

Análise de fissuras em alvenaria de vedação – Estudo de caso: UEMG – Unidade de João Monlevade

Analysis of fillings in masonry – Case study: UEMG – Unit of João Monlevade

Análisis de marcos en el marco de sellado - Estudio de caso: UEMG - Unidad João Monlevade

Recebido: 07/09/2019 | Revisado: 11/10/2019 | Aceito: 12/10/2019 | Publicado: 16/10/2019

Gustavo Martis Valamiel de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3340-9403>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: gvalamiel@gmail.com

Pedro Henrique Araújo Caldeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7868-8085>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: pedrocaldeir@hotmail.com

Ladir Antônio da Silva Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0193-7060>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: ladir@hotmail.com

Andiara de Carvalho Viera

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3820-3746>

Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

E-mail: andiaracvieira@gmail.com

Resumo

O presente trabalho visa apresentar o levantamento de manifestações patológicas em alvenaria de vedação na Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade João Monlevade (UEMG). As fissuras têm sua classificação dada quanto à abertura, seu formato, sua localização e à atividade destas. Existem fatores que podem levar ao surgimento de fissuras. Todas as definições supracitadas encontram-se neste trabalho. Por meio da revisão bibliográfica foram organizados alguns conceitos relativos à manifestação patológica, alvenaria e fissuras. Além disto, são citadas as possíveis causas de fissuras através de mecanismos intrínsecos e extrínsecos. Foi realizado um levantamento de campo, com levantamento fotográfico dos

prédios estudados. Os dados coletados foram analisados e quantificados, sendo que, nos resultados, seguem causas e medidas corretivas propostas para cada tipo de fissura encontrada, sendo as principais: fissura por concentração de tensões em cantos de janelas; fissura por retração; fissuras de dilatação e contração no encontro da alvenaria com a estrutura, fissuras devido à sobrecarga da laje, fissuras devido à movimentação térmica e fissuras devido à movimentação higroscópica.

Palavras-chave: Manifestações patológicas; Construção; Causas.

Abstract

This article aims to present a survey of ceramic masonry walls pathological problems in the Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), João Monlevade city. Aperture, shape, location and activity are the characteristics used to classify fissures. Several factors can lead to the appearance of them. Knowledge related to this topic is presented in this article. Literature review of the concept and intrinsic and extrinsic causes of construction pathology and fissures in masonry were done. A field survey with photography records were carried out in the studied buildings. The data were collected, analyzed and quantified. Fissures caused by stress concentration in window corners, retraction fissures, fissures caused by dilatation and contraction in the masonry and the structural element junction, fissures caused by floor system overload, fissures caused by thermal movement and fissures cause by hygroscopic movement were surveyed. As result, the causes were identified and corrective management were proposed for each fissure surveyed.

Keywords: Pathological manifestations; Construction; Causes.

Resumen

Este artículo tiene como objetivo presentar una investigación de los problemas patológicos de las paredes de mampostería de cerámica en la Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), ciudad de João Monlevade. La apertura, la forma, la ubicación y la actividad son las características utilizadas para clasificar las fisuras. Varios factores pueden conducir a su aparición. El conocimiento relacionado con este tema es presentado en este artículo. Revisión de la literatura sobre el concepto y las causas intrínsecas y extrínsecas de la patología de la construcción y de las fisuras en la mampostería fue realizada. Estudio de campo con registros fotográficos en los edificios estudiados fue ejecutado. Los datos fueron coleccionados, analizados y cuantificados. Las fisuras causadas por la concentración de tensiones en los rincones de las ventanas, las fisuras de retracción, las fisuras causadas por dilatación y

contracción en la unión de la mampostería y del elemento estructural, las fisuras causadas por la sobrecarga del sistema de piso, las fisuras causadas por el movimiento térmico y las fisuras causadas por el movimiento higroscópico fueron examinadas. Como resultado, las causas fueron identificadas y un manejo correctivo fue propuesto para cada fisura inspeccionada.

Palabras clave: Manifestaciones patológicas; Edificio; Causas.

1 Introdução

A modernização da construção civil, através da necessidade de aperfeiçoamento do setor, onde se busca executar obras em períodos menores de tempo e com um consumo racional de materiais, trouxe uma série de problemas construtivos. Como a mão de obra e a engenharia brasileira de qualidade até então representam apenas uma parcela do mercado, manifestações patológicas já incidentes em obras mais antigas do país estão ainda mais comuns, devido a falhas de projeto e execução, que ocorrem como consequência da tentativa de progresso supracitada.

Segundo Valle (2008) atualmente, os edifícios se tornaram mais altos e esbeltos, tendo como foco os grandes vãos, redução da quantidade de pilares, e lajes de menor espessura. Com isso, as estruturas estão mais deformáveis, o que geram uma série de patologias. Dentre elas, podem-se destacar algumas das mais comuns: fissuras, trincas e rachaduras em alvenaria. Tais problemas podem ser definidos pela separação completa ou incompleta dos materiais que compõem a alvenaria (tijolos, blocos, argamassa de ligação e revestimento), e, de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), são classificados de acordo com o tamanho de suas aberturas. Fissuras em alvenaria de vedação geralmente não influenciam no conjunto estrutural da edificação, mas podem trazer outras consequências como um desconforto aos seus usuários e até a perda da função de proteção dos ambientes, atingindo assim, seu estado limite de utilização ou de serviço (Thomaz, 1989).

O prédio da UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade João Monlevade apresenta diversas fissuras, trincas e rachaduras em sua alvenaria. Indicando a provável existência de várias causas, como: má execução da obra, planejamento insuficiente, falhas de projeto e uso de materiais inadequados. São manifestações patológicas esteticamente desagradáveis e que indicam falhas relacionadas ao isolamento acústico e térmico da obra, estanqueidade à água e, ao se expressarem em alvenaria estrutural, alertam para um possível estado de risco para a estrutura do local.

O objetivo deste trabalho é apresentar o levantamento de manifestações patológicas em alvenaria de vedação da UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade de João

Monlevade, e identificar suas possíveis causas, bem como propor a medida corretiva para cada tipo de fissura encontrada. Para isso, foi feito um estudo de caso no campus, com auxílio de levantamento fotográfico, a fim de identificar e classificar os tipos de manifestações patológicas estudadas.

2. Manifestações Patológicas

Assim como todos os mecanismos naturais, as estruturas podem se deteriorar, enfraquecer ou sofrer desgaste com o tempo. Em analogia a essa situação, surgem os problemas patológicos. Segundo Helene (1992), essas complicações possuem características singulares de acordo com suas causas fazendo com que seja possível identificar de que problema se trata, além das sequelas que a manifestação patológica pode deixar para a construção.

As razões das anomalias encontradas nas edificações são diversificadas, podendo ser por envelhecimento natural da estrutura, uso de materiais inadequados, erros de projeto e execução, falta de manutenção necessária na construção, ações de intempéries, dentre outras (Costella, Pilz, Pavan, Motta & Souza, 2015). Tais fatores podem gerar manifestações patológicas dos mais variados tipos como: fissuras, trincas, rachaduras, manchas, descolamentos, deformações, rupturas, corrosões, entre outras.

3. Alvenaria

A alvenaria se caracteriza por elementos que visam compor as paredes de uma edificação, sendo as mais comuns feitas por tijolos de barro, cerâmico ou concreto, através de juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso, sendo que elas sempre devem estar bem assentadas e niveladas (Flores, 2018).

São duas as funções exercidas por uma alvenaria em um edifício: ser somente alvenaria de vedação, capaz de suportar seu próprio peso e dividir partes internas ou externas de um edifício; ou ser uma alvenaria estrutural, capaz de suportar seu peso próprio e também as demais cargas de elementos que se apoiam sobre ela. Segundo Zanzarini (2016) a alvenaria estrutural é um método construtivo que além da vedação, as suas paredes têm a função de suportar cargas horizontais e verticais.

Deparar-se com problemas patológicos na alvenaria se tornou comum nos dias de hoje, e é através de fissuras, que essas anomalias normalmente se manifestam. Um dos grandes fatores relacionados, conforme Magalhães (2004), é a carência de mão de obra qualificada que o setor da construção civil enfrenta, levando ao uso inadequado de materiais, falta de cuidados na execução, além da prospecção errônea e/ou falta de planejamento.

4. Fissuras

As fissuras são as manifestações patológicas de maior incidência em alvenaria de vedação. Conhecer o problema e identificar suas causas é fundamental para estabelecer qual ação deverá ser tomada na tentativa de recuperar a alvenaria (Taguchi, 2010).

Thomaz (1989) relata que em um grupo de variados problemas patológicos que atacam as construções, residenciais ou não, as fissuras merecem atenção especial, pois se tratam de uma anomalia de importância singular. A razão disso se dá em três aspectos essenciais: a alerta de um possível estado de risco para a estrutura (no caso de fissuras em alvenaria estrutural ou no concreto), o comprometimento do funcionamento da obra em serviço (isolamento térmico, isolamento acústico, estanqueidade à água, entre outros) e o incômodo constrangedor que uma fissura gera nos usuários da edificação.

Para Oliveira (2012) fissuras podem ocorrer em alvenaria, vigas, pilares, lajes e outros elementos da construção. Suas causas geralmente estão relacionadas com as tensões dos materiais, que quando solicitados a uma aplicação maior que a resistente sofre uma abertura que é classificada de acordo com sua espessura. Ou seja, as fissuras maiores receberão nomenclaturas diferentes, como: trinca, rachadura, fenda ou brecha. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** demonstra a classificação fissuras quanto à abertura.

Tabela 1 – Classificação da fissura quanto à abertura

Tipo de Lesão	Abertura
Fissura	até 0,5 mm
Trinca	de 0,5 mm a 1,5 mm
Rachadura	de 1,5 mm a 5,0 mm
Fenda	de 5,0 mm a 10,0 mm
Brecha	acima de 10,0 mm

Fonte: Oliveira (2012).

Segundo Thomaz (1989) a fissuração pode ser causada por variados mecanismos, externos e internos. Com relação aos componentes externos, estão às fissuras causadas por movimentação térmica, higroscópica, sobrecargas, deformação de elementos de concreto armado e recalques da fundação. Entre as ações internas, as causas podem ser ligadas a retração dos produtos à base de cimento ou ligadas às alterações químicas dos elementos dos materiais de construção.

5. Estudo de caso

A seguir são apresentados os resultados obtidos no estudo de caso realizado na UEMG - Unidade João Monlevade. Através dos registros fotográficos das fissuras existentes, foi possível obter informações sobre suas configurações, espessuras e possíveis causas. Com isso, a partir desse levantamento, foi proposta a medida corretivo-preventiva adequada para as manifestações patológicas detectadas.

5.1 Descrição do local

A UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade de João Monlevade está localizada na Av. Brasília, 1304 – Baú, João Monlevade – MG. O campus é constituído por dois blocos, onde em ambos o seu sistema de vedação vertical é composto por alvenaria aparente e/ou convencional. O primeiro edifício (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) foi construído na década de 1960, possuindo dois pavimentos, com uma área total de 1204,58 m² e 29 cômodos, divididos entre salas de aula, secretarias, Empresas Junior, lanchonete, laboratórios e área administrativa. Já o segundo edifício (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) foi construído em 2007, sendo disposto em três pavimentos, com uma área total de 2478,40 m² e 22 cômodos, dispostos entre salas de aula, biblioteca e banheiros.

Figura 1 - Fachada do edifício antigo da UEMG



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 2 – Fachada do edifício novo da UEMG

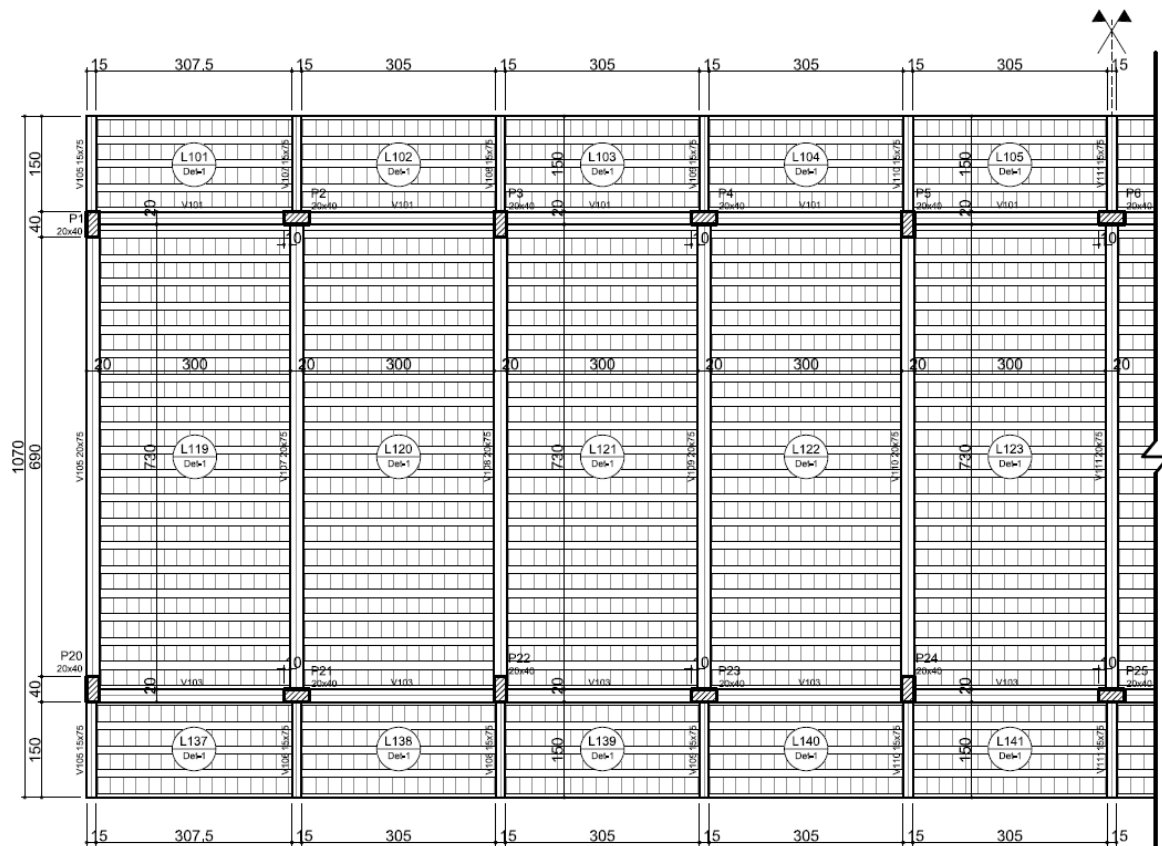


Fonte: Autoria própria (2019).

5.1.1 Edifício 1

O edifício mais antigo, que daqui para frente será denominado como Edifício 1, possui sistema estrutural convencional, composto por vigas e pilares em concreto armado aparente, com a utilização de lajes pré-moldadas. Como pode ser observado em sua planta de forma (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), ele possui ao longo de seu comprimento longitudinal uma modulação de pilares a cada 3,20 m, sendo que no sentido transversal, ele possui como sistema estrutural uma viga bi apoiada com balanços, com vão central de 7,30 m e um balanço de 1,50 m. As lajes pré-moldadas estão apoiadas nas vigas transversais, no sentido longitudinal da edificação, com um vão padrão de 3,00 m.

Figura 3 – Planta de forma do nível +340 - Edifício 1

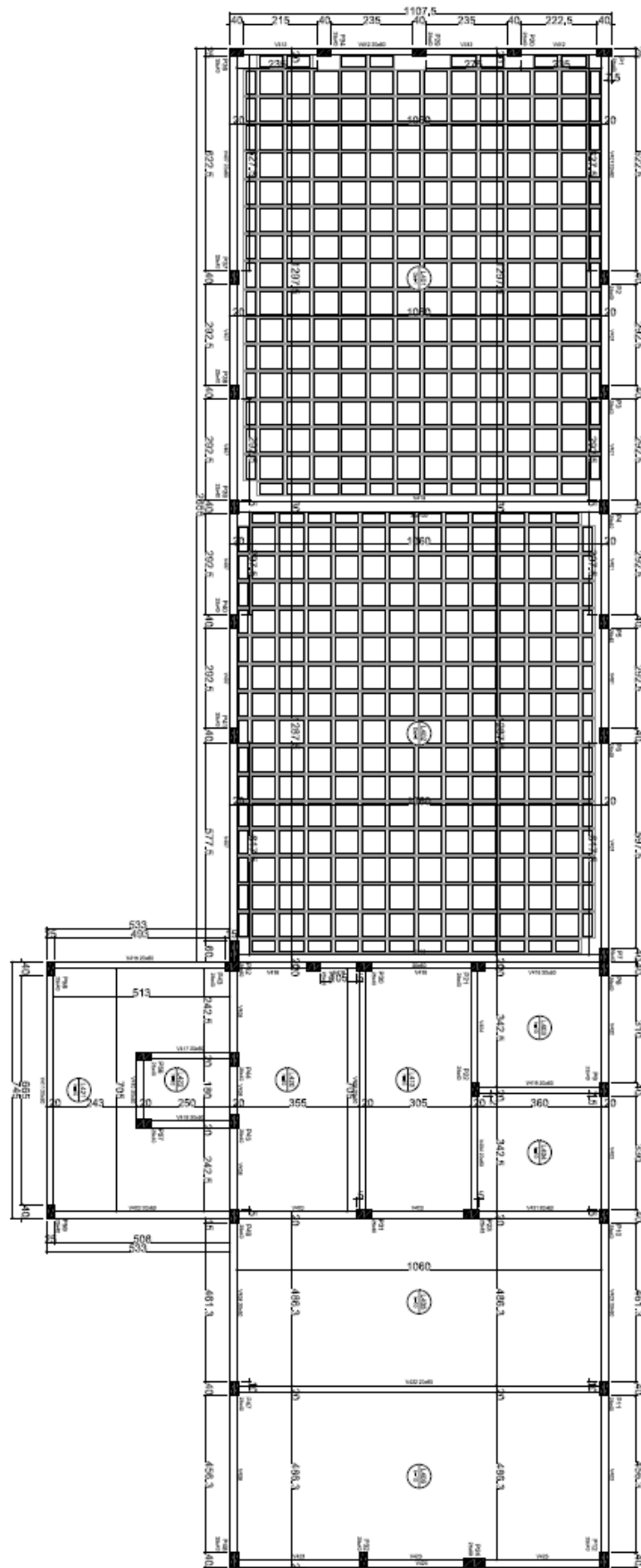


Fonte: autoria própria (2019).

5.1.2 Edifício 2

O edifício mais recente, inaugurado em 2007, que daqui para frente será denominado como Edifício 2, também é composto por um sistema estrutural convencional em concreto armado aparente. Porém diferente do Edifício 1, esta edificação possui um sistema de pisos formado lajes nervuradas e lajes maciças, como pode ser visto em sua planta de forma (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Na região com laje nervurada, o menor vão livre a ser vencido é de 10,60 m, sendo que na região de laje maciça, o menor vão das lajes varia de 3,62 m a 4,87 m de comprimento.

Figura 4 – Planta de forma do nível +340 - Edifício 2



Fonte: autoria própria (2019).

5.2 Coleta de dados

A vistoria às edificações foi realizada em duas etapas. Em cada uma delas, foram executadas as seguintes tarefas:

- 1ª Etapa: realizada com a finalidade de através de inspeção visual, mapear e avaliar as fissuras em alvenaria, suas configurações, assim como medir suas espessuras com o auxílio do fissurômetro, para classificar as manifestações patológicas identificadas em fissuras, trincas ou rachaduras;
- 2ª Etapa: realizada com a finalidade de efetuar registro fotográfico, para que se possam indicar as possíveis causas e propor medidas corretivo-preventivas para cada ocorrência.

5.3 Quantificação das fissuras

As fissuras foram classificadas quanto à espessura que se manifestaram na alvenaria do empreendimento como um todo, conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 2 – Classificação das fissuras mapeadas na UEMG

Aberturas	Quantitativo	Percentual
Fissuras	1676	88,54%
Trincas	196	10,35%
Rachaduras	18	0,95%
Fendas	3	0,16%

Fonte: autoria própria (2019).

A partir do levantamento realizado, foi possível tirar algumas conclusões em relação às consequências das manifestações patológicas analisadas e o estado de conservação dos blocos que constituem o campus. Observando a **Erro! Fonte de referência não encontrada..**, pode-se observar que mais de 88,5% das aberturas podem ser classificadas como fissuras, com menos de 0,5 mm de espessura.

Analisando as concentrações das fissuras, através da vistoria in loco, pode-se notar que o Edifício 2, que foi construído no ano de 2007, apresenta um número de fissuras muito superior, quando comparado com o quantitativo de fissuras encontradas no Edifício 1, que foi construído na década de 60. Apesar da grande diferença de idades, em torno de 40 anos e durante todo este tempo de vida o Edifício 1 sofrer com os intempéries, sem passar por programas de manutenção preventivos, foi analisado que o maior número de fissuras, foram encontrados na edificação mais recente.

Além disso, o bloco líder em manifestações patológicas também é aquele em que se localizam as fissuras de maior abertura (denominadas trincas, rachaduras, fendas), consequentemente comprometendo o sistema de alvenaria de vedação da edificação,

possibilitando perdas nas funções de vedação, isolamento térmico e isolamento acústico.

Através dos resultados obtidos e analisando o sistema estrutural entre as duas edificações (Figuras 3 e 4), pode-se concluir que a concentração de fissuras está correlacionada com a deslocabilidade do sistema estrutural de cada edificação. Uma vez que, o Edifício 2 possui vão livres relativamente maiores quando comparados com os vão livres do Edifício 1, com uma menor distribuição de vigas e pilares. Desta maneira, pode-se dizer que o edifício mais antigo é mais rígido, quando comparado com o edifício mais novo e por consequência menos deformável.

Tal afirmativa pode se confirmada através da modelagem estrutural das duas edificações através do software Eberick 2018. Apesar desta modelagem não ser o foco da pesquisa, foi realizado o levantamento da estrutura existente e através do mesmo refeito os projetos estruturais das duas edificações, considerando para ambas edificações as mesmas premissas, como: ligações entre vigas e pilares engastadas, resistência característica do vento igual a 30 m/s, fundação tipo sapata, engastamento entre lajes adjacentes e classe de agressividade II. Através dos resultados da modelagem computacional, pode-se observar que o Edifício 1 obteve valores de coeficiente γ_z menores do que o Edifício 2 (de 1,03 para 1,09) e a frequência fundamental de vibração dos sistemas de pisos do Edifício 2 foram menores do que o Edifício 1 (de 2,99 Hz para 6,85 Hz). Avaliando estas características, juntamente com a distribuição dos elementos estruturais, pode-se afirmar que o Edifício 1 possui rigidez superior ao Edifício 2 e por consequência menor deformabilidade.

De acordo com Valle (2008), as estruturas mais deformáveis estão sujeitas a um maior número de problemas patológicos, destacando a fissuração. Este comportamento pode ser comprovado neste estudo de caso, onde o Edifício 2, apesar de quase 40 anos mais novo que o Edifício 1, possui um número de fissuras, trincas, rachaduras e fendas muito maior que a outra edificação analisada. Sendo que esta pode ser classificada como mais deformável que o Edifício 1, uma vez que possui menor número de vigas, pilares e vão livres maiores.

5.4 Diagnósticos de causa

Para a realização do diagnóstico de possíveis causas, as fissuras foram classificadas quanto à forma como se exprimiram na alvenaria e agrupadas como segue:

- fissuras nas aberturas de portas e janelas;
- fissuras verticais existentes entre pilar e alvenaria;
- fissuras mapeadas;
- fissuras horizontais na base da alvenaria;

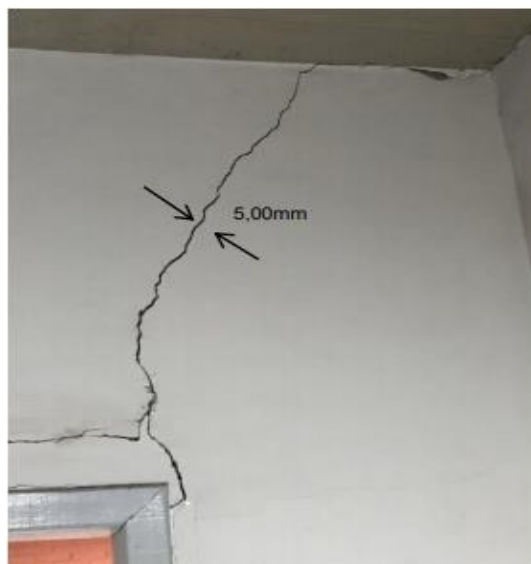
- fissuras transversais;
- fissuras em alvenaria aparente.

5.4.1 Fissuras nas aberturas de portas e janelas

São manifestações causadas, na maioria das vezes, pela atuação de sobrecargas na alvenaria e que segundo Thomas (1989) e Valle (2008) as trincas podem apresentar diversas configurações em decorrência de inúmeras razões, como exemplos: as dimensões da alvenaria, anisotropia dos materiais que compõem a alvenaria, a dimensão e a rigidez das vergas e contravergas, da dimensão e localização das esquadrias. Porém de acordo com Thomas (1989), esse tipo de manifestação patológica também pode ocorrer devido à deformabilidade excessiva da estrutura de concreto armado, que introduz tensões na alvenaria devido à rigidez da mesma.

A deformabilidade dos elementos de concreto armado pode acabar causando problemas na alvenaria, já que esse tipo de fenômeno gera movimentações nas vigas, lajes e pilares, e essas movimentações não podem ser acompanhadas pela alvenaria, devido à sua maior rigidez quando comparada com a da estrutura. Com isso, tensões de tração, compressão e cisalhamento são aplicadas às paredes, podendo provocar fissurações (Duarte, 1998). O elemento construtivo de maior propensão de ser atingido pela flexão de lajes e vigas é a alvenaria. Segundo Figur e Furlan (2018) fissuras nas aberturas de portas e janelas apresentam-se de forma inclinada nos vértices dos vãos. Na Figura 5 é apresentada uma fenda sobre a abertura de porta.

Figura 5 – Fenda sobre abertura de porta –2º pavimento do Edifício 2



Fonte: autoria própria (2019).

5.4.2 Fissuras verticais existentes entre pilar e alvenaria

O encontro entre a alvenaria de vedação e a estrutura de concreto do pilar é uma região

onde podem acontecer fissuras. Segundo Thomaz (1989) quando ocorrem deformações do elemento de concreto incompatíveis com a capacidade de movimentação da alvenaria, é necessário tomar algumas medidas preventivas a fim de evitar a fissuração da parede. Isso acontece, pois, a estrutura pode transmitir os esforços aos quais está submetida para a alvenaria e, também, pela retração da argamassa quando está seca, além de movimentações térmicas dos produtos utilizados.

Já de acordo com Medeiros e Franco (1999) a forma como é realizada a execução das alvenarias apresenta diversas falhas em relação a detalhes construtivos, como por exemplo, falta de ancoragem entre pilar e o elemento de vedação, que gera fissuras entre os componentes citados. Tal problema poderia ser evitado através da utilização de ferros cabelos (fios de aço para concreto armado com espessura que varia de 4 a 6 mm) no momento da execução da ancoragem pilar/alvenaria, pois assim seria possível promover a aderência entre os elementos construtivos.

Logo, a principal causa do presente problema está diretamente relacionada com a ausência do detalhe construtivo necessário para se ter uma ligação correta entre pilar e alvenaria, onde tais movimentações diferenciais entre eles seriam combatidas. Nesse estudo de caso, foram avistadas fissuras em praticamente todos os encontros de alvenaria aparente e pilar, como se pode ver na Figura 6.

Figura 6 – Trinca entre alvenaria aparente e pilar - 3º Pavimento do Edifício 2



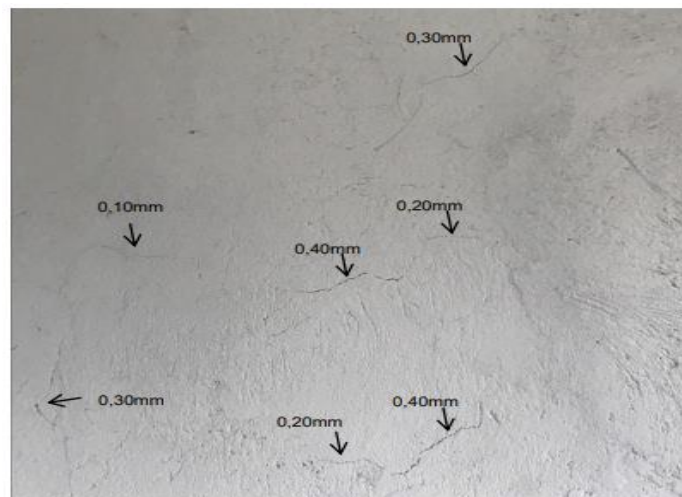
Fonte: Autoria própria (2019).

5.4.3 Fissuras mapeadas

Foram encontradas diversas fissuras em variados locais do campus da universidade,

sendo possível identificar esse tipo de manifestação patológica na alvenaria da biblioteca, nas paredes externas ao redor da faculdade e também no banheiro masculino, como evidencia a Figura 7. É um tipo de problema que geralmente é causado por retração de produtos à base de cimento, como por exemplo, da argamassa de revestimento e assentamento utilizada na construção, e que conforme Farias, Andrade, Souza e Capraro (2017) apesar de afetar esteticamente o local, trata-se de uma manifestação patológica que não indica problemas estruturais. Esse fenômeno geralmente ocorre devido a um traço com dosagem incorreta, onde há excesso de água na mistura. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**7 é um caso clássico da construção civil, são as fissuras provenientes do revestimento de reboco. Ou seja, fruto da retração da argamassa com muitos finos ou ainda com excesso de cimento, tornando o reboco muito rígido.

Figura 7 – Fissuras na argamassa de revestimento –3º pavimento do Bloco 2



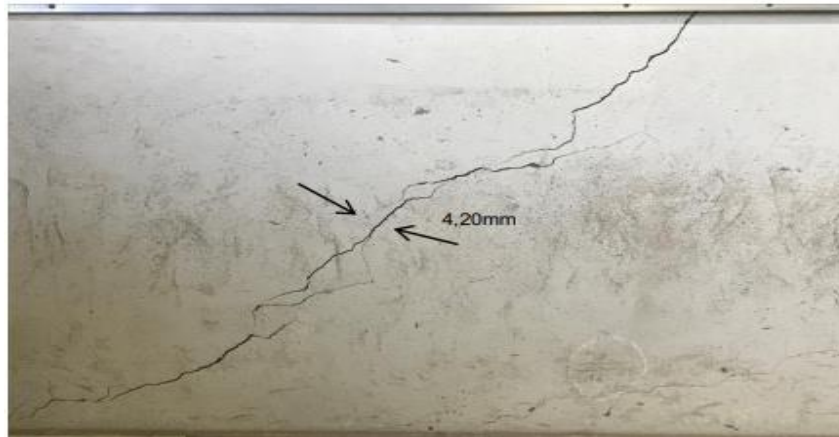
Fonte: Autoria própria (2019).

5.4.4 Fissuras transversais

São aberturas de incidência em algumas das salas do local, principalmente no 2º andar do Edifício 2, onde foi possível detectar fissuras de maior abertura que foram classificadas como trincas e rachaduras, como exemplificado pela Figura 8. Esse tipo de manifestação patológica pode ocorrer por recalque na fundação e também devido à deformabilidade excessiva das estruturas de concreto armado. Apesar da causa mais usual para o problema em questão estar relacionada às fundações, o caso estudado apresentou evidências de que a real causa para as fissuras transversais se dá pela deformabilidade da estrutura. De acordo com Duarte (1998), as fissurações advindas de recalques de fundações possuem a tendência de se encontrarem no pavimento térreo da edificação, problema este que não foi constatado no local estudado. Além disso, Thomaz (1989) ainda acrescenta que fissuras transversais com causas ligadas às

fundações apresentam esmagamentos localizados em formas de escamas, característica não observada nas manifestações patológicas do campus.

Figura 8 – Rachadura transversal



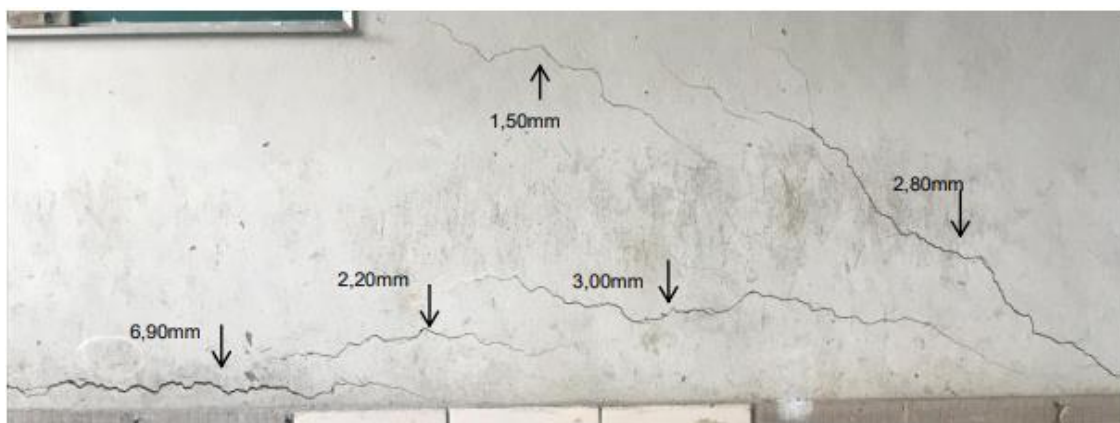
Fonte: Autoria própria (2019).

5.4.5 Fissuras horizontais na base da alvenaria

Na Figura 9, mostram-se fissuras horizontais na base da alvenaria, oriundas da deformabilidade excessiva da estrutura de concreto armado (flecha), que introduz tensões no painel da alvenaria, gerando fissuração. Segundo Thomaz (1989) vigas e lajes naturalmente sofrem deformações por ação de seus pesos próprios, das cargas permanentes e variáveis nos elementos e até devido ao efeito da retração e deformação lenta do concreto. Esses componentes estruturais admitem flechas que podem não prejudicar em nada a resistência e estabilidade da construção, ou até sua própria estética. No entanto, muitas vezes as flechas não são compatíveis com a deformabilidade das paredes e outros elementos que compõem as construções.

Em casos como o estudado, em que o comprimento da alvenaria é maior que a sua altura, ocorre o efeito do arco, provocando fissuras horizontais nos vértices inferiores da parede. Tal manifestação patológica apresentou espessura superior a 5 mm, sendo classificada como fenda.

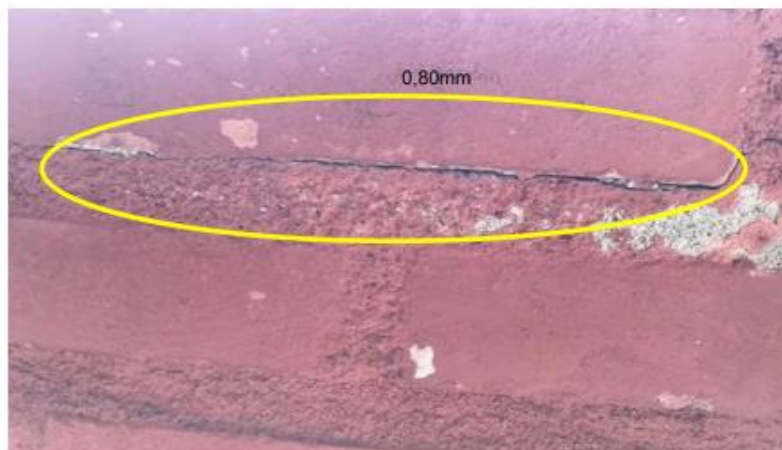
Figura 9 – Fissuras na parede de vedação por deformação excessiva do suporte



5.4.6 Fissuras na alvenaria aparente

No caso da alvenaria aparente do estudo de caso, foi possível diagnosticar duas causas para as fissuras observadas: movimentação higroscópica e movimentação térmica. Em algumas paredes foi detectado o destacamento entre a argamassa de assentamento e os componentes da alvenaria, provocado pela perda ou ganho de água do material até que o mesmo atinja o equilíbrio higroscópico (Valle, 2008). Como pode ser visto na Figura 10.

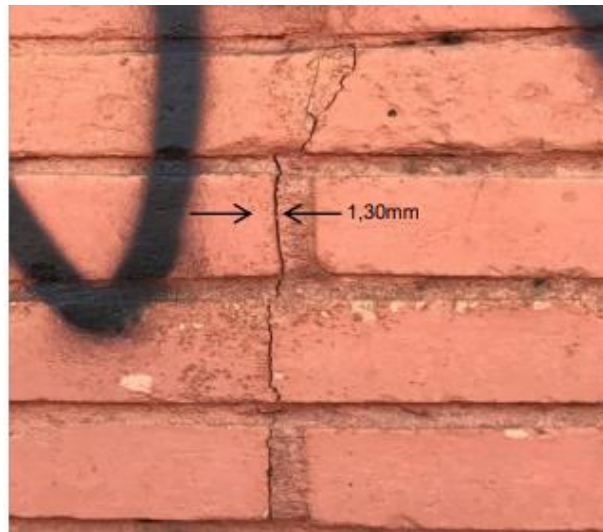
Figura 10 – Trinca na alvenaria aparente devido à movimentação higroscópica



Fonte: Autoria própria (2019).

Já as manifestações patológicas causadas pela ação da variação térmica diária se localizam em locais que recebem insolação constante, como paredes externas, e surgem devido a movimentações diferenciais de um elemento, de um sistema e entre as diferentes regiões do mesmo material (Casado, 1997). Elementos sujeitos a esse tipo de ação da mudança da temperatura reagem sofrendo alteração em suas dimensões, seja por dilatação ou por contração, gerando problemas como demonstra a Figura 11.

Figura 11 – Trinca na alvenaria aparente devido à movimentação térmica



Fonte: Autoria própria (2019).

Tal configuração para a manifestação patológica acima também poderia indicar um caso de fissuração devido à atuação de sobrecargas na alvenaria. Segundo Thomaz (1989) apesar de muitas vezes o efeito da sobrecarga ser considerado no projeto, os erros de execução e o próprio cálculo do esforço estrutural podem comprometer a peça, gerando aberturas verticais na alvenaria de vedação, causadas por atuação de carga vertical uniformemente distribuída.

No entanto, conforme a Figura 11, não há elementos na alvenaria de vedação estudada que indiquem a presença de sobrecarga. Além disso, Thomaz (1989) ainda acrescenta que em muros de elevada extensão é comum a presença de fissuras verticais, com espessuras entre 2 a 3 mm, devido a movimentações térmicas, o que reitera a definição da real causa para o problema em questão, já que são condições de contorno compatíveis com a do local.

6. Medidas corretivas/preventivas para as fissuras apresentadas

As técnicas de recuperação da estrutura assim como para correção das fissuras nas paredes em alvenaria, foram estabelecidas considerando a configuração, espessura e mecanismo causador, de acordo com as orientações dos autores pesquisados, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Resumo das fissuras observadas na UEMG, suas características, mecanismo causador e formas de prevenção/correção.

Característica	Possíveis Mecanismos Causadores	Medidas Preventivas	Medidas Corretivas	Referências
----------------	---------------------------------	---------------------	--------------------	-------------

Fissuras nas aberturas de portas e janelas	<ul style="list-style-type: none"> • Concentrações de tensões nos vértices das aberturas; • Deformabilidade excessiva da estrutura de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação de vergas e contravergas; • Dimensionamento das vergas de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação com grampos de fixação; • Reforço com telas metálicas ou náilon. <ul style="list-style-type: none"> • Demolição da alvenaria no entorno da abertura e execução de vergas e/ou contravergas 	Souza & Ripper (1998), NBR 6118 (ABNT, 2014), Zanzarini (2016).
Fissuras verticais existentes entre pilar e alvenaria	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentação térmica; • Movimentação higroscópica; • Retração dos produtos a base de cimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Encunhamento com argamassa expansiva quando a estrutura é pouco deformável; • Utilização de tela de amarração entre pilar/alvenaria; <ul style="list-style-type: none"> • Fixação de tela metálica ou náilon na interface pilar/alvenaria no momento do emboço. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reexecução do emboço com reforço de tela metálica ou náilon na interface pilar/alvenaria; • Aplicação de selante flexível no encontro pilar/alvenaria; • Restauração com pintura acrílica. 	Thomaz (1989), Souza & Ripper (1998), Zanzarini (2016).
Fissuras mapeadas	<ul style="list-style-type: none"> • Retração dos produtos a base de cimento; • Agregado miúdo com alto teor de material pulverulento; • Alta relação A/C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Traço correto da argamassa de revestimento, comumente utilizado: 1:1:6, 1:2:9 e 1:3:12; • Argamassa de revestimento com espessura entre de 1cm e 2 cm; • Agregado miúdo com baixo teor de material pulverulento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Substituição da argamassa de revestimento; • Restauração com massa acrílica pintura acrílica. • Aplicação de Tela de Poliéster. 	Thomaz (1989), Souza & Ripper (1998), Zanzarini (2016).
Fissuras horizontais na base da alvenaria	<ul style="list-style-type: none"> • Deformabilidade excessiva da estrutura de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar contra-flechas em lajes e vigas; • Execução do encunhamento entre alvenaria e estrutura de forma alternada entre os pavimentos; • Verificação das flechas máximas de acordo com os limites normativos; • Encunhamento com argamassa expansiva quando a estrutura é pouco deformável e selante quando muito deformável. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desvinculação entre a alvenaria e a estrutura; • Introdução do material deformável (poliuretano expandido, feltro betumado, poliestireno expandido, selante); • Recuperação das fissuras com aplicação de argamassa expansiva. 	Thomaz (1989), Casotti (2007), NBR 6118 (ABNT, 2014), Zanzarini (2016).
Fissuras transversais	<ul style="list-style-type: none"> • Recalque diferencial e/ou • Deformabilidade excessiva da estrutura de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigação geotécnica adequada; • Testes de carga em estacas; • Verificação das flechas máximas de acordo com os limites normativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reforço de fundação e estrutural; • Reforço de tela (aço, poliéster e fibra de vidro) nas proximidades da interface alvenaria/estrutura; • Recuperação das fissuras com aplicação de argamassa expansiva. 	Thomaz (1989), Casotti (2007), NBR 6118 (ABNT, 2014), Zanzarini (2016).

Fissuras em alvenaria aparente	<ul style="list-style-type: none">• Movimentação térmica;• Movimentação higroscópica.	<ul style="list-style-type: none">• Redução da incidência de insolação direta sobre a alvenaria;• Aplicar sistema de impermeabilização;• Aplicação correta da argamassa de assentamento;• Aplicação de tinta acrílica impermeável.	<ul style="list-style-type: none">• Recuperação com bandagem de dessolidarização;• Preenchimento com selante flexível;• Introdução de juntas de controle.• Aplicação de tinta acrílica impermeável.	<ul style="list-style-type: none">• Thomaz (1989), Casotti (2007),• NBR ABNT 9575/2010;• Zanzarini (2016).
--------------------------------	--	---	--	--

Fonte: Autoria própria (2019).

As técnicas de recuperação e correção das fissuras foram estabelecidas considerando a configuração, espessura e atividade das mesmas, de acordo com as orientações dos autores e normas pesquisadas. A partir da Tabela 3, pode-se observar que várias medidas corretivas são exatamente as medidas preventivas. Porém esta medida, sendo realizada após a conclusão da edificação, acaba sendo muito mais onerosa, quando comparado ao custo na fase de execução. Este fato se dá, devido a necessidade de mobilização de equipamentos e mão de obra, custo de demolição, entre outros. Além disso, pode-se notar que nem sempre a qualidade da medida corretiva é a mesma da medida preventiva, pois nem sempre as condições do meio permitem a realização de todas as medidas necessárias para mitigar os problemas patológicos e muitas vezes elas não conseguem satisfazer o nível de desempenho esperado. Assim sendo, pode-se afirmar que o melhor método é adotar parâmetros de prevenção e não correção.

7. Considerações finais

A exigência por qualidade no ramo da construção civil tem se mostrado um fator cada vez mais presente na engenharia. De tal forma, problemas patológicos que prejudicam a obra em serviço, como as fissuras, passaram a receber maior atenção e conseqüentemente surgiu o interesse em prevenir e solucionar essas complicações.

O Campus da UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade João Monlevade apresenta um índice extremamente elevado de tais anomalias, que se apresentam em quantidade muito superior no segundo edifício da instituição. Tal fator é um sinal de alerta para com os sistemas atuais aplicados nas obras brasileiras, que estão cada vez mais deformáveis, muito disso por conta dos grandes vãos livres executados.

Como efeito de comparação, apesar do problema se apresentar em toda a unidade, o Edifício 2, construído mais recentemente, é responsável por cerca de 80% de todas as fissuras presentes na universidade, devido à flexibilidade das lajes nervuradas do local, que são um tipo de laje diferente da executada no prédio mais antigo. Além disso, 13 das 14 rachaduras e as duas únicas fendas detectadas se encontram na construção de 2007.

Logo, deve-se ter extremo cuidado e atenção com a forma atual de se projetar no Brasil, pois apesar das vantagens trazidas pela modernização estrutural, a elevada deformabilidade pode gerar problemas patológicos, como por exemplo, os estudados nesse artigo. Mostrando assim a importância de verificar a deformabilidade dos elementos de concreto armado, como também suas flechas. As movimentações dos elementos de concreto armado do prédio mais novo da UEMG não só geraram a maioria das fissuras da Unidade, como foram responsáveis pelas aberturas de maior extensão na alvenaria de vedação, e, conseqüentemente, maior gravidade, já que representam elevado risco no cumprimento de suas funções em serviço, como isolamento térmico e acústico.

As limitações desse estudo ocorrem em propor efetivamente medidas corretivas para as fissuras causadas pela deformabilidade excessiva das lajes nervuradas do Edifício 2. Tais manifestações patológicas demandam correções onerosas e que geralmente consomem muito tempo. Ou seja, além do custo, as ações de correção acarretariam na inutilização das salas de aula a serem tratadas, sendo um problema que também dificulta a tomada de ação.

A fim de desenvolver medidas mais plausíveis, pesquisas futuras poderiam ser feitas com o objetivo de encontrar formas mais viáveis de tratamento, tanto em custo quanto em tempo, além de ações preventivas mais eficazes que fossem aplicadas antes mesmo da manifestação patológica surgir no local.

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e Projeto. Rio de Janeiro, 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

Casado, A. (1997). Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: Avaliação da capacidade de deformação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Casotti, D. E. (2007). Causas e recuperação de fissuras em alvenaria. Trabalho final de curso (Graduação em Engenharia Civil). USF – Universidade São Francisco. Itatiba.

Costella, M.F., Pilz, S.E., Pavan, R.C., Motta, B.B. & Souza, N.S. (2015). Determinação da Tensão de Ruptura de Materiais Utilizados na Recuperação de Fissuras em Parede de Alvenaria de Vedação. Universidade Comunitária da Região de Chapecó and Faculdade Meridional IMED · Mestrado em Tecnologia e Gestão da Inovação e Projeto de Mestrado em Engenharia Civil

Duarte, R.B. (1998). Boletim Técnico: Fissuras em Alvenarias: Causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre, CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia.

Figur, N.E. & Furlan, G.C. (2018). Manifestações Patológicas e Imperfeições Construtivas: Estudo de Caso em Obra Publica na Cidade de Toledo – PR. 3º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções.

Flores, K.B. (2018). Alvenaria Convencional x Alvenaria Estrutural: Vantagens e Desvantagens. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Cuiabá.

Helene, P.R.L.(1992). Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2. Ed. São Paulo: PINI.

Farias, L.E.A., Andrade, M.A., Souza, W.A. & Capraro, A.P.B. (2017). Análise de Causas e Custos para Recuperação de Fissuras em uma Fachada de um Condomínio de Pequena Idade. Faculdade Educacional Araucária. Curitiba – PR.

Magalhães, E.F. (2004). Fissuras em alvenarias: Configurações típicas e levantamento de incidências no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Medeiros, J.S., & Franco, L.S. (1999). Prevenção de trincas em alvenaria através do emprego de telas soldadas como armadura e ancoragem. São Paulo. Texto Técnico – Escola Politécnica da USP.

Oliveira, A.M. (2012). Fissuras e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações. Belo Horizonte: Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais.

Souza, V. C & Ripper, T (1998). Patologia, Recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1ª ed. São Paulo, Pini.

Taguchi, M.K.(2010). Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Thomaz, E. (1989). Trincas em edifícios: Causas, prevenção e recuperação. 1ª ed. São Paulo, Pini.

Valle, J.B.S (2008). Patologia das alvenarias. Monografia (Especialização em Tecnologia da Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Zanzarini, J.C.(2016). Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural – Estudo de caso. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Gustavo Martis Valamiel de Oliveira – 25%

Pedro Henrique Araújo Caldeira – 25%

Ladir Antônio da Silva Junior – 25%

Andiara de Carvalho Viera – 25%