A importância da qualidade do tijolo**

A qualidade da alvenaria depende da qualidade dos tijolos. As principais características do tijolo são o aspeto visual, a resistência mecânica, a ausência de eflorescências, as dimensões e a durabilidade. Os tijolos devem ser harmonizados, ou seja, isentos de saliências ou reentrâncias irregulares, rachas e fissuras, não devem conter inclusões calcárias e quando ressoados com uma peça metálica devem produzir um som nítido (Dias, 2002).

Quando o tijolo apresenta diferentes cores e tamanhos isso é um indício de que a cozedura não foi uniforme. O tijolo é um material poroso com grande capacidade de absorção de água, o que vai facilitar a aderência às argamassas, no entanto deve-se garantir que o tijolo consiga expulsar a água que absorveu, pois esta água em excesso vai influenciar o desempenho acústico e térmico. Este aspeto pode ser prevenido no momento de execução das alvenarias (Oliveira, 1999).

Quantas mais irregularidades o tijolo apresentar mais enfraquecido ele se torna. De modo a evitar ao máximo que isto aconteça houve o cuidado de selecionar os tijolos para a preparação dos provetes, ou seja, tentaram-se excluir aqueles que apresentavam fissuração ou defeitos graves evidentes de modo a não comprometer os resultados experimentais. É de salientar que no dia-a-dia este cuidado não é tao redobrado.

#### **4.2.2.2 Cortiça e Papel “kraft”**

Estes materiais são do uso corrente. As preocupações tidas foi o corte da cortiça, com espessura de 5mm, em placas com a dimensão do tijolo, 30x14cm de modo a ficar uma margem de 5mm de cada lado para simular a abertura da fissura, e o corte de bandas de papel com larguras de 2, 4 e 6cm e comprimento de 30cm.

#### **4.2.2.3 Mástique**

O mástique utilizado apresenta flexibilidade, boa aderência aos materiais de construção, com módulo de rotura de 1,6 MPa e uma recuperação elástica de aproximadamente 90% (SIKA®, 2013a)

#### **4.2.2.4 Argamassas**

A escolha das argamassas teve por base dois fatores: as argamassas tinham de ter resistências diferentes, pois queria-se comparar a sua influência na reparação e tinham de ser de fácil

execução. Neste sentido optou-se por utilizar uma argamassa fabricada pela Sika, Sika MonoTop620, e outra fabricada pela Fassa Bortolo, MM30.

A argamassa da Sika é uma argamassa de reparação monocomponente fina à base de cimento com resinas sintéticas e fumo de sílica, apresentando uma resistência à compressão aos 28 dias de 43,7MPa e módulo de elasticidade de 22,3GPa (SIKA@, 2013b). Segundo as indicações do fabricante, deve-se utilizar 4 litros de água por cada saco de 25 Kg mistura para a amassadura. Para facilitar a noção da quantidade de amassadura que se pretende indica que 1 litro de mistura é composto por 280g de água e 1740g de argamassa. A argamassa da Fassa Bortolo é uma argamassa para alvenarias e/ou reboco composta por cimento Portland, areias classificadas e aditivos para melhorar a trabalhabilidade e adesão. Apresenta uma resistência à compressão aos 28 dias de 7MPa e módulo de elasticidade de 8GPa(FASSABORTOLO@, 2013). O fabricante aconselha a utilização de 5 a 5,5 litros de água por cada saco de 30 Kg de MM30.

As amassaduras da argamassa foram realizadas num misturador mecânico seguindo as instruções dos fabricantes. Como o misturador apresentava um recipiente de pequenas dimensões, e também não se devia fazer uma única amassadura devido ao tempo de aplicação nos provetes, foram realizadas pequenas amassaduras de aproximadamente 2 kg de argamassa de cada vez. Para facilitar o processo foi sempre pesado primeiro a argamassa e depois calculado a quantidade de água necessária. No caso da argamassa MM30 foi apontado um valor médio no intervalo dado, deste modo fez-se os cálculos para 5,25 litros de água.

Na primeira amassadura de argamassa da Sika utilizou-se 1958,73 gr de pó e 315 ml de água. Para chegar à quantidade de água utilizaram-se expressões como a expressão (2) de cada vez que se procedia a nova amassadura.

$$\text{Quantidade de água} = \frac{1958,73 \times 0,280}{1740} = 0,315 \text{ l} \quad (2)$$

Na primeira amassadura de argamassa da Fassa Bortolo utilizou-se 1862,87 gr de pó e 326 ml de água. De modo análogo ao procedimento anterior foi utilizada a expressão (3) para o cálculo da quantidade de água neste tipo de argamassa.

$$\text{Quantidade de água} = \frac{1862,87 \times 5,250}{30000} = 0,326 \text{ l} \quad (3)$$

#### 4.2.2.5 Rede de fibra de vidro

Utilizou-se uma rede de fibra de vidro com uma gramagem de  $160\text{g/m}^2$  e com uma resistência à tração de  $29,7\text{ MPa}$  como armadura da argamassa de reparação.

### 4.3 Preparação dos provetes e condicionantes

A tipologia dos provetes está esquematizada na figura 4.2. O modelo e as dimensões dos provetes não obedecem a qualquer norma uma vez que não existe qualquer referência nesse sentido, contudo, como é um trabalho de continuidade seguiu-se o mesmo modelo que nos trabalhos anteriores.

Os provetes são compostos pela sobreposição de dois tijolos, sendo que a ligação entre eles é feita pela placa de cortiça colada, simulando o comportamento da fissura real. A reparação tem uma espessura de  $10\text{mm}$ , um comprimento de  $230\text{mm}$  e uma largura que foi variando entre os  $100, 120$  e  $140\text{mm}$ . Estes valores foram escolhidos tendo como referência trabalhos anteriores (Póvoa, 2012). Antes de se iniciar a montagem dos provetes, foi cortado todo material que era necessário, placas de cortiça, papel “kraft” e rede de fibra de vidro, obedecendo às dimensões anteriormente referidas. Quando estava reunido todo o material necessário deu-se início ao procedimento de montagem, como descrito nos quadros 4.1.a) e 4.1.b).

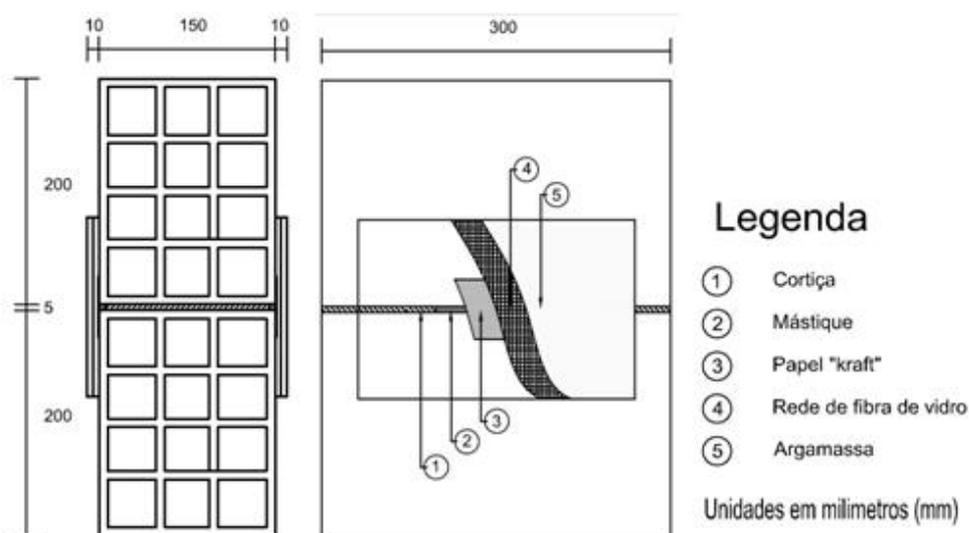


Figura 4.2 Esquema da tipologia dos provetes (Oliveira, 2012).

Quadro 4.1 a) Procedimento de montagem dos provetes

<p><i>Colagem da cortiça ao tijolo:</i> A cortiça foi colada aos tijolos usando cola de contacto. Este procedimento é necessário para manter uma posição adequada à aplicação de argamassa.</p>	
<p><i>Posição final dos provetes:</i> No final da colagem da cortiça os provetes ficam sobrepostos como observado na imagem.</p>	
<p><i>Aplicação do mástique:</i> O mástique foi aplicado com o auxílio de uma pistola própria</p>	
<p><i>Colagem da banda de dessolidarização:</i> As tiras de papel “kraft” foram coladas ao tijolo com uma cola de stick comum.</p>	

Quadro 4.1 b) Procedimento de montagem dos provetes

<p><i>Aplicação dos moldes:</i> Para facilitar a aplicação da argamassa foram construídos três moldes com as dimensões da reparação.</p>	
<p><i>Aplicação da argamassa:</i> Foi aplicada uma camada de argamassa até cerca de metade da espessura do molde.</p> <p><i>Aplicação da rede de fibra de vidro:</i> Por cima da camada de argamassa foi colocada a rede de fibra de vidro.</p>	
<p><i>Aplicação da argamassa:</i> Foi aplicada uma segunda camada de argamassa e um acabamento para que a camada fique lisa e sem vazios.</p>	
<p><i>Remoção dos moldes:</i> Finalizada a aplicação da argamassa removeram-se os moldes. Esta etapa foi feita com cuidado, porque apesar das paredes dos moldes terem uma ligeira inclinação para que a argamassa não ficasse agarrada quando fossem retirados, isso não garante a não aderência da argamassa.</p>	

Da combinação das variáveis em estudo resultaram 40 provetes. No quadro 4.2 são apresentadas a designação dos provetes assim como as suas características em termos de largura de banda de dessolidarização, largura de argamassa da reparação e tipo de argamassa.

Quadro 4.2 Designação dos provetes e suas características.

Provete	Banda de dessolidarização (cm)	Banda de Argamassa (cm)	Tipo de argamassa	Provete	Banda de dessolidarização (cm)	Banda de Argamassa (cm)	Tipo de argamassa
S1	4	10	Sika MonoTop 620	M1	4	14	Fassa Bortolo MM30
S2	4	10		M2	4	14	
S3	4	10		M3	4	14	
S4	4	10		M4	4	14	
S5	2	10		M5	4	12	
S6	2	10		M6	4	12	
S7	2	10		M7	4	12	
S8	2	10		M8	4	12	
S9	6	10		M9	2	10	
S10	6	10		M10	2	10	
S11	6	10		M11	2	10	
S12	6	10		M12	2	10	
S13	4	12		M13	6	10	
S14	4	12		M14	6	10	
S15	4	12		M15	6	10	
S16	4	12		M16	6	10	
S17	4	14		M17	4	10	
S18	4	14		M18	4	10	
S19	4	14		M19	4	10	
S20	4	14		M20	4	10	

#### 4.4 Descrição, análise e resultados dos ensaios

##### 4.4.1 Generalidades

Para concretizar este trabalho experimental os provetes foram ensaiados numa máquina universal da marca “INSTRON” modelo 5884, com uma célula de carga de 150KN, tal como nos trabalhos anteriormente realizados por (Póvoa, 2012) e (Oliveira,2012). A carga e a velocidade de carga foram controladas por computador, usando o programa Bluehill 2. Este

programa regista as cargas suportadas pelos provetes e os deslocamentos sofridos. Como nos trabalhos anteriores a utilização de testemunhos para medição de deslocamentos manualmente não se mostraram fidedignos optou-se pela sua não utilização (Póvoa,2012). Como o objetivo deste trabalho não está relacionado com o cálculo de deslocamentos mas sim com o comportamento das reparações não houve grande preocupação em colmatar essa dificuldade.

#### 4.4.2 Descrição do ensaio

Os ensaios realizados foram ensaios de compressão com uma velocidade de carga de 12 KN/min. Foi realizado um primeiro ensaio para cada tipo de argamassa, ao provete S1 e ao M11, para se saber até que carga a reparação permaneceria intacta, mas verificou-se que o tijolo atingiu a rotura antes de qualquer alteração, tal como nos trabalhos anteriores. A carga suportada por esses provetes foi de 12,563 KN e 11,77KN, respetivamente. Segundo a expressão (4), sendo que estes correspondem a uma tensão de 0,279MPa, para o provete S1 e uma tensão de 0,262MPa para o provete M11. Seria de esperar um valor mais elevado, pois segundo a fabricante a tensão de rotura é 1,5 MPa. Devido a tal facto, optou-se por fazer ensaios cíclicos de carga. Iniciaram-se os ensaios com 10 ciclos com uma carga de 6KN (aproximadamente metade da registada na rotura) e foi-se aumentando a carga de 2 em 2 KN, sendo realizados para essas novas cargas 5 ciclos por carga. Quando se verificava uma alteração na reparação ou aparecesse rotura no tijolo eram registadas as cargas que estavam a ser aplicadas e o ciclo em que essa alteração se observava. A figura 4.3 ilustra o esquema do ensaio.

Ao longo dos ensaios, verificaram-se três tipos de ocorrências, uma delas foi o aparecimento de fissuras na reparação, num caso, notou-se a formação de uma fissura no contorno da banda de dessolidarização; outra foi o descolamento da reparação face ao tijolo, esta situação iniciou-se com o surgimento de uma fissura no contorno da reparação que, com o acréscimo de carga, acabou na separação dos dois materiais; e a última a rotura à compressão do tijolo, neste caso observou-se a formação de fissuras no tijolo que, com o aumento de carga fez com que ocorresse rotura nesses pontos. Na figura 4.4 estão esquematizados estes tipos de ocorrências.

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

Onde:

$\sigma$  – Tensão de rotura à compressão = 1,5 MPa [N/mm<sup>2</sup>]

F – Carga de rotura = 12,563 KN e 11,77 KN

A – Área de aplicação de contacto = 300 x 150 [mm<sup>2</sup>]

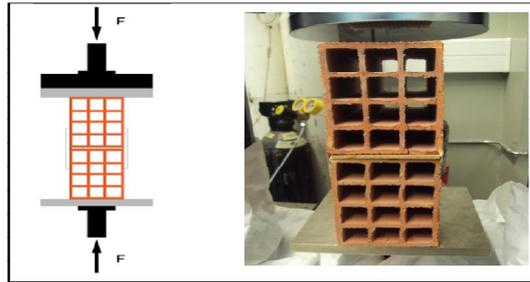


Figura 4.3 Esquema do ensaio (Póvoa,2012).

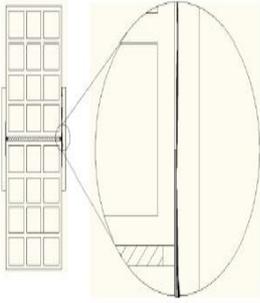
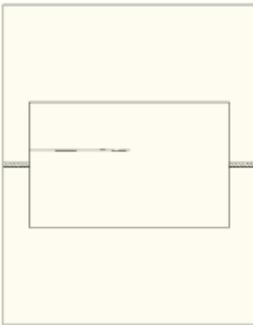
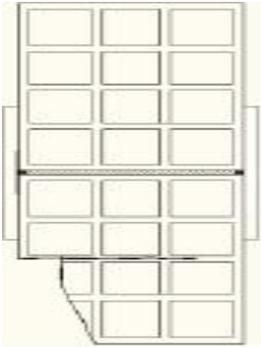
Esquema da ocorrência	Imagens ilustrativa
<p>Descolamento da argamassa</p> 	
<p>Fissuração na argamassa</p> 	
<p>Rotura do tijolo</p> 	

Figura 4.4 Tipos de ocorrências observadas durante os ensaios (Póvoa, 2012).

#### 4.4.3 Resultados obtidos

Os quadros seguintes resumem os resultados obtidos durante os ensaios, anotando a carga cíclica onde se observou a ocorrência e que tipo de ocorrência se notou. O quadro 4.3 diz respeito à argamassa Sika MonoTop620 e o quadro 4.4 à argamassa Fassa Bortolo MM30.

Quadro 4.3 Resultados dos ensaios usando a argamassa Sika MonoTop620.

Provete	Banda de dessolidarização (cm)	Banda de Argamassa (cm)	Carga Cíclica (KN)	Ocorrência
S1	4	10	12,56*	-
S2	4	10	14	Rotura do tijolo
S3	4	10	16	Rotura do tijolo
S4	4	10	14	Rotura do tijolo
S5	2	10	14	Rotura do tijolo
S6	2	10	10	Rotura do tijolo
S7	2	10	8	Rotura do tijolo
S8	2	10	8	Rotura do tijolo
S9	6	10	12	Rotura do tijolo
S10	6	10	12	Rotura do tijolo
S11	6	10	12	Descolamento
S12	6	10	14	Rotura do tijolo
S13	4	12	12	Rotura do tijolo
S14	4	12	14	Rotura do tijolo
S15	4	12	16	Rotura do tijolo
S16	4	12	10	Rotura do tijolo
S17	4	14	14	Rotura do tijolo
S18	4	14	14	Rotura do tijolo
S19	4	14	10	Rotura do tijolo
S20	4	14	10	Fissura na reparação

\*Carga de rotura, não foi uma carga cíclica

Quadro 4.4 Resultados dos ensaios usando a argamassa Fassa Bortolo MM30.

Provete	Banda de dessolidarização (cm)	Banda de Argamassa (cm)	Carga Cíclica (KN)	Ocorrência
M1	4	14	6	Descolamento
M2	4	14	6	Descolamento
M3	4	14	6	Descolamento
M4	4	14	6	Descolamento
M5	4	12	6	Descolamento
M6	4	12	6	Descolamento
M7	4	12	6	Rotura do tijolo
M8	4	12	6	Descolamento
M9	2	10	8	Descolamento
M10	2	10	6	Descolamento
M11	2	10	11,77*	-
M12	2	10	8	Descolamento
M13	6	10	6	Descolamento
M14	6	10	6	Descolamento
M15	6	10	10	Rotura do tijolo
M16	6	10	10	Rotura do tijolo
M17	4	10	6	Descolamento
M18	4	10	6	Descolamento
M19	4	10	6	Descolamento
M20	4	10	8	Rotura do tijolo
*Carga de rotura, não foi uma carga cíclica				

Para uma melhor perceção visual do ciclo em que se observaram as ocorrências foram elaborados uns gráficos com as cargas cíclicas e os números de ciclos realizados. Nestes gráficos foram assinalados o ciclo em que cada provete apresentou alguma anomalia. Assim, nas figuras 4.5, 4.6 e 4.7 apresentam-se os gráficos dos ciclos de carga para os provetes com 10cm de argamassa Sika e em que se fez variar a bande de dessolidarização, sendo de 4cm, 2cm e 6cm, respetivamente. Nas figuras 4.8 e 4.9 apresentam-se os gráficos de ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização, de argamassa Sika, e em que se variou a largura de argamassa entre 12cm e 14cm, respetivamente.

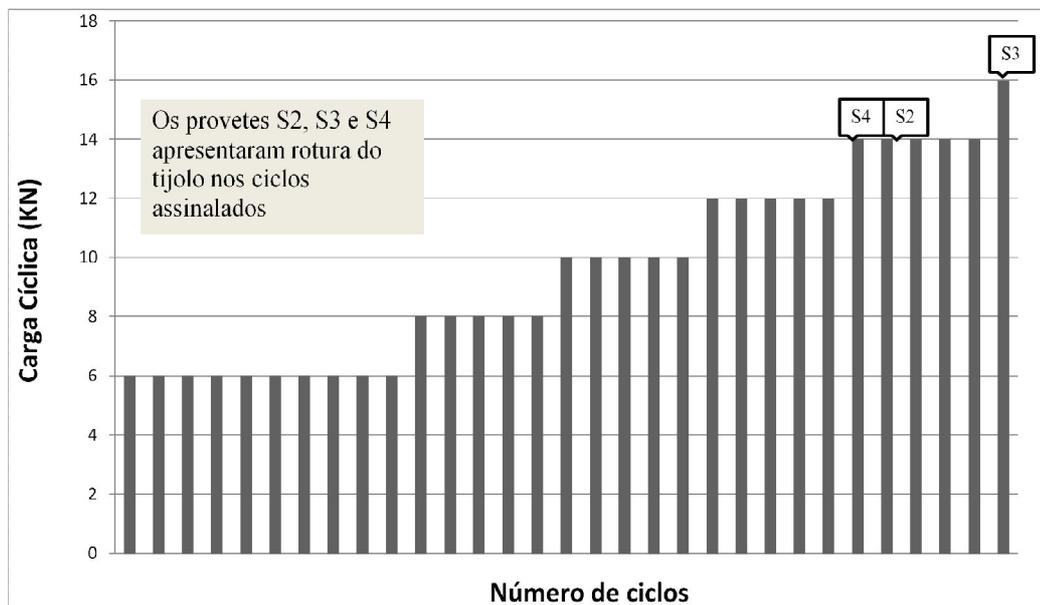


Figura 4.5 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa Sika.

Da análise do gráfico pode-se observar que todos os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa Sika apresentaram rotura do tijolo. O provete S2 rompeu ao segundo ciclo da carga de 14KN, o provete S3 no primeiro ciclo da carga de 16KN e o provete S4 ao primeiro ciclo da carga de 14KN. Como a ocorrência registada foi a rotura do tijolo daqui pode-se retirar que a reparação apresenta melhor resistência à compressão que os tijolos utilizados.

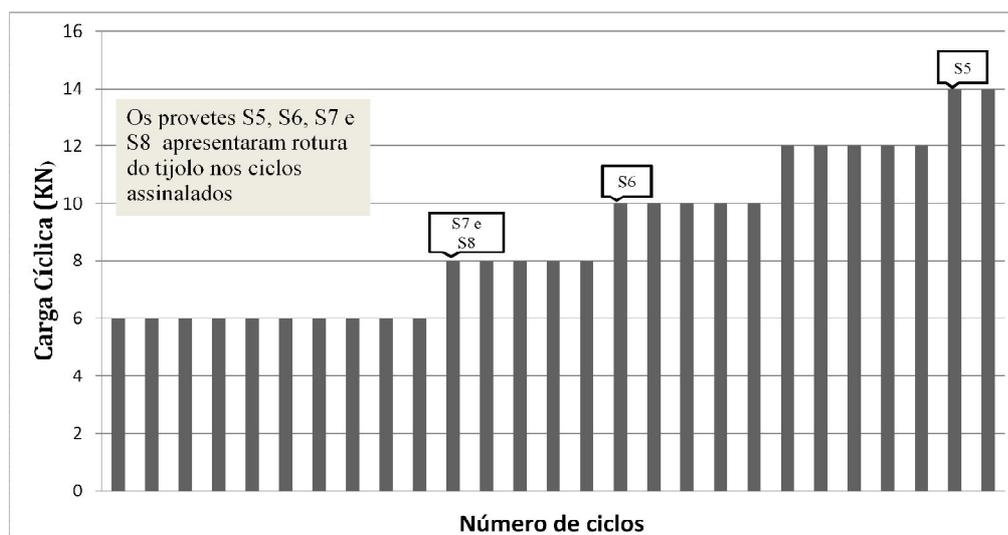


Figura 4.6 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 2cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa Sika.

Do gráfico concluímos que todos os provetes romperam pelo tijolo. Os provetes S7 e S8 apresentaram rotura no primeiro ciclo da carga de 8KN, o provete S6 rompeu ao primeiro ciclo da carga de 10KN e o provete S5 apresentou anomalias no primeiro ciclo da carga de 14KN. Uma conclusão que se pode retirar é que a resistência à compressão dos tijolos foi menor que a resistência da argamassa.

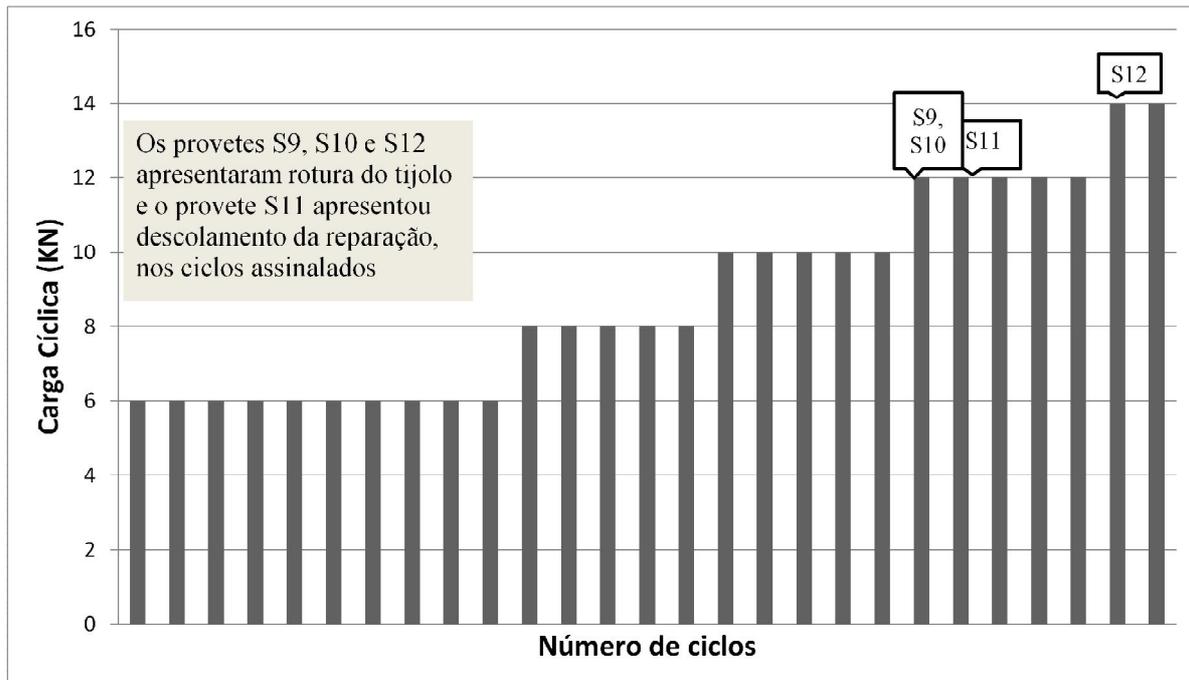


Figura 4.7 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 6cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa Sika.

No gráfico verifica-se que os provetes S9, S10 e S12 apresentaram rotura no tijolo e no provete S11 ocorreu o descolamento da reparação. Estes acontecimentos tiveram lugar no primeiro ciclo da carga de 12KN, no caso dos provetes S9 e S10, no segundo ciclo da carga de 12KN no provete S11 e no primeiro ciclo da carga de 14Kn no provete S12. O facto do provete S11 ter apresentado o descolamento pode ser explicado pela fraca aderência da argamassa nestes tijolos ou pela falta de planeza dos mesmos.

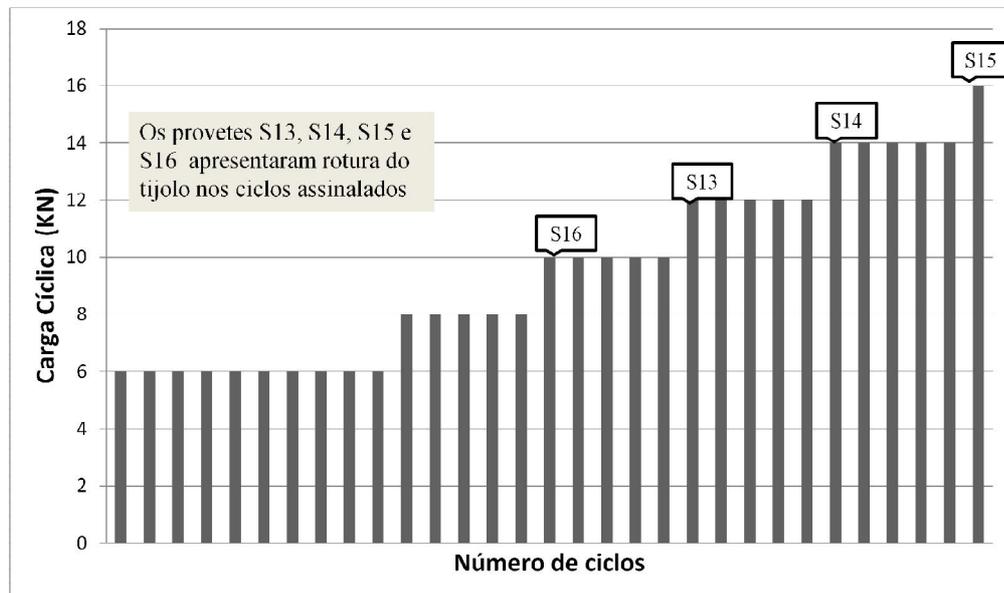


Figura 4.8 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 12cm de argamassa Sika.

Neste gráfico observa-se que os quatro provetes, S13, S14, S15 e S16, com 4cm de banda de dessolidarização e 12 cm de argamassa apresentaram rotura no tijolo. Estas roturas ocorreram sempre nos primeiros ciclos das cargas de 12KN, de 14KN, de 16KN e de 10KN, respetivamente. Não existe uma carga cíclica predominante, mas é destacado um máximo na carga dos 16KN.

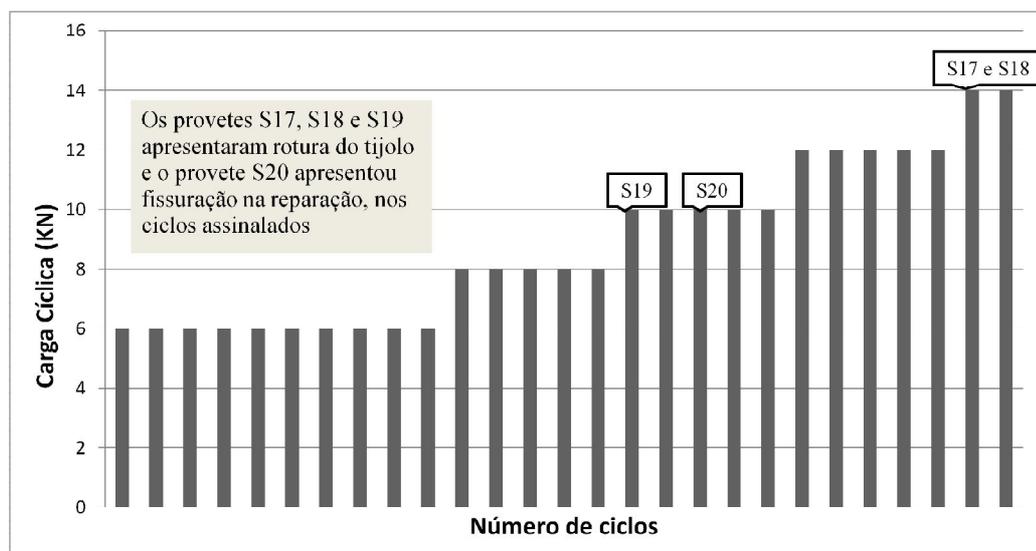


Figura 4.9 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 16cm de argamassa Sika.

Do quadro verifica-se que todos os provetes romperam pelos tijolos à exceção do provete S20. Estas ocorrências tiveram lugar no primeiro ciclo da carga de 14KN para os provetes S17 e S18, no primeiro ciclo da carga de 10KN para o provete S19 e no segundo ciclo da carga de 10KN para o provete S20. A fissura observada na reparação coincide com o limite da banda de dessolidarização.

De seguida vai fazer-se duas comparações de resultados, uma entre os provetes que foram realizados com uma banda de argamassa de 10cm (figura 4.10), e outra entre os provetes que apresentavam uma banda de dessolidarização de 4cm (figura 4.11)

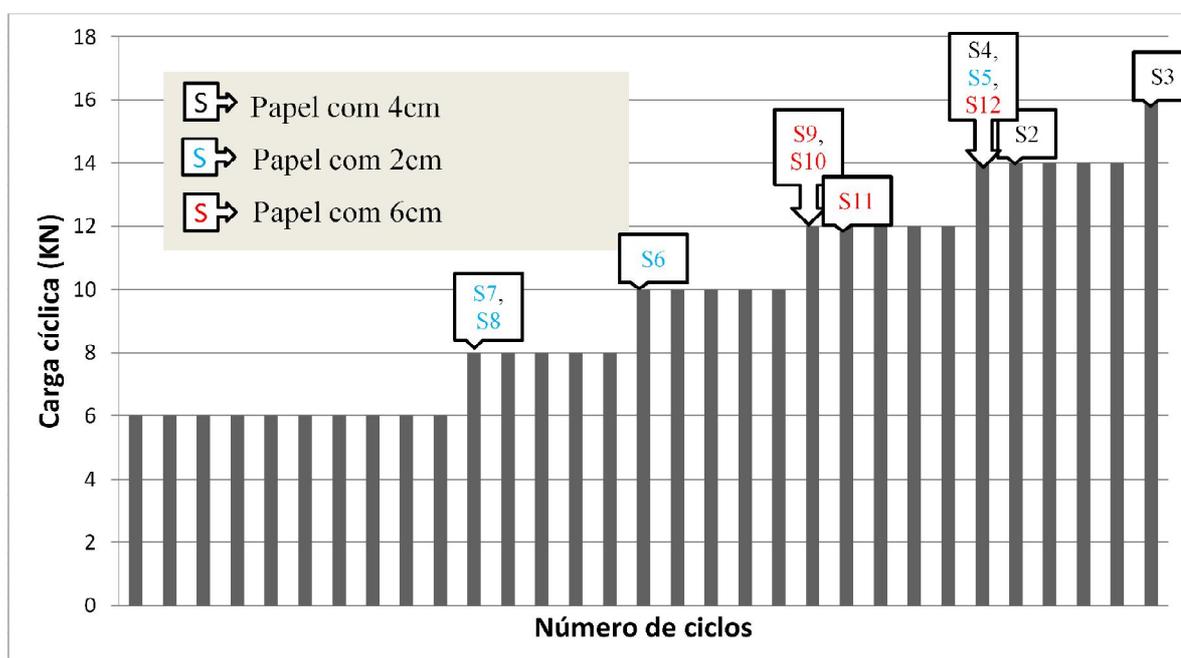


Figura 4.10 Gráfico comparativo entre provetes com banda de argamassa Sika de 10cm.

Fazendo uma comparação entre os provetes com a reparação de 10cm de argamassa Sika, verifica-se que os piores resultados, em termos de cargas suportadas, foram os provetes com 2cm de banda de dessolidarização, enquanto que os melhores resultados foram os provetes com 4cm de banda de dessolidarização. Deste gráfico pode-se dizer que a melhor solução é a que apresenta uma banda de dessolidarização de 4cm.

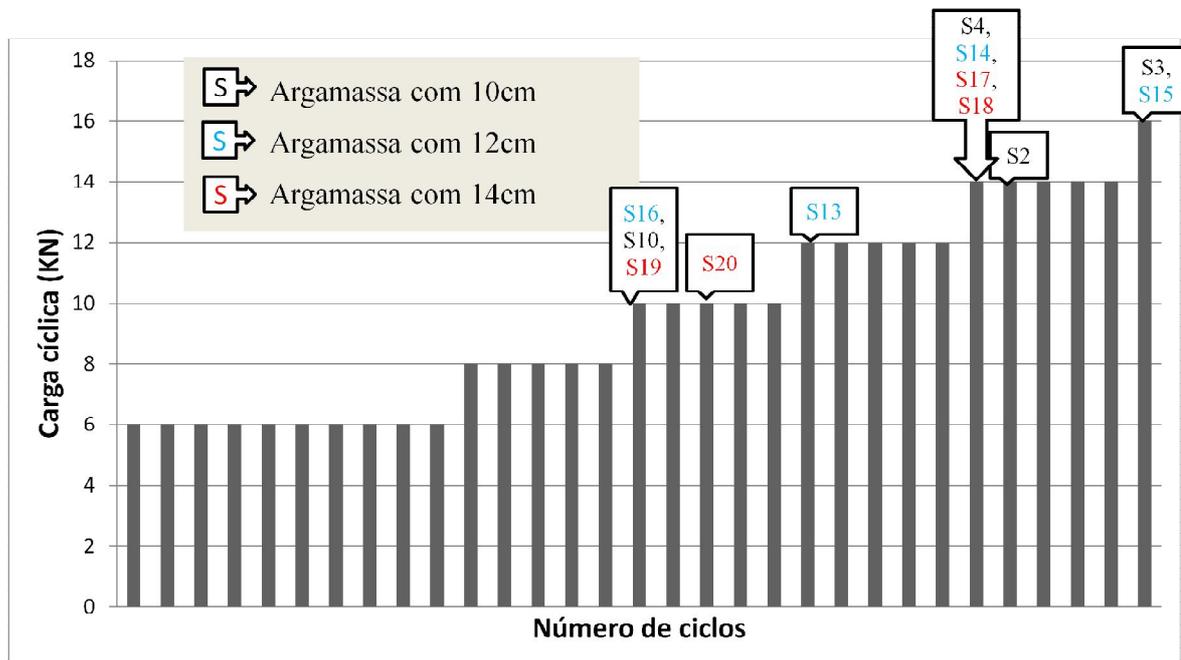


Figura 4.11 Gráfico comparativo entre provetes com banda de dessolidarização de 4cm, da argamassa Sika.

Comparando os vários provetes com 4cm de banda de dessolidarização, observa-se que de um modo geral os resultados foram uniformes, mas com uma ligeira vantagem para os que apresentavam uma banda de argamassa de 10cm, pois foi os que na média, suportaram uma carga mais elevada, sendo que a carga máxima suportada foi mesmo atingida por este tipo de provetes.

A figura 4.12 compara todos os provetes e suas ocorrências da argamassa Sika. Nela observa-se que a rotura do tijolo é a ocorrência predominante foi a rotura pelo tijolo. Exceção desta tendência é o descolamento da argamassa no provete S11 e da fissura na reparação no provete S20. As cargas máximas foram alcançadas nos provetes com bandas de argamassa de 10 e 12 cm, e ambos com 4 cm de banda de dessolidarização. As cargas mínimas foram registadas para os provetes com 2 cm de banda de dessolidarização.

De um modo geral e tendo em conta as comparações feitas anteriormente pode-se concluir que os melhores resultados foram registados para bandas de dessolidarização de 4 cm e bandas de argamassa com 10 e 12 cm. Sendo que a melhor solução é a que apresenta uma banda de dessolidarização de 4cm e uma banda de argamassa de 10cm. O facto de a ocorrência predominante ser a rotura pelo tijolo serve de indício para que se conclua que a argamassa apresenta uma boa resistência à carga por compressão comparativamente à

resistência do tijolo. No entanto esta conclusão não é universal uma vez que a qualidade do tijolo não foi testada.

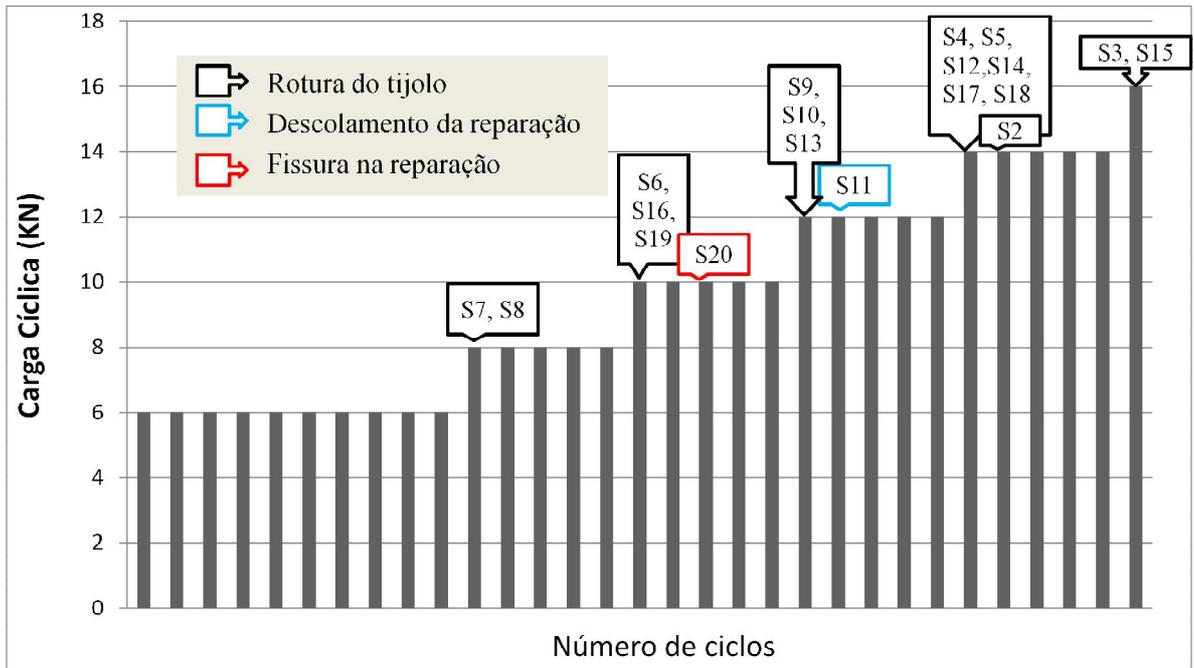


Figura 4.12 Comparação de todos os provetes e suas ocorrências, da argamassa Sika.

De modo análogo à apresentação de resultados feitos para a argamassa Sika é feito agora para a argamassa MM30. Assim, nas figuras 4.13 e 4.14 apresentam-se os gráficos dos ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização, de argamassa MM30, e em que se variou a largura de argamassa entre 14cm e 12cm, respetivamente. Nas figuras 4.15, 4.16 e 4.17 apresentam-se os gráficos de ciclos de carga para os provetes com 10cm de argamassa MM30 e em que se fez variar a banda de dessolidarização, sendo de 2cm, 6cm e 4cm, respetivamente.

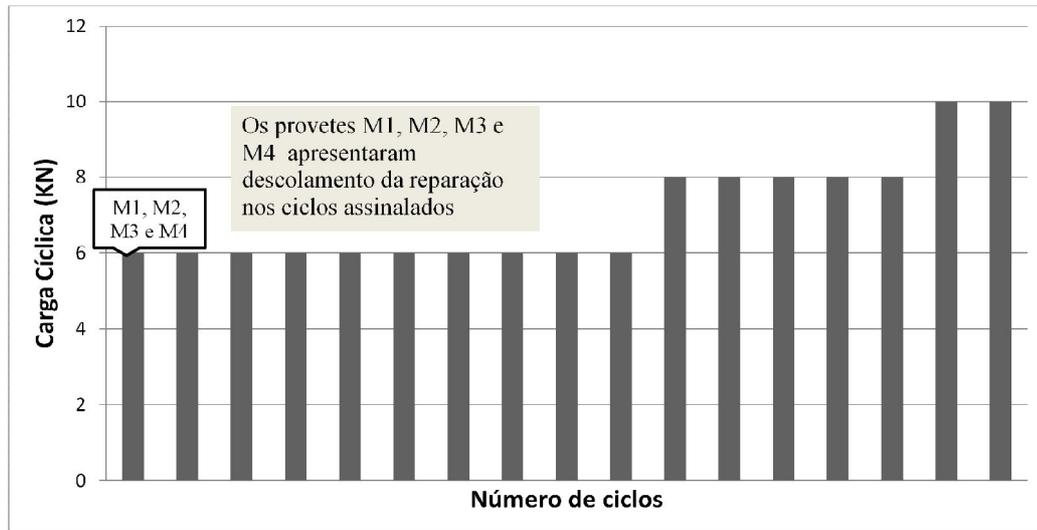


Figura 4.13 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 14cm de argamassa MM30.

No gráfico observa-se que todos os provetes apresentaram descolamento da reparação. Os provetes M1, M2, M3 e M4 sofreram alterações logo no primeiro ciclo da carga de 6KN. Este fenómeno pode ser explicado pela fraca resistência à compressão da argamassa.

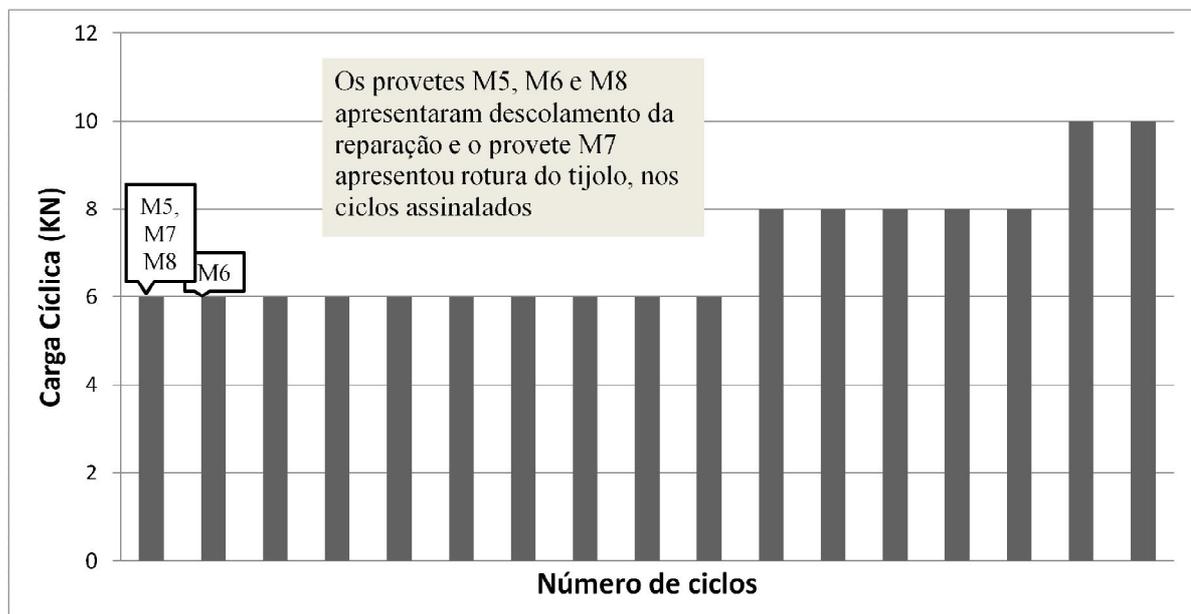


Figura 4.14 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 12cm de argamassa MM30.

Da análise do gráfico tem-se que os provetes M5, M6 e M8 apresentaram descolamento da reparação e o provete M7 apresentou rotura no tijolo. As ocorrências foram registadas no primeiro ciclo da carga de 6KN para os provetes M5, M7 e M8 e para o segundo ciclo da mesma carga para o provete M6. O facto de se ter registado rotura dos tijolos no provete M7 para uma carga tão pequena pode estar na baixa qualidade dos tijolos utilizados, como por exemplo, numa eventual anomalia que estes poderiam apresentar no seu interior que não fosse visível da sua mera observação exterior.

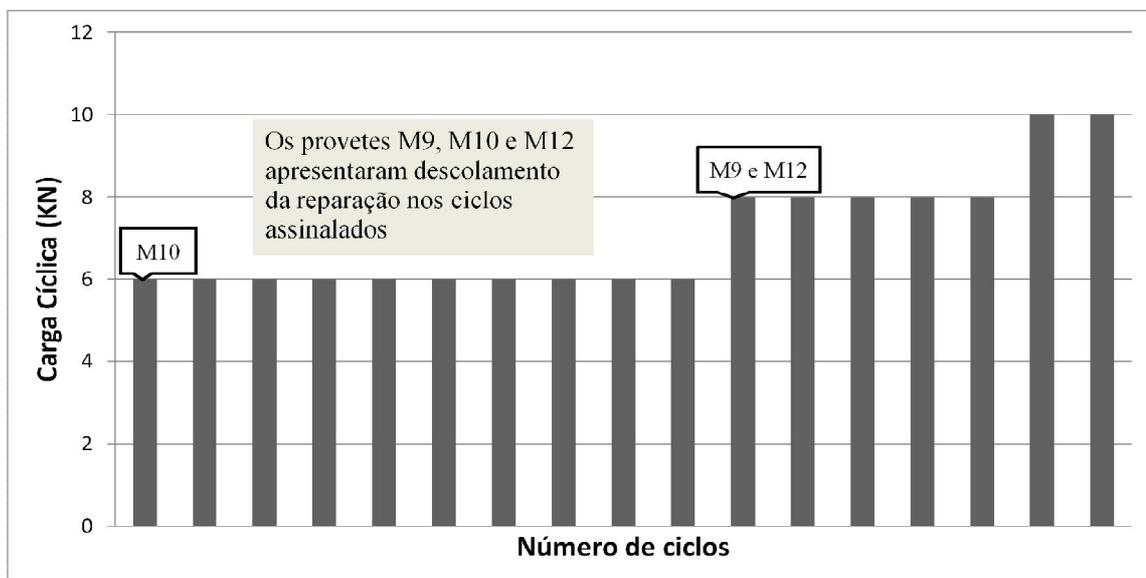


Figura 4.15 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 2cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa MM30.

Do gráfico para além de se verificar que todos os provetes apresentaram descolamento da reparação, destacam-se dois provetes que conseguiram resistir até à carga de 8KN. Foi registado a ocorrência no provete M10 para o primeiro ciclo da carga de 6KN, e para os provetes M9 e M12 o registo foi ao primeiro ciclo da carga de 8KN. Até ao momento este tipo de provetes foi o que conseguir apresentar melhor resistência à compressão.

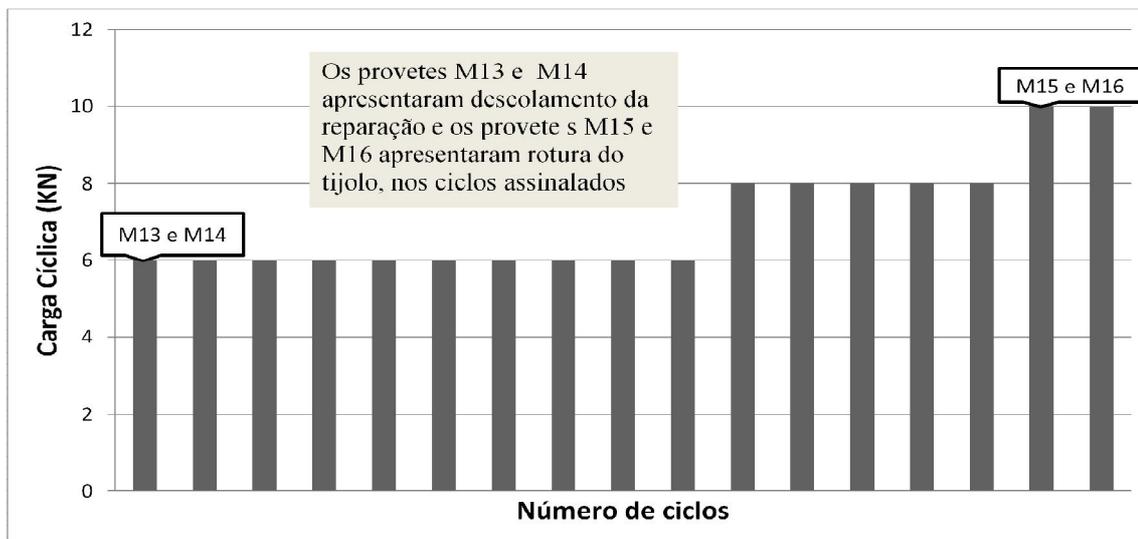


Figura 4.16 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 6cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa MM30.

Neste gráfico observam-se dois tipos de ocorrência, o descolamento da reparação nos provetes M13 e M14, e a rotura pelo tijolo nos provetes M15 e M16. Estas ocorrências foram registadas aos primeiros ciclos das cargas de 6KN e 8KN, respetivamente. O facto de dois provetes terem rompido pelo tijolo, quando a tendência tem sido para o descolamento da reparação para cargas pequenas, 6KN, pode ser explicado por uma melhor aderência entre a reparação e o tijolo, ou a qualidade do tijolo ser ligeiramente melhor, ou seja, os tijolos serem mais planos e apresentando menos irregularidades.

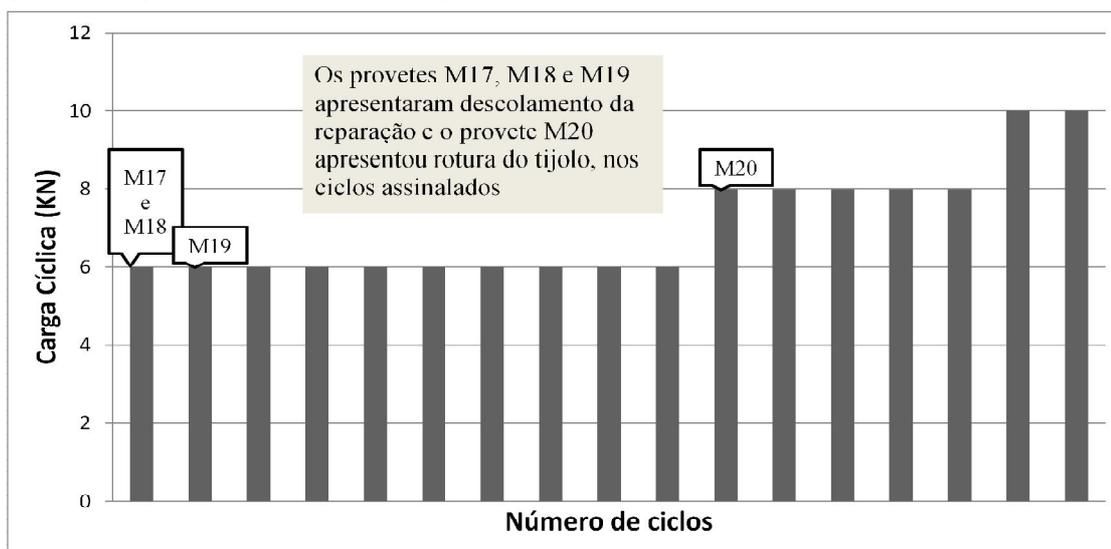


Figura 4.17 Gráfico com ciclos de carga para os provetes com 4cm de banda de dessolidarização e 10cm de argamassa MM30.

Do gráfico retira-se que os provetes que resistiram a uma menor carga apresentaram descolamento da reparação, M17, M18 e M19, e o que resistiu à carga maior acabou por romper pelo tijolo, M20. Os descolamentos ocorreram no primeiro ciclo de carga de 6KN para os provetes M17 e M18, e para o segundo ciclo da carga anterior para o provete M19. O provete M20 rompeu no primeiro ciclo de carga de 8KN. Quando os provetes rompem pelo tijolo significa que a reparação é mais resistente que o tijolo, mas uma vez que a resistência da argamassa é pequena, o resultado do provete M20 leva-me a pensar que o tijolo apresentava alguma anomalia não detectada quando feita a seleção do material.

Seguidamente, vai proceder-se a duas comparações de resultados, uma entre os provetes que foram realizados com uma banda de argamassa de 10cm (figura 4.18), e outra entre os provetes que apresentavam uma banda de dessolidarização de 4cm (figura 4.19).

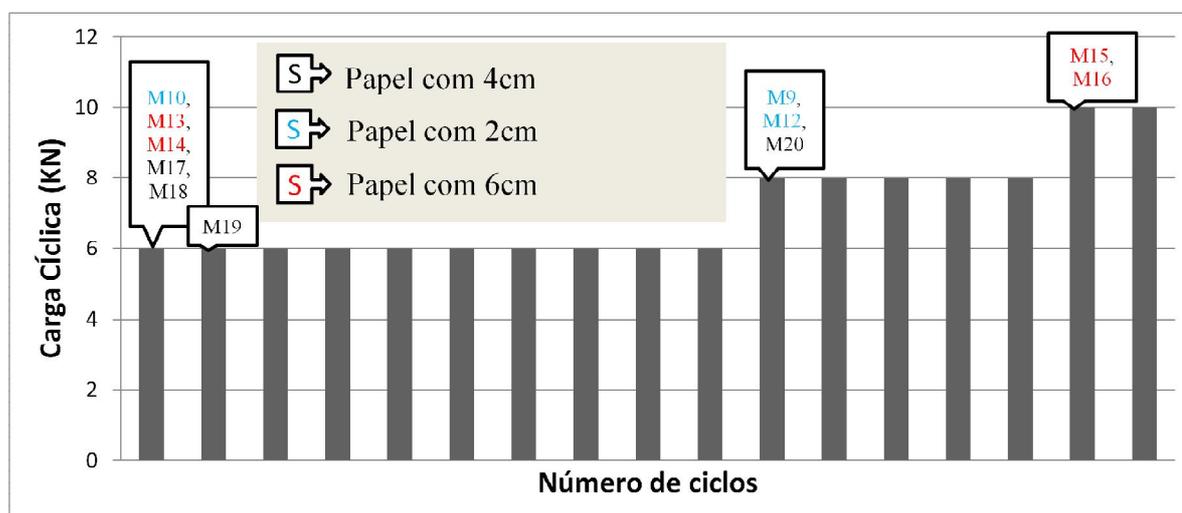


Figura 4.18 Gráfico comparativo entre provetes com banda de argamassa MM30 de 10cm.

Fazendo uma comparação entre os provetes com a reparação de 10cm de argamassa MM30, nota-se que os melhores resultados foram registados pelos provetes com 6cm de banda de dessolidarização, mas como já foi referido anteriormente, estes provetes romperam pelo tijolo, uma vez que a resistência da argamassa é baixa desconfia-se da qualidade do tijolo nos provetes M15, M16 e M20. Excluindo estes provetes verifica-se que os melhores resultados foram alcançados pelos provetes que apresentavam uma banda de dessolidarização de 2cm. Deste gráfico tem-se a perceção que a tendência é para que os provetes so resistam aos primeiros ciclos da carga de 6KN. Uma nota conclusiva desta análise é a melhor solução ser para uma solução de reparação que apresente uma banda de dessolidarização de 2cm e uma banda de argamassa de 10cm.

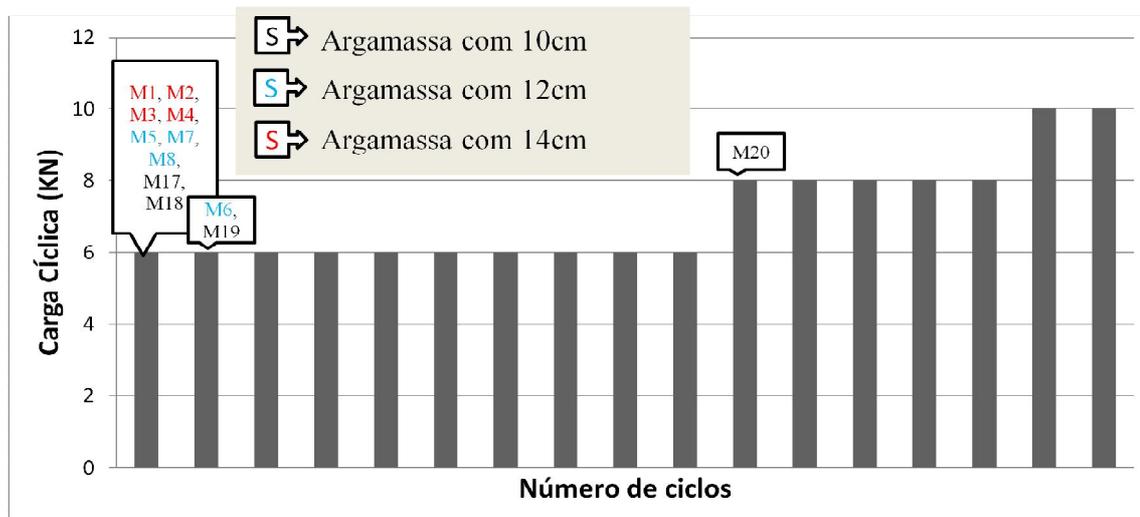


Figura 4.19 Gráfico comparativo entre provetes com banda de dessolidarização de 4cm da argamassa MM30.

Da comparação dos provetes com 4cm de banda de dessolidarização, verifica-se que a tendência é para que os provetes só resistam a uma carga de 6KN. Existe no entanto, uma exceção do provete M20, mas como referido em texto anterior, este resultado não deve ser considerado como resultado absoluto. Mesmo rejeitando o provete M20 nota-se que os provetes com bandas de argamassa de 10 e 12 cm apresentaram melhores resultados.

A figura 4.20 compara todos os provetes e suas ocorrências da argamassa MM30. Nela observa-se que a ocorrência dominante é o deslocamento da reparação, existindo quatro provetes que apresentaram rotura no tijolo, M7, M15, M16 e M20. As cargas máximas foram atingidas na rotura dos tijolos, à exceção de dois casos, o M9 e o M12, onde houve descolamento da reparação e são estes dois provetes que devem servir de referência, pelas razões já explicadas na análise individual dos gráficos anteriores. Estes provetes apresentam uma banda de dessolidarização de 2 cm e uma banda de argamassa de 10cm. As baixas cargas verificadas devem-se ao facto de a argamassa apresentar menor resistência que o tijolo.

De um modo geral e tendo em conta as comparações feitas anteriormente pode-se concluir que os melhores resultados foram registados para bandas de dessolidarização de 2 cm e bandas de argamassa com 10 e 12 cm. Sendo que a melhor solução é a que apresenta uma banda de dessolidarização de 2cm e uma banda de argamassa de 10cm. O facto de a ocorrência predominante ser o descolamento da reparação indicia para que a conclusão que a argamassa é menos resistente a cargas por compressão do que o tijolo. No entanto esta conclusão não é universal uma vez que a qualidade do tijolo não foi testada.

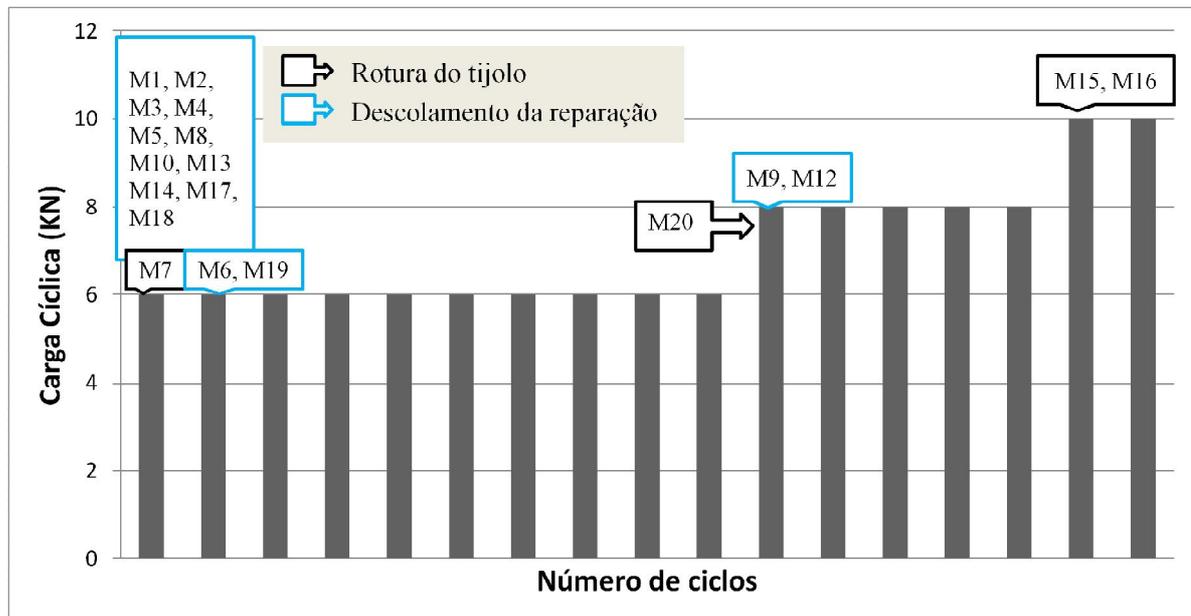


Figura 4.20 Comparação de todos os provetes e suas ocorrências da argamassa MM30.

Para finalizar, e se poder comparar os ciclos de carga das ocorrências predominantes de todos os provetes ensaiados é apresentada a figura 4.21.

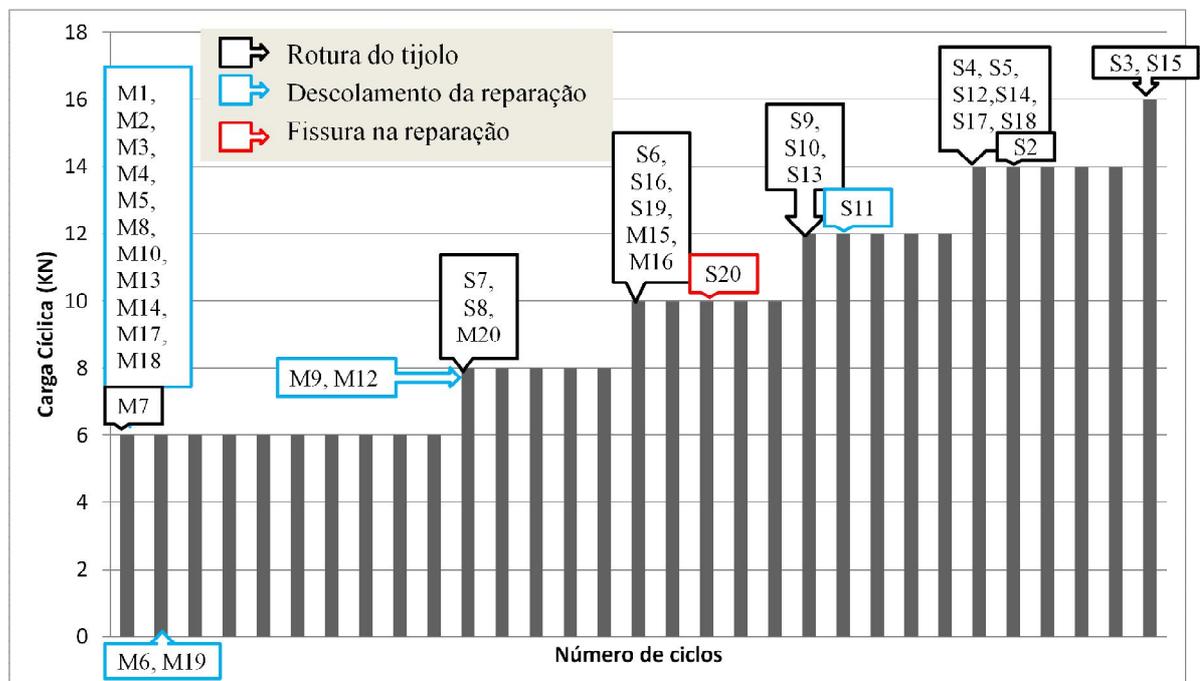


Figura 4.21 Apresentação das ocorrências para todos os provetes ensaiados.

Desta comparação destaca-se que os provetes com argamassa Sika, aqueles cuja designação começa por S, resistiram a cargas superiores a 10KN, com exceção de dois casos, e que a ocorrência predominante é a rotura pelo tijolo. Já os provetes onde se utilizou argamassa MM30, aqueles cuja designação começa por M, não ultrapassaram os 8KN, à exceção de dois casos, e que a ocorrência predominante é o descolamento da reparação. Do confronto de resultados das duas argamassas verifica-se que nos provetes onde se utilizou a argamassa da Sika apresentam melhor resistência na reparação uma vez que esta é mais resistente. Deste dado pode concluir-se que a utilização de uma argamassa mais resistente melhora a resistência da reparação. Chegou-se à conclusão que independentemente do tipo de argamassa os melhores resultados foram alcançados pelos provetes com 10cm de banda de argamassa e que a banda de dessolidarização varia de 4cm para a argamassa Sika e 2cm para a argamassa MM30. Como já referi anteriormente, uma vez que a argamassa mais resistente apresenta melhores resultados, conclui-se que a melhor solução foi conseguida com provetes de 4cm de banda de dessolidarização e 10 cm de banda de argamassa Sika.

#### 4.4.4 Síntese dos resultados

Quando comparados todos os resultados obtidos podemos afirmar que as reparações que apresentaram melhores resultados foram as que eram constituídas por bandas de dessolidarização de 4 cm, bandas de argamassa de 10 e 12 cm e argamassa mais resistente. Os quadros 4.5. a), b), c), d), e), f) e 4.6. a), b), c), d), e) apresentam as ocorrências observadas para cada provete de forma sintetizada, para a argamassa da Sika e da Fassa Bortolo, respetivamente.

Quadro 4.5. a) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika.

Provete	Ocorrência observada	
S1	-	

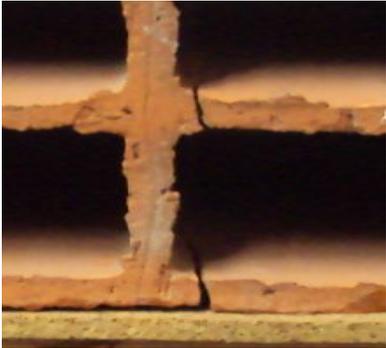
Quadro 4.5. b) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika.

Provete	Ocorrência observada	
S2	Rotura do tijolo	
S3	Rotura do tijolo	
S4	Rotura do tijolo	
S5	Rotura do tijolo	

Quadro 4.5. c) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika.

Provete	Ocorrência observada	
S6	Rotura do tijolo	
S7	Rotura do tijolo	
S8	Rotura do tijolo	
S9	Rotura do tijolo	

Quadro 4.5. d) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika.

Provete	Ocorrência observada	
S10	Rotura do tijolo	
S11	Descolamento da reparação	
S12	Rotura do tijolo	
S13	Rotura do tijolo	

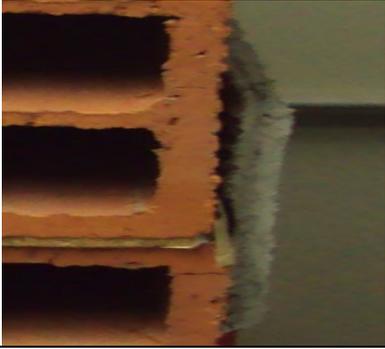
Quadro 4.5. e) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika.

Provete	Ocorrência observada	
S14	Rotura do tijolo	
S15	Rotura do tijolo	
S16	Rotura do tijolo	
S17	Rotura do tijolo	

Quadro 4.5. f) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa da Sika

Provete	Ocorrência observada	
S18	Rotura do tijolo	
S19	Rotura do tijolo	
S20	Fissura na reparação	

Quadro 4.6. a) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa MM30

Provete	Ocorrência observada	
M1	Descolamento da reparação	
M2	Descolamento da reparação	
M3	Descolamento da reparação	
M4	Descolamento da reparação	

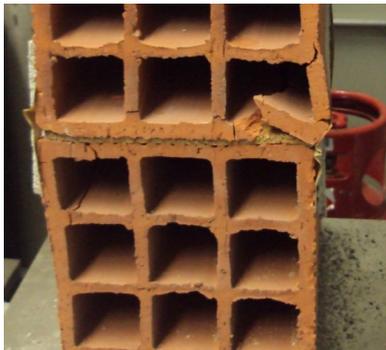
Quadro 4.6. b) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa MM30

Provete	Ocorrência observada
M5	Descolamento da reparação 
M6	Descolamento da reparação 
M7	Rotura do tijolo 
M8	Descolamento da reparação 

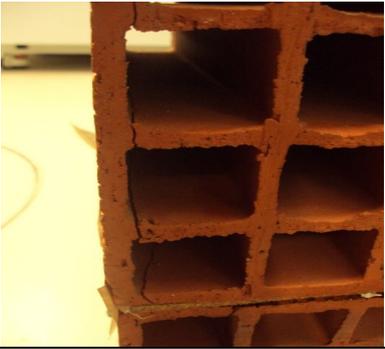
Quadro 4.6. c) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa MM30

Provete	Ocorrência observada	
M9	Descolamento da reparação	
M10	Descolamento da reparação	
M11	-	
M12	Descolamento da reparação	

Quadro 4.6. d) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa MM30

Provete	Ocorrência observada
M13	Descolamento da reparação 
M14	Descolamento da reparação 
M15	Rotura do tijolo 
M16	Rotura do tijolo 

Quadro 4.6. e) Síntese das ocorrências nos provetes reparados com argamassa MM30

Provete	Ocorrência observada	
M17	Descolamento da reparação	
M18	Descolamento da reparação	
M19	Descolamento da reparação	
M20	Rotura do tijolo	

## **5. CONCLUSÃO**

### **5.1 Síntese Geral**

O tema desta dissertação foi a reabilitação de fissuras “em ponte” em paredes de alvenaria não estrutural. Foi uma escolha baseada na falta de conhecimentos científicos relativamente a esta técnica e quais os parâmetros dimensionais a que deve obedecer.

Dando continuidade aos trabalhos anteriormente desenvolvidos foi realizado um trabalho experimental. Para conseguir cruzar os resultados de trabalhos anteriores com os apresentados nesta dissertação, os provetes tiveram de ser idênticos. Foram comparáveis duas variáveis, sendo essas, a largura de banda de dessolidarização e a largura de banda de argamassa. Com este trabalho pretendeu perceber-se qual a influência das características da argamassa no desempenho da reparação.

Os resultados obtidos foram apresentados no capítulo anterior e estão resumidos nos parágrafos seguintes.

### **5.2 Conclusões dos diversos objectivos**

No que respeita aos capítulos 2 e 3 foram apresentadas de um modo geral as possíveis causas que originam a fissuração e quais as estratégias de abordagem a este fenómeno se deve ter.

No que respeita ao capítulo 4 os objectivos foram concretizados. Consegui verificar-se que os resultados registados foram ao encontro do desejado, ou seja, foram obtidos resultados coincidentes com o trabalho experimental desenvolvido no passado, e ainda foi possível verificar que a resistência da argamassa influencia a resistência da reparação.

De uma maneira sintetizada conclui-se que uma argamassa mais resistente confere à reparação uma maior resistência, em termos de resistência à compressão, pois uma argamassa menos resistente suporta cargas menos elevadas que uma argamassa mais resistente. Tal como nos trabalhos anteriores, a melhor solução passa por uma banda de dessolidarização de 4cm. O intervalo desejado era entre os 3cm e os 5cm. A melhor solução apresentou uma banda de dessolidarização de 10 cm e como anteriormente este valor está compreendido entre os valores de referência dos trabalhos anteriores, intervalo entre os 10cm e os 15cm. Estes resultados apresentam uma melhor segurança, uma vez que se aumentou o número

de provetes ensaiados, mas não podem ser tidos como uma certeza, pois os tijolos utilizados não foram sujeitos a qualquer ensaio técnico para garantir a sua qualidade.

### **5.3 Perspetivas de trabalhos futuros**

Finalizada esta dissertação, importa sugerir trabalhos para o futuro com o intuito de dar continuidade ao trabalho desenvolvido até ao momento. Assim sendo é deixado a sugestão para alguns desses trabalhos:

- Realização de um estudo com o aumento significativo do número de provetes para dar uma credibilidade estatística aos resultados encontrados;
- Realização de ensaios com provetes com uma reparação de menor espessura;
- Realização de trabalhos em que se utilize outro tipo de materiais e comparar os resultados, tanto a nível de resistência como a um nível económico;
- Realização de um trabalho cuja preocupação seja a monitorização das deformações da fissura quando sujeita a diversos episódios de carga;
- Realização de um trabalho numérico de análise das tensões envolvidas na utilização desta técnica;
- Realização de um trabalho onde se verifique a importância da rede de fibra de vidro incorporada na reparação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chaves, A. (2009). “Patologia e Reabilitação de Revestimentos de Fachadas”. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Decreto-lei nº 104/2004 de 7 de Maio in Diário da República nº107

Dias, A. (2002). “Construção em Tijolo Cerâmico: Das Exigências Normativas do Produto à Prática da Aplicação”. in Lourenço, P.H. & Sousa H. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, pp 41- 66, Porto

FASSABORTOLO@ (2013). <http://www.fassabortolo.pt/detalhe/produtos/825-mm30/base-1/mm-30.html>

Jâcome, C., Martins, J. (2005). “Reabilitação - Identificação e tratamento de patologias em edifícios”.

Junginger, Max. “ Correção de fissuras em alvenaria de vedação: estudo caso”.

Júnior, A. (1997). “ Sistemas de recuperação de fissuras de alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação”. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Oliveira, L. (2012). “ Contributo para a Análise Experimental da Técnica de Reabilitação em “ Ponte” de Fissuras em Paredes de Alvenaria. Tese de Dissertação, FCTUC, Coimbra.

Oliveira, P. (1999). “Plano de Inspeção e Ensaio (PIE) – Tijolos Cerâmicos em Paredes”, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Póvoa, P. (2012). “ Estudo da Reabilitação em “Ponte” de Fissuras em Paredes de Alvenaria”. Tese de Dissertação, FCTUC, Coimbra.

PRECERAM@ (2013).[http://www.preceram.pt/documentos/Etiqueta\\_CE\\_Preceram.pdf](http://www.preceram.pt/documentos/Etiqueta_CE_Preceram.pdf)

Samagaio et al. (2009). “ A Reabilitação de Edifícios”. Projecto FEUP, Universidade do Porto, Porto.

SIKA@ (2013a). [http://prt.sika.com/pt/solutions\\_products/02/02a008/02a008sa04.html](http://prt.sika.com/pt/solutions_products/02/02a008/02a008sa04.html)

SIKA@ (2013b). <http://pt01.webdms.sika.com/files/show.do?documentID=114>

Silva et al. (2009). “Estratégias e Técnicas de Reparação de Fissuras em Alvenarias”. in Silva, J. Cadernos de Apoio ao Ensino da Tecnologia da Construção e da Reabilitação de Anomalias Não Estruturais em Edifícios, FCTUC, Coimbra

Silva, J. (2002). “ Alvenarias não Estruturais Patologias e Estratégias de Reabilitação”. in Lourenço, P.H. & Sousa H. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, pp.187-206, Porto.

Silva, J. (1998). “ Fissuração das Alvenarias – Estudo do Comportamento das Alvenarias sob Acções Técnicas”. Tese de Doutoramento, FCTUC, Coimbra.

Tavares et al. (2011). “Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios – Guia de Intervenção”. Universidade de Aveiro, Aveiro

Tavares, A. (2008). “Reabilitação Urbana – O Caso dos Pequenos Centros Históricos”. Tese de Dissertação, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Valle, J. (2008). “Patologia das Alvenarias – Causa/ Diagnóstico/ Previsibilidade”. Monografia para Especialização em Tecnologia da Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte