

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS GOIÂNIA

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA ÁREA III

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Matheus Henrique de Moraes Mendes

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ALVENARIAS DE
VEDAÇÃO COM BLOCOS CERÂMICOS**

Goiânia, GO

2022

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Matheus Henrique de Moraes Mendes

Matrícula: 20151011050179

Título do Trabalho: Manifestações Patológicas nas Alvenarias de Vedação com Blocos Cerâmicos

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

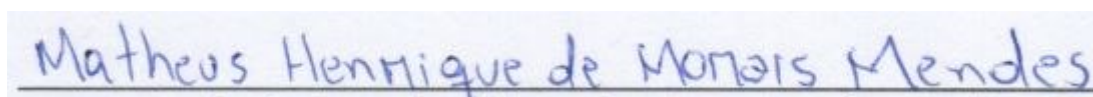
- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 22 de Dezembro de 2022.



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Matheus Henrique de Moraes Mendes

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ALVENARIAS DE
VEDAÇÃO COM BLOCOS CERÂMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Glydson Ribeiro Antonelli

Goiânia, GO
2022

M5226m Mendes, Matheus Henrique de Moraes.

Manifestações patológicas nas alvenarias de vedação com blocos cerâmicos / Matheus Henrique de Moraes Mendes. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2022.
64 f.: il.

Orientador: Prof. Me. Glydson Ribeiro Antonelli

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Engenharia Civil, Departamento de Áreas Acadêmicas III, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

1. Alvenaria de vedação. 2. Bloco cerâmico. 3. Construção - patologias. I. Antonelli, Glydson Ribeiro (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. III. Título.

CDD 691.4

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

Matheus Henrique de Moraes Mendes

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ALVENARIAS DE VEDAÇÃO COM BLOCOS
CERÂMICOS**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como
parte dos requisitos necessários para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.**

Aprovado em 22 de Dezembro de 2022:

Glydson Ribeiro Antonelli, Me. (IFG)
(Orientador)
(Assinado eletronicamente)

Claudio Marra Alves, Me. (IFG)
(Assinado eletronicamente)

Marcus Vinícius Araújo da Silva Mendes, Dr. (IFG)
(Assinado eletronicamente)

Goiânia, GO
2022

Documento assinado eletronicamente por:

- Claudio Marra Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/01/2023 14:35:58.
- Glydson Ribeiro Antonelli, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/12/2022 10:45:35.
- Marcus Vinicius Araujo da Silva Mendes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/12/2022 10:23:19.
- Matilde Batista Melo, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - GYN-CCBEC, em 22/12/2022 10:21:48.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 359626
Código de Autenticação: 4bdd9df078



RESUMO

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ALVENARIAS DE VEDAÇÃO COM BLOCOS CERÂMICOS

AUTOR: Matheus Henrique de Moraes Mendes

ORIENTADOR: Glydson Ribeiro Antonelli

A alvenaria é um dos meios de construção mais antigo a ser utilizado, sendo definida como um conjunto de elementos (tijolos, blocos, pedras), podendo ser unidas por material ligante ou não, sendo uma das suas finalidades a compartimentação de ambientes. Com o passar dos anos é possível perceber o surgimento de anomalias nas alvenarias, o que acaba impactando em seu devido funcionamento. Essas anomalias podem se manifestar na edificação devido a falhas no projeto, na execução, no uso ou na falta de manutenção. Essas patologias acabam se manifestando nas alvenarias como: fissuras, manchas, destacamento, eflorescência e outros. O presente estudo buscou realizar uma revisão bibliográfica acerca das principais manifestações patológicas nas alvenarias de vedação com bloco cerâmico. A principal manifestação buscada nesse trabalho foram as fissuras, uma vez que ela é a principal manifestação que ocorre nas alvenarias. Os métodos investigativos utilizados na pesquisa foram: método de Lichtenstein (1986) e o método GDE/UNB. Com o desenvolvimento do presente trabalho espera-se que possa agregar na aplicação dos métodos investigativos em futuros estudos de caso, estabelecendo um comparativo entre eles.

Palavras-chave: Alvenaria de vedação. Bloco cerâmico. Manifestações patológicas.

ABSTRACT

PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN CERAMIC BLOCK MASONRY

AUTHOR: Matheus Henrique de Moraes Mendes

ADVISOR: Glydson Ribeiro Antonelli

Masonry is one of the oldest means of construction in use, being defined as a set of elements (bricks, blocks, stones), which can be joined by binding material or not, and one of its purposes is the compartmentalization of environments. Over the years it is possible to notice the appearance of anomalies in the masonry, which ends up impacting its proper functioning. These anomalies can manifest themselves in the building due to flaws in the project, in the execution, in the use, or in the lack of maintenance. These pathologies end up manifesting themselves in the masonry as: cracks, stains, detachment, efflorescence, and others. The present study sought to conduct a literature review of the main pathological manifestations in ceramic block masonry walls. The main manifestation sought in this work were the cracks, since they are the main manifestation that occurs in masonry. The investigative methods used in the research were: Lichtenstein's method (1986) and the GDE/UNB method. With the development of this work, it is expected that it will be able to aggregate the application of the investigative methods in future case studies, establishing a comparison between them.

Keywords: Masonry. Block ceramic. Pathological manifestations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lei de Sitter: Evolução de Custos	14
Figura 2 – Encunhamento por cunhas de concreto pré-fabricadas.....	18
Figura 3 – Encunhamento por tijolos cerâmicos maciços inclinados.....	19
Figura 4– Encunhamento por argamassa específica.....	20
Figura 5 – Blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal.....	20
Figura 6 – Blocos cerâmicos de vedação com furos na vertical	21
Figura 7– Empilhamento de blocos cerâmicos com amarração entre eles	24
Figura 8 – Origem das manifestações patológicas com relação às etapas do processo de construção.....	28
Figura 9 – Fissura desenvolvida pela argamassa.....	31
Figura 10 – Fissura desenvolvida na vertical	32
Figura 11 – Fissura desenvolvida predominante na vertical	33
Figura 12 – Fissura desenvolvida predominante na diagonal.....	34
Figura 13 – Fissura desenvolvida predominante na diagonal.....	35
Figura 14 – Fissura desenvolvida predominante na diagonal e na horizontal, na região inferior	36
Figura 15 – Fissura desenvolvida predominante na região superior	37
Figura 16 – Fissura desenvolvida predominante na diagonal.....	37
Figura 17 – Fissura desenvolvida predominante na diagonal.....	39
Figura 18 – Fissura desenvolvida predominante nas bordas	40
Figura 19 – Fissura vertical por movimentação térmica da laje.....	41
Figura 20 – Fissura na alvenaria aparente devido à movimentação térmica	42
Figura 21 – Fissura horizontal na interface entre laje e parede por movimentação térmica da laje	43
Figura 22 – Fissura horizontal com componentes inclinados (escamas) por movimentação térmica da laje.....	43
Figura 23 – Fissura horizontal na parede da fachada por movimentação térmica da laje	43
Figura 24 – Fissuras horizontais por expansão da argamassa causada por reações químicas..	44
Figura 25 – Fissuras horizontais nas juntas de argamassa causadas por reações químicas.....	44
Figura 26 – Fissuras verticais em parede de alvenaria por dilatação de tesouras de madeira..	45
Figura 27 – Eflorescência em alvenarias expostas	48
Figura 28 – Método de Lichtenstein.....	51

Figura 29 – Fluxograma da metodologia GDE/UnB.....	53
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação	22
Tabela 2 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação (continuação)	22
Tabela 3 – Características exigidas para os blocos cerâmicos de vedação	23
Tabela 4 – Vida Útil de Projeto (VUP)	25
Tabela 5 – Exemplos de VUP	26
Tabela 6 – Família de elemento estrutural, dano e fator de ponderação (Fp) em lajes	54
Tabela 7 – Família de elemento estrutural, dano e fator de ponderação (Fp) em escada/rampa	55
Tabela 8 – Família de elemento estrutural, dano e fator de ponderação (Fp) em vigas	55
Tabela 9 – Família de elemento estrutural, dano e fator de ponderação (Fp) em pilares	56
Tabela 10 – Família de elemento estrutural, dano e fator de ponderação (Fp) em elementos de composição arquitetônica	56
Tabela 11 – Fator de intensidade do dano (Fi) x Problema patológica	57
Tabela 12 – Fator de intensidade do dano (Fi) x Problema patológica (continuação)	58
Tabela 13 – Classificação de lesões de determinado elemento	58
Tabela 14 – Classificação dos níveis de deterioração do elemento e recomendações em função do valor de Gde	59
Tabela 15 – Fatores de relevância estrutural	60
Tabela 16 – Classificação dos níveis de deterioração do elemento e recomendações em função do valor de Gd	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>13</i>
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	<i>13</i>
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	BREVE HISTÓRICO DA ALVENARIA.....	15
2.2	ALVENARIA: DEFINIÇÕES	15
2.3	ALVENARIA DE VEDAÇÃO	16
2.4	BLOCOS CERÂMICOS.....	20
2.5	PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS GENERALIDADES	24
2.5.1	<i>Vida útil</i>	<i>24</i>
2.5.2	<i>Durabilidade</i>	<i>26</i>
2.5.3	<i>Desempenho</i>	<i>26</i>
2.5.4	<i>Manutenção.....</i>	<i>27</i>
2.5.5	<i>Inspeção.....</i>	<i>27</i>
2.5.6	<i>Origens das manifestações patológicas.....</i>	<i>27</i>
2.5.7	<i>Causas das manifestações patológicas.....</i>	<i>28</i>
3	METODOLOGIA	30
4	RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS	31
4.1	PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ALVENARIAS DE VEDAÇÃO COMBLOCO CERÂMICO	31
4.1.1	<i>Fissuras.....</i>	<i>31</i>
4.1.1.1	Fissura vertical.....	31
4.1.1.2	Fissuras em trecho contínuo de alvenaria pela atuação decarga vertical uniformemente distribuída ...	33
4.1.1.3	Fissuras em trecho de alvenaria com abertura pela atuação decarga vertical uniformemente distribuída	34
4.1.1.4	Fissuras em trecho de alvenaria com deformação dos componentes estruturais	35
4.1.1.5	Fissuras em trecho de alvenaria por recalques diferenciados das fundações	39
4.1.1.6	Destacamento de trecho de alvenaria por movimentações higrotérmicas diferenciadas	40
4.1.1.7	Fissuras verticais por movimentação térmica da laje	41
4.1.1.8	Fissuras horizontais por movimentação térmica da laje.....	42
4.1.1.9	Fissura horizontal por expansão da argamassa.....	43
4.1.1.10	Fissura por ancoragem de elementos construtivos	44
4.1.2	<i>Umidade.....</i>	<i>45</i>
4.1.3	<i>Eflorescência.....</i>	<i>46</i>
4.2	MÉTODO DE LICHTENSTEIN.....	48
4.2.1	<i>Levantamento de subsídios</i>	<i>48</i>

4.2.2	<i>Diagnóstico</i>	49
4.2.3	<i>Definição de conduta</i>	50
4.3	MÉTODO GDE/UNB	51
4.3.1	<i>Divisão em famílias de elementos típicos</i>	53
4.3.2	<i>Fator de Ponderação (Fp)</i>	54
4.3.3	<i>Fator de intensidade (Fi)</i>	56
4.3.4	<i>Grau de Dano (D)</i>	58
4.3.5	<i>Grau de deterioração de um elemento (Gde)</i>	59
4.3.6	<i>Grau de deterioração da família de elemento (Gdf)</i>	60
4.3.7	<i>Fator de relevância estrutural (Fr)</i>	60
4.3.8	<i>Grau de deterioração da estrutura (Gd)</i>	61
5	CONCLUSÃO	62
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1 INTRODUÇÃO

Segundo Caporrino (2018), alvenaria é o sistema de construção mais difundido no Brasil e no mundo com a finalidade de separar ambientes internos e externos. A vasta utilização desta solução construtiva é atribuída principalmente ao baixo custo e à facilidade de execução quando comparada com outros sistemas. Caporrino ainda define alvenaria como sendo conjuntos compostos de unidades menores, podendo ou não ser unida por material ligante, justapostas em camadas horizontais que se sobrepõem umas às outras.

Atualmente os tipos de alvenarias mais utilizadas são: de embasamento, estrutural e de vedação.

A alvenaria de vedação também pode ser chamada de convencional, a qual tem como função a separação de ambientes e como o nome diz a vedação. Em sua construção, utilizam-se estruturas como pilares e vigas de concreto armado ou estrutura metálica para a sustentação do edifício.

Na alvenaria de vedação, as opções e possibilidades para sua estética são maiores em relação à estrutural, pelo fato de se utilizar vigas e pilares para a sustentação da estrutura. Na alvenaria estrutural as paredes não podem ser removidas uma vez que as paredes tem função estrutural, seria como se fosse retirado um pilar de um sistema de construção tradicional.

No entanto, uma grande desvantagem dela é que lhe falta uma mão de obra qualificada para o serviço e, qualquer descuido ocorrido na obra gera problemas sérios na construção, como por exemplo, paredes fora de prumo, nível e esquadro, isso pode aumentar o volume de resíduos gerado na obra.

Sendo assim a NBR 15575-2021 define patologia das construções como sendo as irregularidades que se manifestam no edifício em função de falhas no projeto, na execução, no uso ou na falta de manutenção. A patologia representa os danos que sucederam nas edificações. Essas patologias podem se manifestar nas alvenarias como: fissuras; eflorescências e outros.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica acerca das principais manifestações patológicas recorrentes nas alvenarias de vedação.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Realizar um levantamento das manifestações patológicas nas alvenarias de vedação;
- Apresentar dois métodos para investigação das manifestações patológicas;
- Propor técnicas de reparos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Um dos setores que mais impactam no desenvolvimento do país é o da construção civil, ou seja, colabora para o crescimento do país e atinge diretamente o PIB (Produto Interno Bruto). O setor da construção civil também gera muitos empregos em todos os estados do Brasil.

Para que tudo isso se fortifique cada vez mais é necessário soluções inteligentes para preservar as construções por mais tempo. De forma que reparos e reformas que geram grandes custos, impacto no meio ambiente, tempo e transtornos com obras sejam evitadas por longo prazo e permaneçam os detalhes da aparência e valorização da construção.

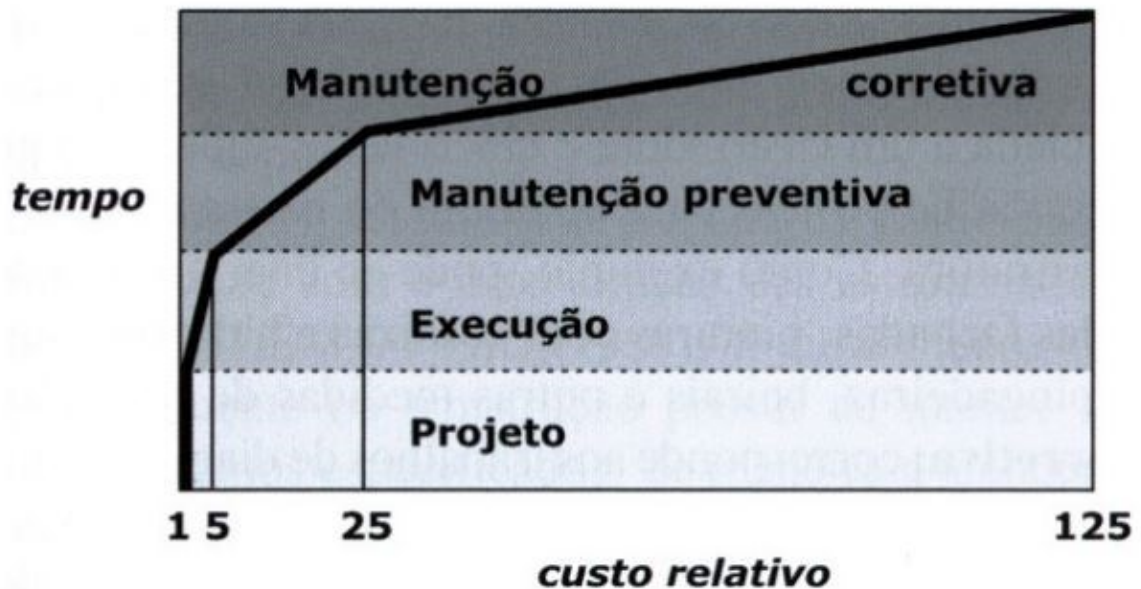
Portanto para que isso ocorra de fato é preciso estar atento durante a execução da alvenaria, desde o deslocamento dos blocos da fábrica até a obra, como no descarregamento (que ela seja descarregada corretamente e em local apropriado) e, sobretudo, que a mão de obra que vá executá-la seja de qualidade minimizando assim futuros contratemplos.

Contudo, as manifestações patológicas nas alvenarias afetam a sua eficiência, prejudicando tanto a estética quanto o desempenho da edificação, causando assim mais reformas e reparos que exigem cada vez mais gastos e resíduos.

Na Lei de Sitter (ver figura 1) é possível constatar que o custo da edificação tende a crescer inicialmente pela falta de um bom projeto e de uma boa e qualificada equipe de

execução. Não se tendo um bom projeto e uma boa execução será preciso realizar manutenções na edificação para fazer as devidas correções e com isso vemos o custo subir ainda mais, principalmente se o problema já tiver se instalado na edificação.

Figura 1 – Lei de Sitter: Evolução de Custos



Fonte: Vitório (2005)

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é constituído de cinco capítulos, que são organizados da seguinte maneira:

- Capítulo 1: apresenta uma introdução sobre o assunto, bem como os objetivos e as justificativas do trabalho;
- Capítulo 2: são abordados, na forma da revisão bibliográfica, assuntos sobre alvenaria em um todo;
- Capítulo 3: explica a metodologia estabelecida neste trabalho;
- Capítulo 4: aponta os resultados esperados para o trabalho;
- Capítulo 5: conclusões do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BREVE HISTÓRICO DA ALVENARIA

A alvenaria é um dos tipos de construções mais antigas da história, tendo o seu surgimento ocorrido entre 8.000 e 4.000 a.C. no Oriente Médio, na Mesopotâmia.

A descoberta do arco foi fundamental para o uso das alvenarias, o que possibilitou a criação de vãos com maiores dimensões com pequenas unidades empilhadas. Os aquedutos são exemplos de uso do efeito do arco, essas construções foram empregadas no transporte de água, por gravidade. Com a evolução do uso dos arcos, surgiram os arcos externos de contraventamento, observados, por exemplo, em igrejas góticas.

Em Chicago, na década de 1890, foi inaugurado o Monadnock, sendo ele o primeiro edifício moderno utilizando alvenaria estrutural. No Brasil, o primeiro registro de utilização dessa técnica de sistema construtivo se deu em 1966 no condomínio Central Parque da Lapa, possuindo um total de quatro pavimentos. Em 1972, quatro edifícios de 12 pavimentos cada foram construídos com o mesmo sistema.

2.2 ALVENARIA: DEFINIÇÕES

Antes de aprofundar no tema algumas definições são de extrema importância para dar prosseguimento. Uma delas é a definição de alvenaria. Caporrino (2018) define alvenaria como conjuntos compostos de unidades menores, podendo ou não ser unidas por material ligante, justapostas em camadas horizontais que se sobrepõem uma às outras. Outra definição de alvenaria é dada através de Moliterno (1995). Segundo este alvenaria é o conjunto de materiais pétreos, naturais ou artificiais, juntados por si por meio de argamassa.

Outro conceito que deve ser abordado é a diferença entre alvenaria não estrutural e alvenaria estrutural. Caporrino (2018) explica que as alvenarias não estruturais têm por finalidade compartimentar ambientes, devendo resistir a alguns fatores como ao seu peso próprio, às cargas de vento, a certo nível de impacto sem entrar em ruína e a ação do fogo. Já a alvenaria estrutural além de possuir as mesmas funções da alvenaria não estrutural também deve ter a função de suporte estrutural.

Os componentes utilizados para a construção de paredes de alvenaria são basicamente blocos ou tijolos.

Kazmierczak (1989) cita que para se verificar a qualidade de uma alvenaria é fundamental seguir os processos construtivos de cada um dos materiais empregados na execução da parede de alvenaria.

Segundo Sampaio (2019) as propriedades dos blocos de uma alvenaria podem variar. Ele explica que um dos fatores que pode gerar isso é o processo de fabricação que acaba gerando desvios nos resultados dos blocos. Alguns exemplos de componentes das alvenarias são: blocos de concreto, bloco cerâmico de vedação, bloco cerâmico estrutural, bloco cerâmico maciço. Neste trabalho o foco será direcionado ao bloco cerâmico de vedação.

2.3 ALVENARIA DE VEDAÇÃO

De acordo com Thomaz et al. (2009) alvenarias de vedação são paredes constituídas pelo assentamento de tijolos maciços ou blocos vazados com argamassa, com a função de suportar apenas seu peso próprio e cargas de ocupação de armários, prateleiras, redes de dormir, etc.

Para uma melhor execução da construção é importante se ter um projeto adequado e detalhado, evitando o surgimento de novas anomalias. Para evitar desperdícios relacionados com mão de obra, materiais, tempo e outros é preciso racionalizar o processo aplicando princípios de construtibilidade, desempenho e garantia de qualidade. Para isso Caporrino (2018) menciona que é necessário:

- Detalhamento de forma clara do projeto, para que não deixe dúvidas para a equipe de execução;
- Comunicação direta entre as áreas técnicas, sobretudo a executiva e projetista;
- Implantação de técnicas construtivas adequadas;
- Treinamento visando uma maior qualificação das equipes de execução e projeto;
- Fiscalização da qualidade;
- Verificação dos suprimentos;
- Fiscalização do gerenciamento de obra e projeto.

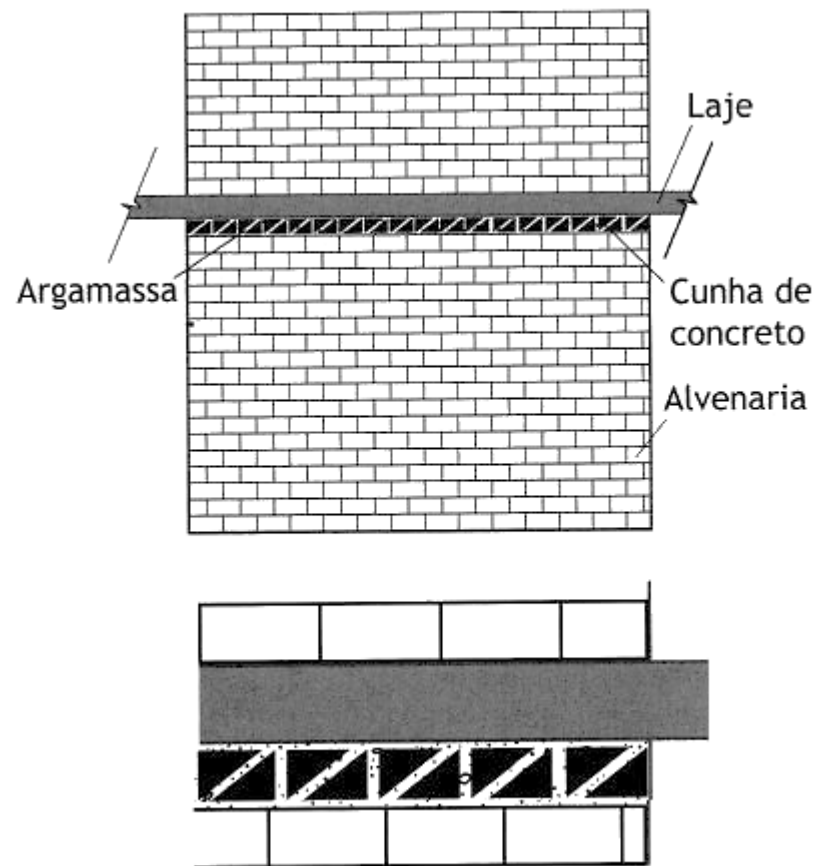
Os projetos de alvenaria de vedação devem ser concebidos mediante alguns parâmetros, sendo:

Vãos verticais e horizontais da estrutura com a modulação da alvenaria, evitando o corte dos blocos; modulação das alvenarias para aberturas de portas e janelas; posicionamento da instalação em função das características da alvenaria; especificação dos materiais necessários; memorial descritivo da construção; forma de locação das paredes; execução dos cantos; escoramentos provisórios; forma de fixação de marcos e contramarcos; necessidade de cintas ou pliaretes de reforço para paredes com grandes dimensões; e detalhes construtivos de ligações dos pilares. (CAPORRINO, 2018, p19)

Caporrino (2018) apresenta diretrizes para definição da sequência de execução de alvenaria que devem ser implantadas no projeto como:

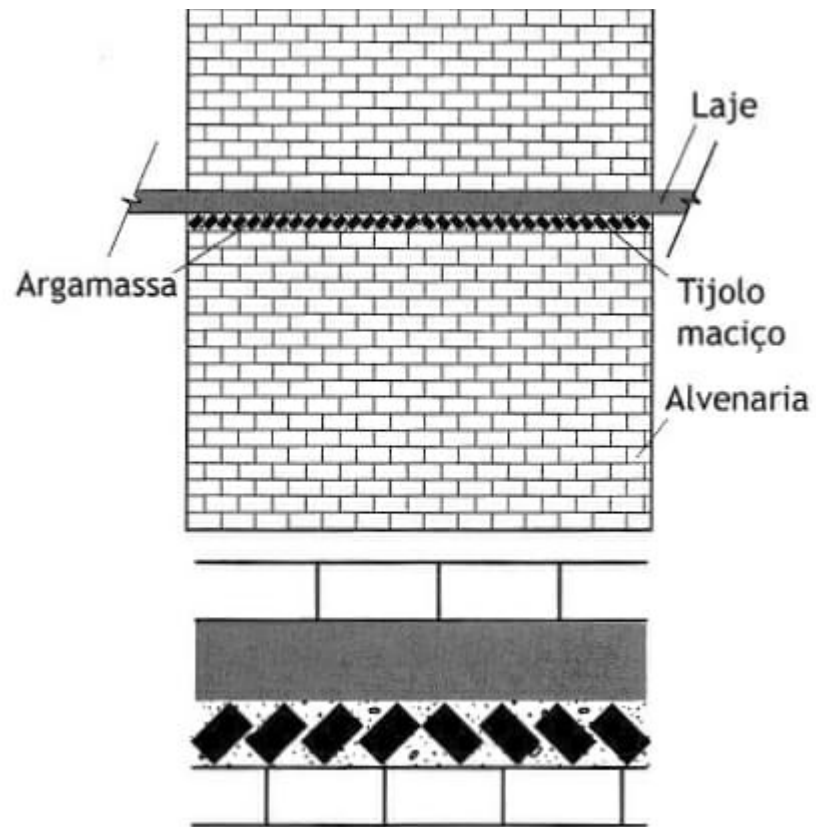
- Maior adiamento possível do início da elevação da alvenaria;
- Executar as alvenarias a partir de pavimentos superiores;
- Retardamento máximo para iniciar a fixação da estrutura;
- Aguardar 30 dias após a execução para realizar a fixação do topo da alvenaria do último pavimento;
- No encunhamento é recomendado utilizar cunhas de concreto pré-fabricadas (ver figura 2), tijolos cerâmicos maciços inclinados (ver figura 3) ou preenchimento com argamassa de encunhamento (ver figura 4).

Figura 2 – Encunhamento por cunhas de concreto pré-fabricadas



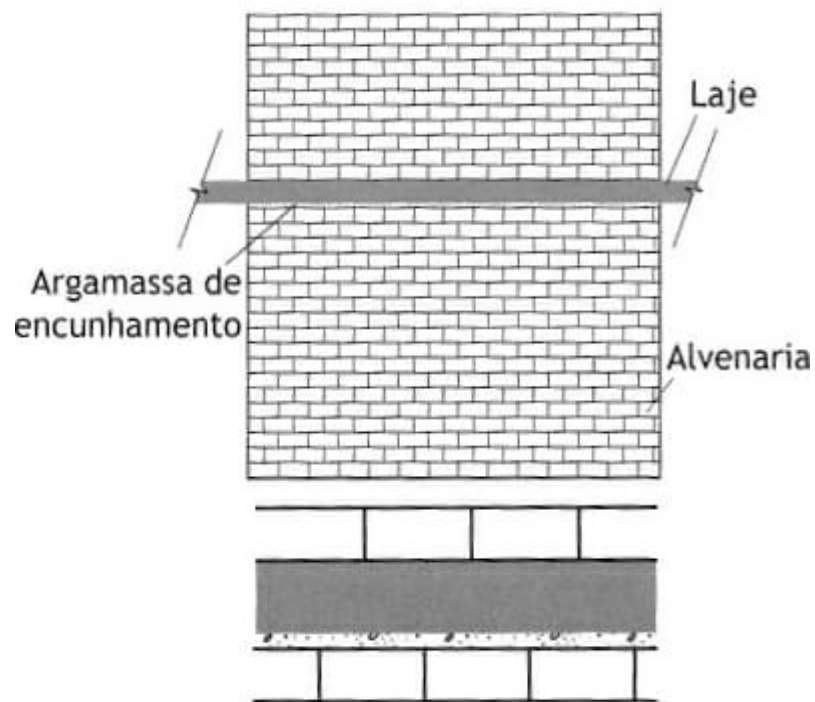
Fonte: Caporrino (2018)

Figura 3 – Encunhamento por tijolos cerâmicos maciços inclinados



Fonte: Caporrino (2018)

Figura 4– Encunhamento por argamassa específica



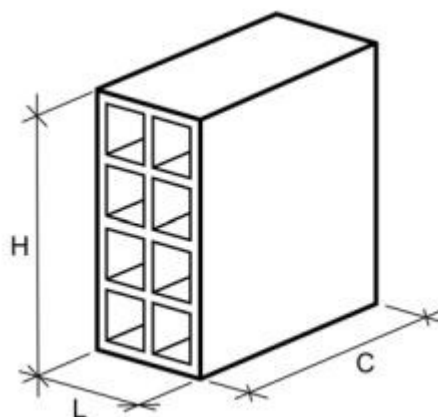
Fonte: Caporrino (2018)

2.4 BLOCOS CERÂMICOS

A NBR 15270-1/2005 define bloco cerâmico de vedação como componente da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm.

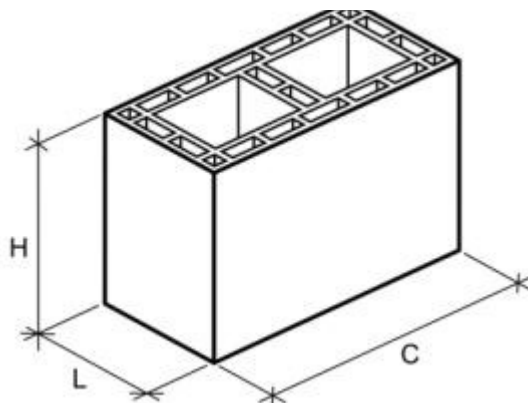
O bloco é produzido geralmente com os furos na horizontal (Figura 5), mas também pode ser produzido com furos na vertical como apontado na figura 6.

Figura 5 – Blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal



Fonte: NBR 15270-1 (2005)

Figura 6 – Blocos cerâmicos de vedação com furos na vertical



Fonte: NBR 15270-1 (2005)

Ainda segundo a norma, o bloco cerâmico de vedação deve ser fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, e queimado a elevadas temperaturas.

As dimensões de fabricação devem corresponder a múltiplos e submúltiplos do módulo dimensional $M = 10\text{cm}$ menos 1cm, conforme dimensões padronizadas indicadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação cm			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco principal	1/2 Bloco
(1) M x (1) M x (2) M	9	9	19	9
(1) M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (2) M		14	19	9
(1) M x (3/2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(1) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/4) M x (5/4) M x (5/2) M	11,5	11,5	24	11,5
(5/4) M x (3/2) M x (5/2) M		14	24	11,5
(5/4) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(5/4) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(5/4) M x (2) M x (3) M			29	14
(5/4) M x (2) M x (4) M			39	19

Fonte: NBR 15270-1 (2005)

Tabela 2 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação (continuação)

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação cm			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco principal	1/2 Bloco
(3/2) M x (2) M x (2) M	14	19	19	9
(3/2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(3/2) M x (2) M x (3) M			29	14
(3/2) M x (2) M x (4) M			39	19
(2) M x (2) M x (2) M	19	19	19	9
(2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(2) M x (2) M x (3) M			29	14
(2) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/2) M x (5/2) M x (5/2) M	24	24	24	11,5
(5/2) M x (5/2) M x (3) M			29	14
(5/2) M x (5/2) M x (4) M			39	19

NOTA Os blocos com largura de 6,5 cm e altura de 19 cm serão admitidos excepcionalmente, somente em funções secundárias (como em "shafts" ou pequenos enchimentos) e respaldados por projeto com identificação do responsável técnico

Fonte: NBR 15270-1 (2005)

As características que os blocos cerâmicos devem apresentar, segundo a NBR 15270-1, são mostradas de forma resumida na Tabela 3.

Tabela 3 – Características exigidas para os blocos cerâmicos de vedação

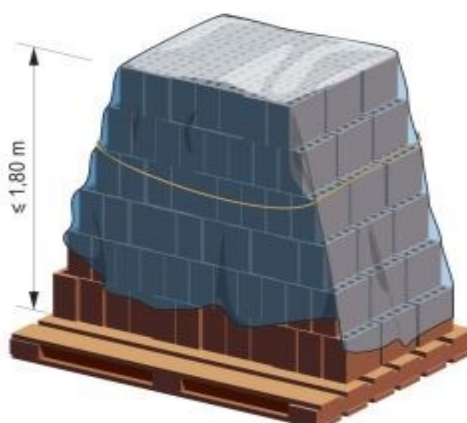
Características visuais	Não apresentar quebras, superfícies irregulares ou deformações
Forma	Prisma reto
Tolerância dimensional individual relacionada à dimensão efetiva	± 5 mm (largura, altura ou comprimento)
Tolerância dimensional relacionada à média das dimensões efetivas	± 3 mm (largura, altura ou comprimento)
Espessura das paredes internas dos blocos	≥ 6 mm
Espessura das paredes externas dos blocos	≥ 7 mm
Desvio em relação ao esquadro	≤ 3 mm
Planeza das faces	Flecha ≤ 3 mm
Resistência à compressão (área bruta)	$\geq 1,5$ MPa (para furos na horizontal)
	$\geq 3,0$ MPa (para furos na vertical)
Índice de absorção de água (AA)	$8\% \leq AA \leq 22\%$

Fonte: Thomaz *et al.* (2009)

De acordo com Thomaz *et al.* (2009) os blocos cerâmicos devem ser estocados em pilhas planas com altura máxima de 1,80m, sendo apoiadas sob uma superfície plana, limpa e sem umidade ou material que venha a comprometer a superfície do bloco.

A figura 7 mostra que quando as pilhas de blocos forem estocadas a céu aberto, é preciso protegê-las contra chuvas através de uma cobertura impermeável. Na montagem das pilhas, os blocos devem ser sobrepostos aos blocos inferiores, com junta em amarração.

Figura 7– Empilhamento de blocos cerâmicos com amarração entre eles



Fonte: Thomaz *et al.* (2009)

É recomendado que os blocos sejam fornecidos em paletes e embalados para que sejam transportados de maneira mais segura na obra, evitando assim risco de quebra ou danos.

2.5 PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS GENERALIDADES

2.5.1 Vida útil

A NBR 15575-1 (ABNT, 2021) define vida útil (VU) como período de tempo que um edifício deve manter sua capacidade funcional para a qual foi projetado e construído. Deve ser levada em consideração a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção. Vale lembrar que o prazo de garantia legal e certificada não é o mesmo que vida útil.

Este manual deve ser elaborado seguindo as orientações da NBR 14037 (ABNT, 2014) e é entregue ao usuário a fim de notificar as características técnicas da edificação construída, além de explicar ao usuário os procedimentos recomendáveis para manutenção a fim de garantir uma maior durabilidade da edificação.

A NBR 15575-1 (ABNT, 2021) ainda traz a definição de vida útil de projeto (VUP) como sendo período de tempo estimado que é projetado para atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta norma. A vida útil de projeto é composta além da vida útil pelas características dos materiais empregados, qualidade da execução e ações anormais no

meio ambiente, como poluição e alteração nas edificações da vizinhança que impactam no comportamento do solo. Juntando todos esses fatores com a negligência na operação da manutenção da edificação, pode acarretar numa redução do tempo de vida útil dos elementos.

Tabela 4 – Vida Útil de Projeto (VUP)

Sistema	VUP mínima em anos
Estrutura	≥ 50 Conforme ABNT NBR 8681
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20
* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.	

Fonte: NBR 15575-1 (2021)

Na tabela 4 mostra a vida útil de projeto mínima em anos de alguns sistemas. Podemos notar que com relação à vedação vertical sua VUP é projetada minimamente para ser superior a 40 anos para vedação vertical externa e superior a 20 anos na vedação vertical interna.

Tabela 5 – Exemplos de VUP

Parte da edificação	Exemplos	VUP anos		
		Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura principal	Fundações, elementos estruturais (pilares, vigas, lajes e outros), paredes estruturais, estruturas periféricas, contenções e arrimos	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Estruturas auxiliares	Muros divisórios, estrutura de escadas externas	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Vedação externa	Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachadas-cortina	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação interna	Paredes e divisórias leves internas, escadas internas, guarda-corpos	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Cobertura	Estrutura da cobertura e coletores de águas pluviais embutidos	≥ 20	≥ 25	≥ 30
	Telhamento	≥ 13	≥ 17	≥ 20
	Calhas de beiral e coletores de águas pluviais aparentes, subcoberturas facilmente substituíveis	≥ 4	≥ 5	≥ 6
	Rufos, calhas internas e demais complementos (de ventilação, iluminação, vedação)	≥ 8	≥ 10	≥ 12
Revestimento interno aderido	Revestimento de piso, parede e teto: de argamassa, de gesso, cerâmicos, pétreos, de tacos e assoalhos e sintéticos	≥ 13	≥ 17	≥ 20

Fonte: NBR 15575-1 (2021)

A tabela 5 faz parte da NBR 15575-1 (ABNT, 2021) e mostra exemplos de VUP sendo aplicada aos conceitos do anexo C da norma. A vedação externa é projetada para ter o dobro da vida útil de projeto da vedação interna, tanto sendo com tempo mínimo, intermediário ou superior.

2.5.2 Durabilidade

De acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2021) a durabilidade é definida como a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções ao longo do tempo e sob condições de uso, manutenção especificadas no manual de uso, operação e manutenção.

2.5.3 Desempenho

A NBR 15575-1 (ABNT, 2021) conceitua desempenho como a maneira pela qual a edificação e seus sistemas devem se comportar para atender as necessidades dos usuários em relação a conforto, saúde, adequação ao uso e economia.

Segundo Moreira (2017) as manutenções realizadas nas edificações visam preservar e recuperar os serviços realizados para prevenir as degradações, perda de desempenho, decorrente ao longo do tempo, ou de atualizações nas necessidades de seus usuários.

2.5.4 Manutenção

A NBR 15575-1 (ABNT, 2021) define manutenção como conjunto de atividades que devem ser executadas para conservar e recuperar a capacidade funcional da edificação e de seus sistemas.

A mesma norma ainda traz uma definição de um fator importante para a manutenção que é manutenibilidade. A manutenibilidade segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2021) como grau de facilidade de um sistema, elemento ou componente de ser mantido ou recolocado no estado no qual possa executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas, procedimentos e meios prescritos.

2.5.5 Inspeção

Conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2021) a inspeção predial de uso e manutenção consiste na análise técnica, através de metodologia específica, das condições de uso e de manutenção preventiva e corretiva da edificação.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – IBAPE, através da Norma de Inspeção Predial Nacional (2012), a inspeção predial é uma ferramenta que dá a possibilidade de se fazer uma avaliação sistêmica da edificação, podendo assim fazer a classificação das não conformidades em relação a sua origem, grau de risco e recomendação de melhorias técnicas para a manutenção da edificação.

2.5.6 Origens das manifestações patológicas

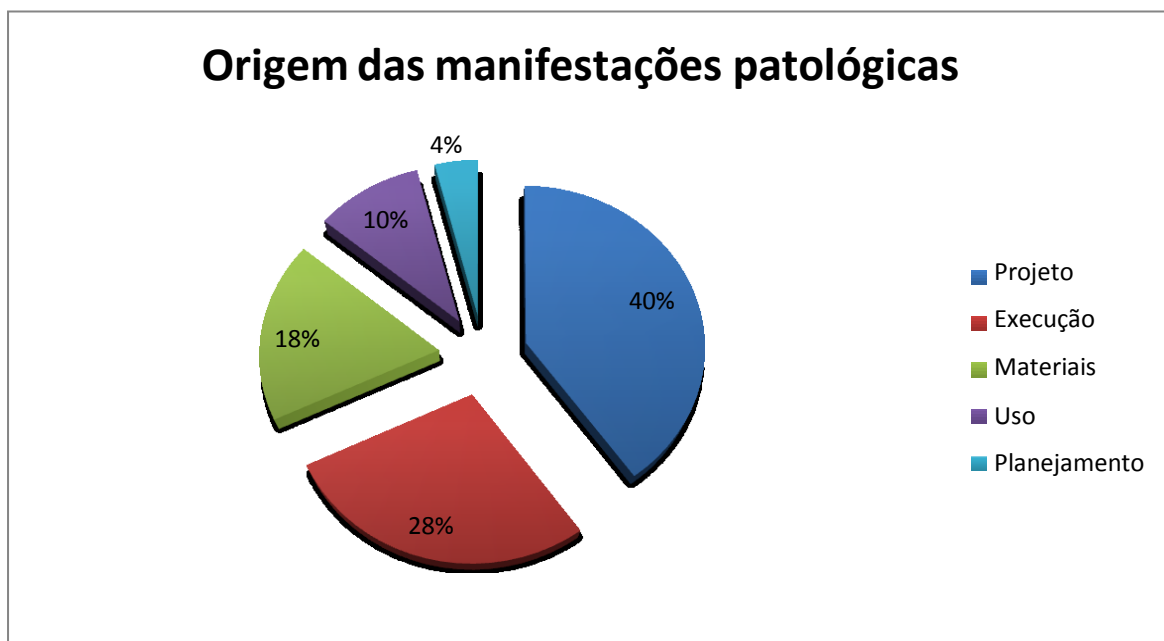
De acordo com Cremonini (1988) a patologia das edificações é a área que estuda os motivos e razões pelas quais as edificações e seus componentes passam a ter um desempenho abaixo do esperado. Analisando assim seus defeitos mediante os sintomas ou manifestações patológicas encontradas, suas origens e causas.

Com relação aos defeitos encontrados na origem do projeto Cremonini (1988) fala que eles ocorrem por: falta de qualidade dos materiais, incompatibilidade entre diferentes materiais, erro de dimensionamento, detalhamento insuficiente, entre outros.

Já os defeitos localizados da execução Cremonini (1988) atribui a: falta de qualidade da mão de obra, baixo conhecimento técnico na hora da execução e pela ausência de fiscalização adequada.

As origens das manifestações patológicas, em uma edificação, ocorrem principalmente nas fases de projeto (40%) e execução (28%), conforme apontados na figura 8.

Figura 8 – Origem das manifestações patológicas com relação às etapas do processo de construção



Fonte: Adaptado, Helene (1992)

2.5.7 Causas das manifestações patológicas

De acordo com Lichtenstein (1986) várias causas podem afetar negativamente os elementos das edificações. Isso acaba impactando diretamente no desempenho da edificação. Na maioria das vezes esses agentes causadores são agressivos, e geralmente se manifestam em conjunto.

Segundo Cremonini (1988) as causas das manifestações patológicas podem ser classificadas de dois tipos: externas ou internas. A causa externa é quando os agentes não estão ligados às condições construtivas, sendo assim agentes ligados aos fenômenos da natureza, como agentes atmosféricos. Já as causas internas tem sua origem no processo construtivo, podendo ser de três tipos:

- Congênita: sua origem surge do projeto e da programação;
- Construtiva: se origina nas etapas de construção, incluindo material e mão de obra;
- Uso: são originadas por uso indevido, podendo ser por uso não mencionado no projeto ou por sobrecarga.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho é o levantamento bibliográfico, cuja elaboração se fundamentou em literaturas que exploravam a temática de manifestações patológicas em alvenaria de vedação com bloco cerâmico.

O levantamento de materiais acerca do tema proposto foi executado através da documentação indireta, utilizando técnicas de pesquisa bibliográfica. A pesquisa foi realizada mediante uso de plataformas digitais e materiais físicos. As buscas tiveram início na plataforma de materiais acadêmicos Google Scholar ou Google Acadêmico, para fins de familiarização com o assunto.

O foco das pesquisas foi a busca por materiais relevantes a fim de enriquecer a revisão de literatura sobre as manifestações patológicas, com foco nas fissuras, bem como a busca por métodos conceituados que são utilizados para realizar a investigação das patologias encontradas. Após a seleção dos materiais foi possível sintetizar os principais conceitos abordados e elaborar uma consolidação com os tópicos de maior relevância no âmbito das principais manifestações patológicas nas alvenarias de vedação com bloco cerâmico.

4 RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS

4.1 Principais manifestações patológicas em alvenarias de vedação com bloco cerâmico

4.1.1 Fissuras

De acordo com Eldridge (1982 *apud* MAGALHÃES, 2004) as fissuras se originam de cargas atuantes que são superiores a capacidade resistente da estrutura solicitada.

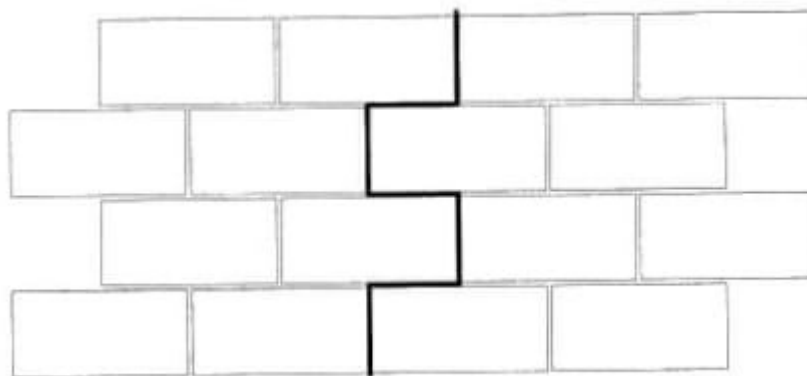
Conforme Thomaz (2020) as fissuras são manifestações que podem atingir toda edificação. E com o seu surgimento praticamente na maioria dos casos é um alerta de que há algum perigo na estrutura.

4.1.1.1 Fissura vertical

De acordo com Caporrino (2018) as fissuras verticais nas alvenarias apresentam os seguintes aspectos:

- A fissura se desenvolve pela argamassa (ver figura 9).

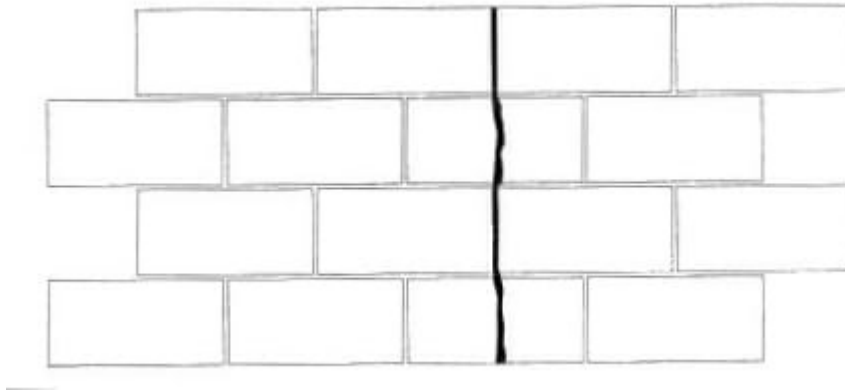
Figura 9 – Fissura desenvolvida pela argamassa



Fonte: Caporrino (2018)

- A fissura ocorre na vertical, atravessando argamassa e bloco (ver figura 10).

Figura 10 – Fissura desenvolvida na vertical



Fonte: Caporrino (2018)

Caporrino (2018) cita também que as causas prováveis atuando com ou sem simultaneidade das fissuras verticais nas alvenarias são:

- Argamassa com resistência insuficiente para o caso da fissura ser desenvolvida na argamassa;
- Bloco e argamassa com resistência insuficiente para o caso da fissura que atravessa o bloco e a argamassa.

Segundo Caporrino (2018) a relação entre as causas prováveis e a anomalia estudada – neste caso fissuras verticais é que quando os componentes da alvenaria não têm a resistência necessária para suportar as cargas verticais impostas a eles, as fissuras acontecem.

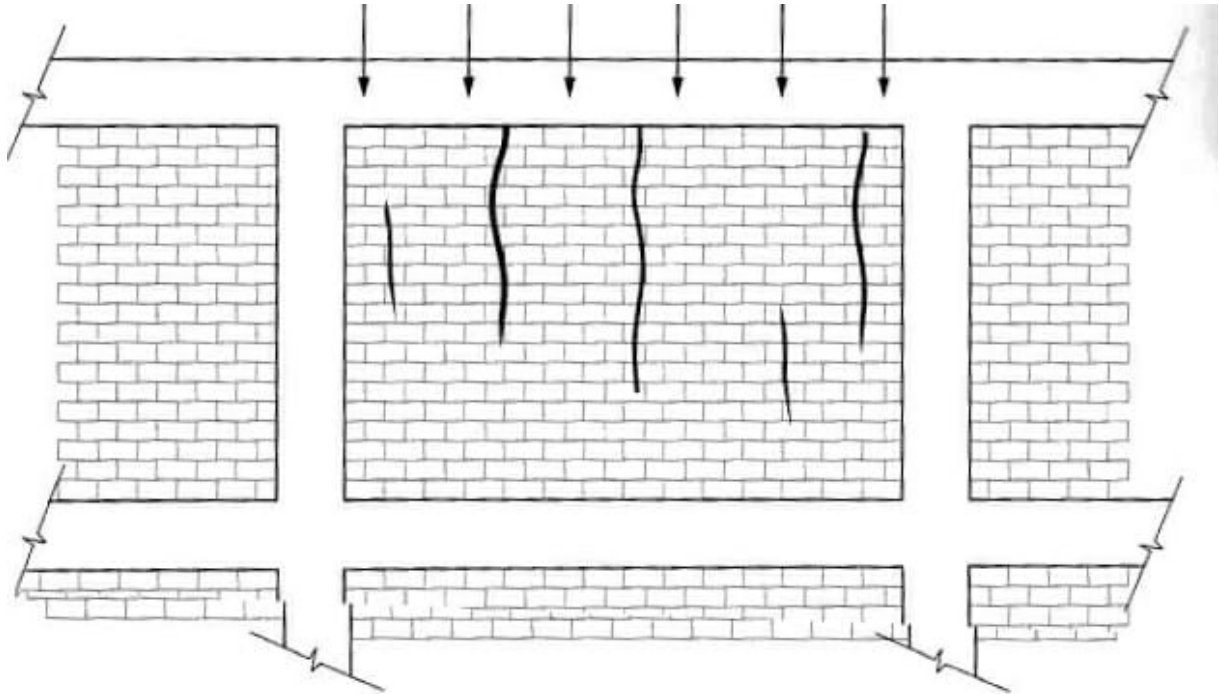
Caporrino (2018) ainda cita os reparos que devem ser feitos para corrigir a anomalia, que podem ser:

- Se a causa for o esforço pelo peso próprio da alvenaria, a solução é refazê-la;
- Se a causa foi momentânea e cessou, a solução é o reforço com tela na região fissurada. Para a devida correção é necessário retirar todas as camadas do revestimento, chapiscar, refazer o emboço com a tela inserida, considerando uma área para ancoragem da tela, e refazer o acabamento.

4.1.1.2 Fissuras em trecho contínuo de alvenaria pela atuação de carga vertical uniformemente distribuída

De acordo com Caporrino (2018) esse tipo de fissura se desenvolve predominantemente na vertical, na região superior da alvenaria (ver figura 11).

Figura 11 – Fissura desenvolvida predominante na vertical



Fonte: Caporrino (2018)

Caporrino (2018) cita também que a causa provável atuando com ou sem simultaneidade dessa fissura é que a carga aplicada na alvenaria é maior do que ela poderia suportar.

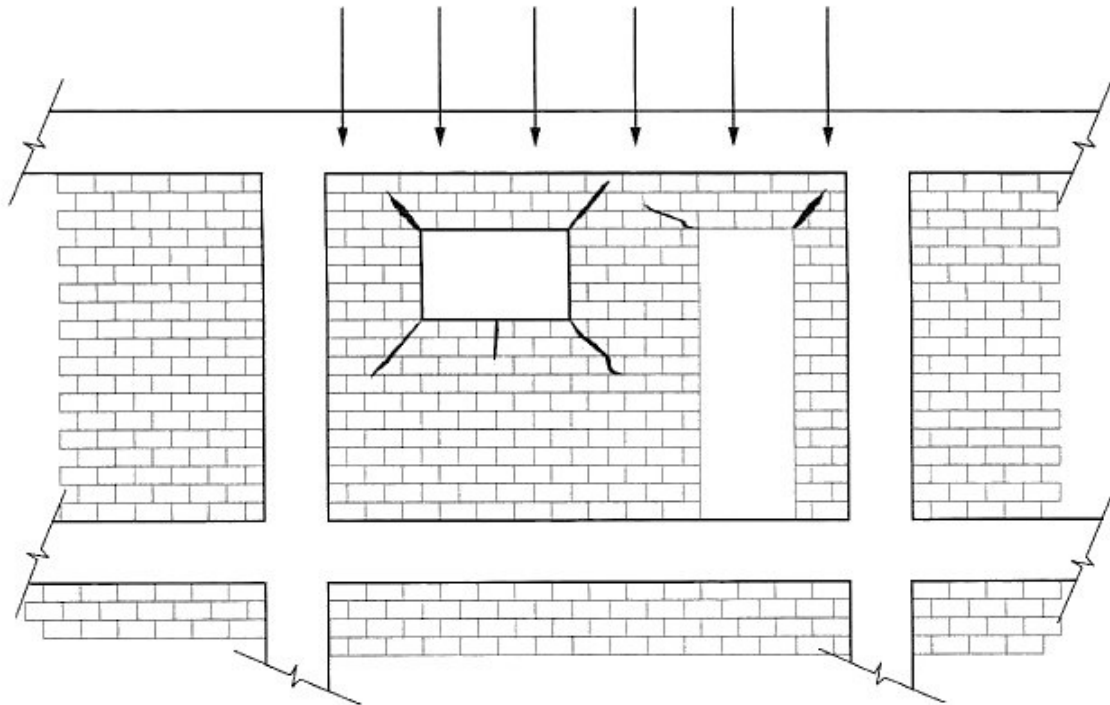
Segundo Caporrino (2018) os reparos que devem ser feitos para corrigir a anomalia, que podem ser:

- Retirada da carga adicional solicitante;
- Tratamento da fissura com reforço em tela, como já explicado anteriormente.

4.1.1.3 Fissuras em trecho de alvenaria com abertura pela atuação de carga vertical uniformemente distribuída

De acordo com Caporrino (2018) esse tipo de fissura se desenvolve com maior incidência na diagonal partindo dos vértices das aberturas, como é mostrado na figura 12.

Figura 12 – Fissura desenvolvida predominante na diagonal



Fonte: Caporrino (2018)

Caporrino (2018) cita que as causas prováveis atuando com ou sem simultaneidade são:

- Vergas e contravergas insuficientes;
- Carga aplicada é maior do que a alvenaria pode suportar.

Segundo Caporrino (2018) a relação entre as causas prováveis e a anomalia estudada é que com o esforço de compressão, as fissuras se desenvolvem no ponto onde há maior concentração das tensões, nesse caso nos vértices das aberturas. Se o reforço for feito de forma correta as fissuras não ocorrem.

As fissuras também podem ocorrer mesmo tendo um reforço adequado, de forma que a carga colocada na alvenaria seja maior que a projetada.

Caporrino (2018) ainda cita os reparos que devem ser feitos para corrigir a anomalia, que podem ser:

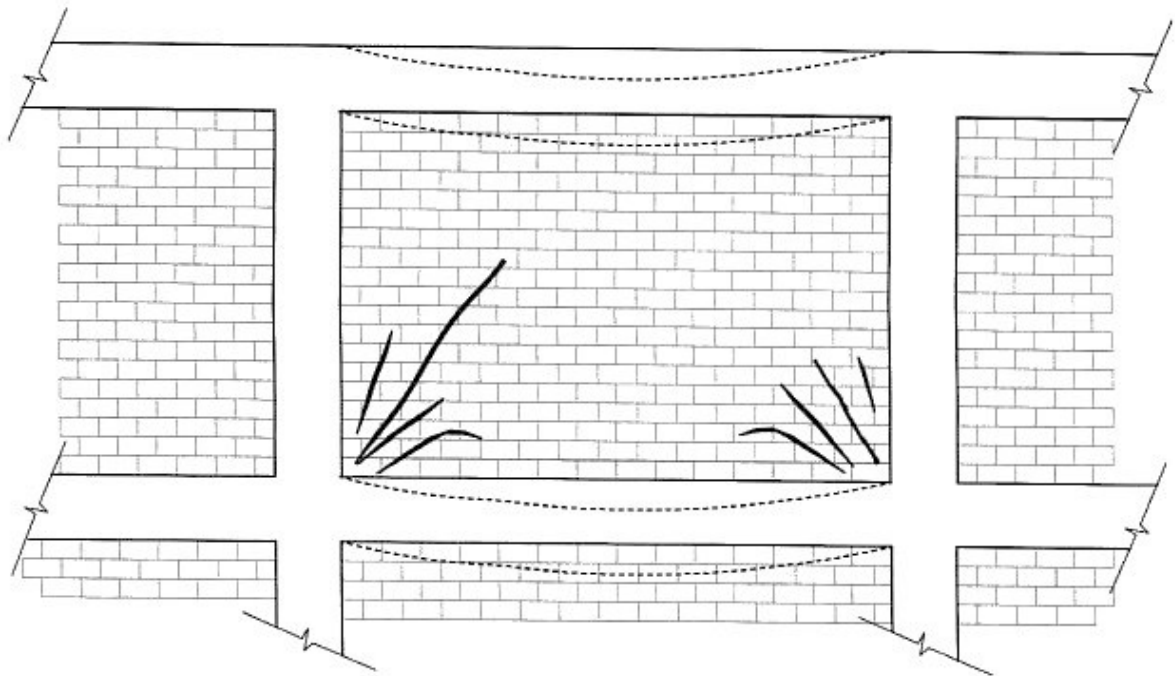
- Retirada da carga adicional solicitante.
- Tratamento da fissura com reforço em tela, como já explicado anteriormente.
- No caso de vergas e contravergas insuficientes, deve ser feita a retirada dos caixilhos, refazer vergas e contravergas e recolocar caixilhos.

4.1.1.4 Fissuras em trecho de alvenaria com deformação dos componentes estruturais

De acordo com Caporrino (2018) esse tipo de fissura possui os seguintes aspectos:

- Fissuras em alvenaria com deformação idêntica dos componentes estruturais superiores e inferiores é desenvolvida de maneira predominante na diagonal, partindo dos cantos inferiores como mostra a figura 13;

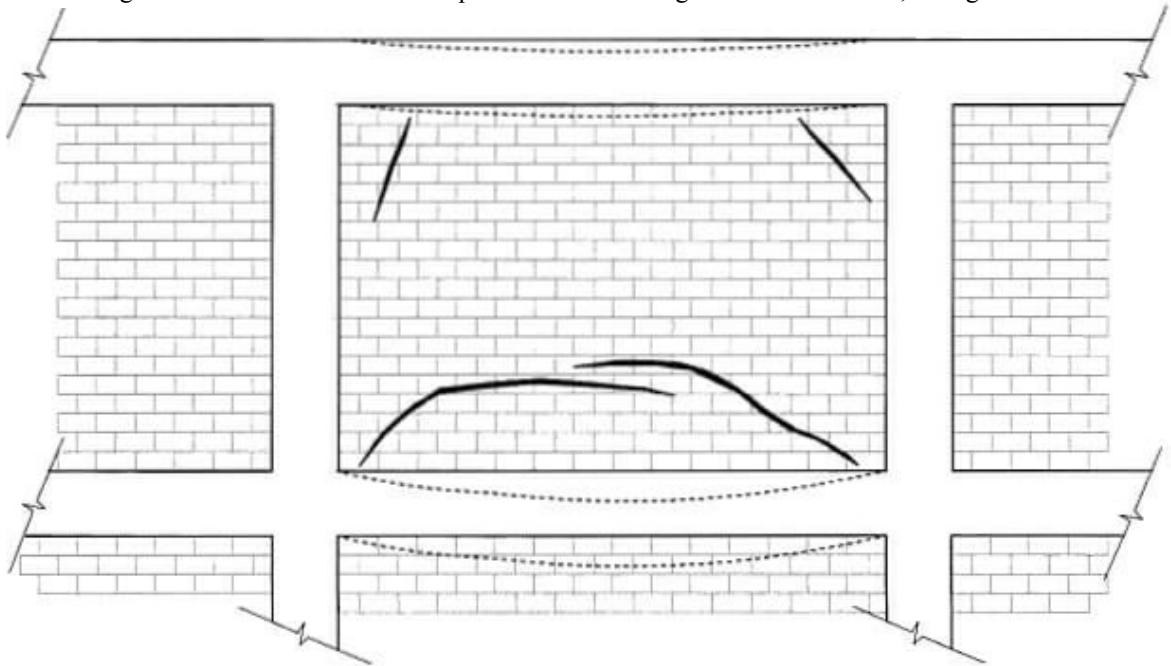
Figura 13 – Fissura desenvolvida predominante na diagonal



Fonte: Caporrino (2018)

- Fissuras em trecho de alvenaria com deformação maior dos componentes estruturais de apoio é desenvolvida de maneira predominante na diagonal e na horizontal, partindo da região inferior (ver figura 14);

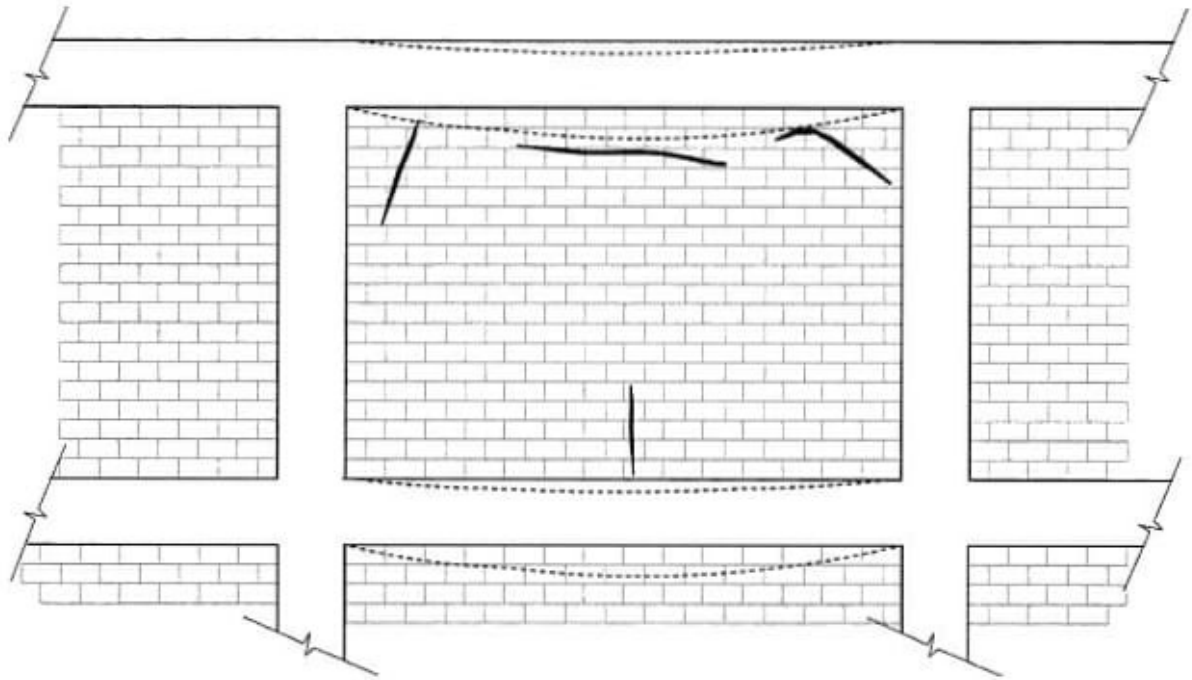
Figura 14 – Fissura desenvolvida predominante na diagonal e na horizontal, na região inferior



Fonte: Caporrino (2018)

- Fissuras em trecho de alvenaria com deformação maior dos componentes estruturais superiores é desenvolvida de maneira predominante na região superior, por esmagamento dos componentes como indicado na figura 15;

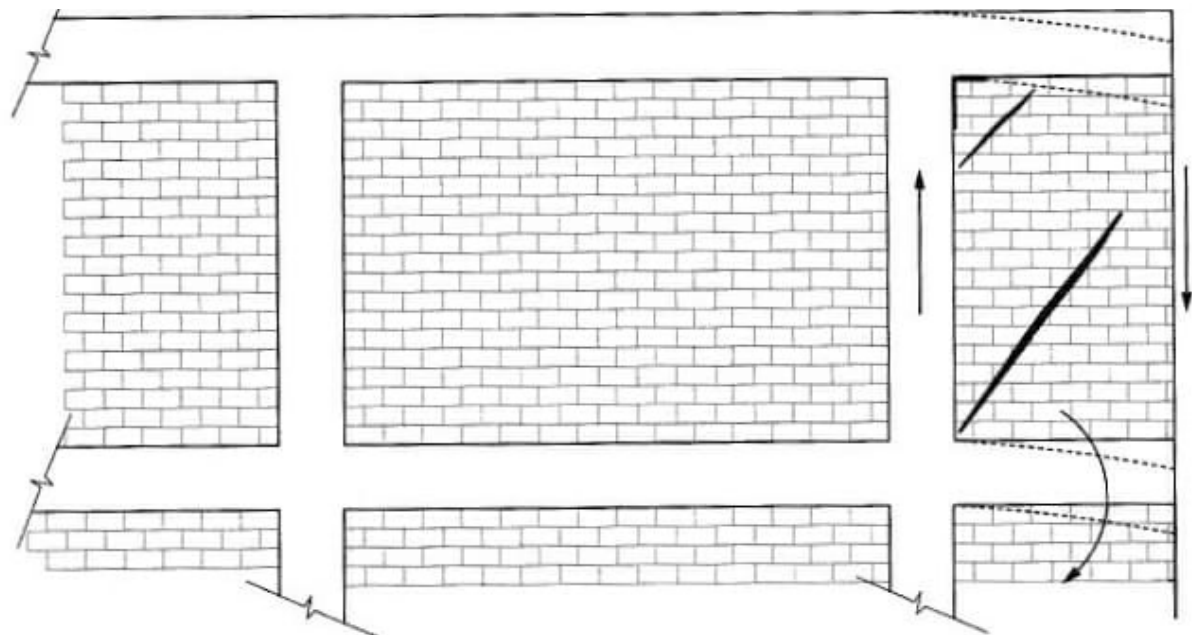
Figura 15 – Fissura desenvolvida predominante na região superior



Fonte: Caporrino (2018)

- Fissuras em trecho de alvenaria apoiada em estruturas em balanço com deformação excessiva se desenvolvem de maneira predominante na região superior, como indicado na figura 16.

Figura 16 – Fissura desenvolvida predominante na diagonal



Fonte: Caporrino (2018)

Caporrino (2018) cita que as causas prováveis atuando com ou sem simultaneidade são:

- Estrutura subdimensionada;
- Carga aplicada é maior do que a prevista no cálculo estrutural;
- Deformação excessiva da estrutura

Segundo Caporrino (2018) dependendo do tipo de deformação as fissuras podem apresentar desenvolvimentos diferentes. Para o caso da deformação idêntica na estrutura de apoio conforme mostrado na figura 13, pode ocorrer em vigas da edificação que foram subdimensionadas quanto à deformação para as cargas aplicadas ou quando as cargas superam as previstas no projeto em ambos os pavimentos.

No caso da figura 14, isso ocorre quando a carga do pavimento superou a de projeto ou então quando a viga de apoio possui problema estrutural. Com isso ocorre a deformação da estrutura de apoio é maior do que aquela acima da alvenaria, ocorrendo o surgimento de tensões de tração em trechos de alvenaria, que devido a sua baixa resistência à tração irá se romper.

A ruptura da alvenaria se dá por compressão excessiva quando a deformação da estrutura localizada acima da alvenaria é maior que a de apoio, gerando fissuras que foram apresentadas na figura 15.

A ruptura da alvenaria se dá por surgimento de tensões de tração quando a deformação da estrutura em balanço é excessiva, gerando fissuras que foram apresentadas na figura 16.

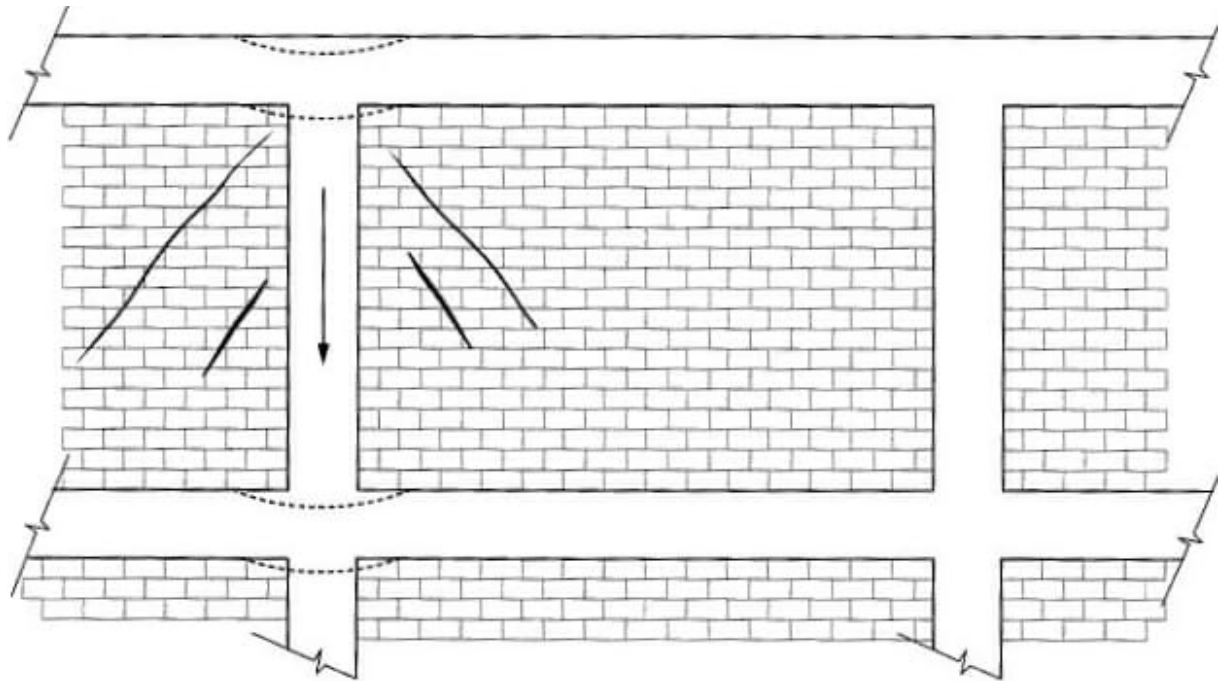
Caporrino (2018) ainda cita os reparos que devem ser feitos para corrigir a anomalia, que podem ser:

- Retirada da carga adicional solicitante;
- Se a deformação tiver sido momentânea e estiver estagnada, o tratamento da fissura será realizado com reforço em tela, como já explicado anteriormente;
- No caso de estrutura subdimensionada, deve-se antes de tratar das fissuras, é preciso executar o reforço estrutural adequado.

4.1.1.5 Fissuras em trecho de alvenaria por recalques diferenciados das fundações

Segundo Caporrino (2018) esse tipo de fissura se desenvolve com maior incidência na diagonal partindo das faces do pilar que sofreu recalque de fundação como mostrado na figura 17.

Figura 17 – Fissura desenvolvida predominante na diagonal



Fonte: Caporrino (2018)

Caporrino (2018) cita que as causas prováveis atuando com ou sem simultaneidade são:

- Rebaixamento de aquífero;
- Recalques causados por edificações vizinhas;
- Escavações;
- Vibrações;
- Fundação dimensionada de forma equivocada;
- Alteração no solo.

Segundo Caporrino (2018) a relação entre as causas prováveis e a anomalia estudada pode gerar deformações na superestrutura, que dependendo da amplitude, pode ocasionar fissuras como mostrada na figura 17.

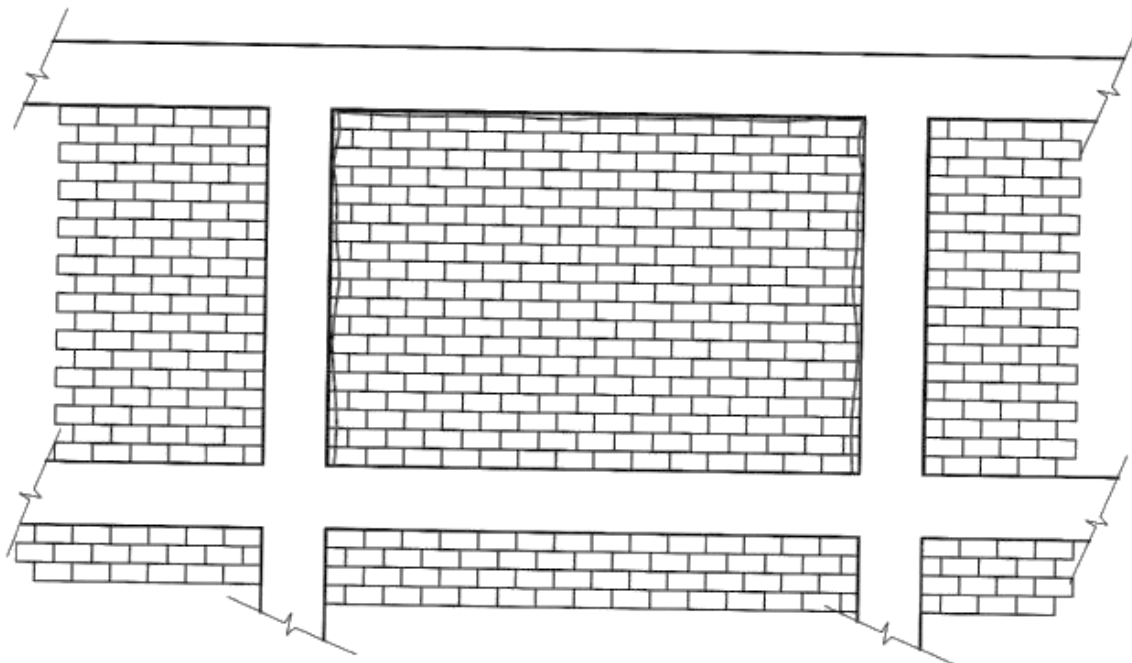
Caporrino (2018) ainda cita os reparos que devem ser feitos para corrigir a anomalia, que podem ser:

- Sanar problemas com o solo;
- Executar o reforço da fundação, se possível;
- Tratamento da fissura com reforço em tela, como já explicado anteriormente.

4.1.1.6 Destacamento de trecho de alvenaria por movimentações higrótérmicas diferenciadas

Segundo Caporrino (2018) esse tipo de fissura se desenvolve com predominância nas bordas das alvenarias, próximas às peças estruturais como indicado na figura 18.

Figura 18 – Fissura desenvolvida predominante nas bordas



Fonte: Caporrino (2018)

Caporrino (2018) cita que as causas prováveis atuando com ou sem simultaneidade são:

- Impermeabilização inadequada;
- Encunhamento executado de forma precoce;
- Presença de água nos componentes.

Segundo Caporrino (2018) a relação entre as causas prováveis e a anomalia estudada pode gerar a expansão dos componentes das alvenarias pela presença de água. Isso pode acabar acarretando no rompimento dos componentes por tração e compressão.

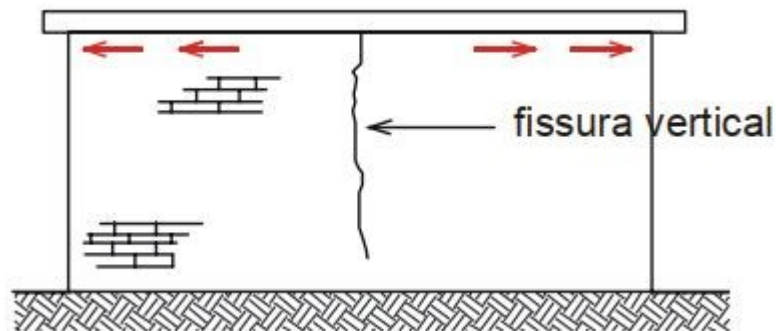
Caporrino (2018) fala que os reparos que devem ser feitos para corrigir a anomalia, que podem ser:

- Sanar a presença de água;
- Tratamento da fissura com reforço em tela, como já explicado anteriormente.

4.1.1.7 Fissuras verticais por movimentação térmica da laje

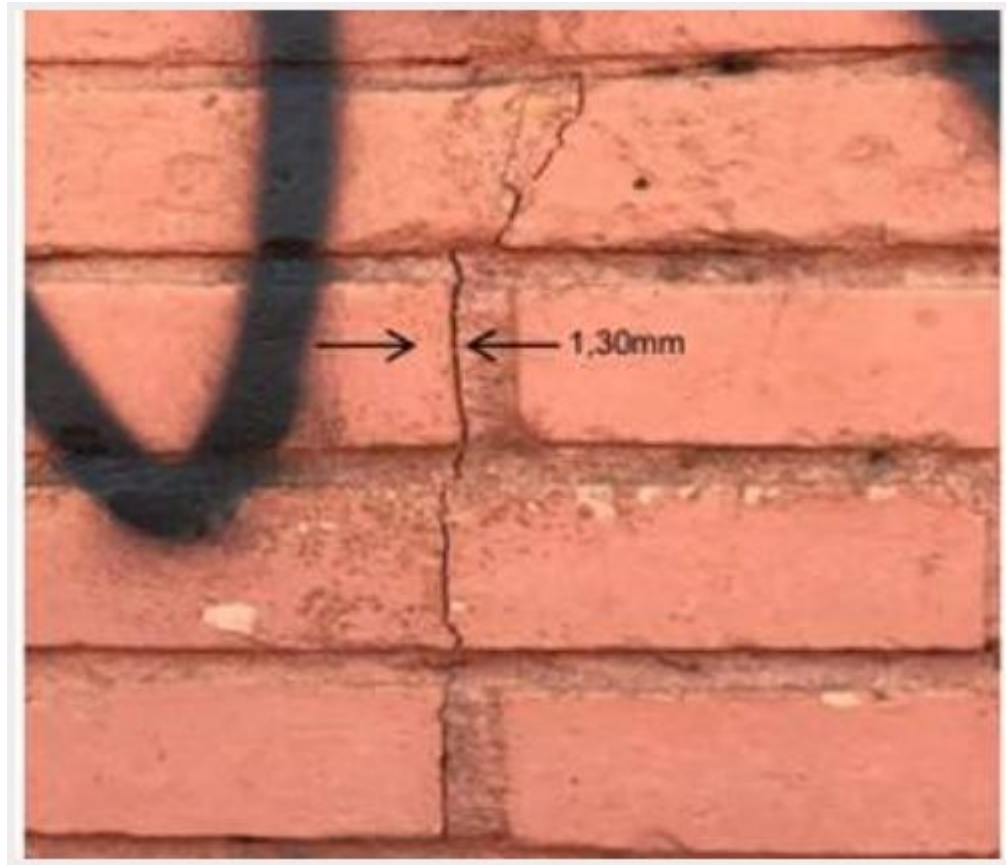
Duarte (1998) explica que esse tipo de fissura ocorre em paredes paralelas ao sentido principal de dilatação térmica da laje da cobertura. Essa dilatação vai gerar tensões horizontais de tração, provocando assim a fissura vertical na parede. De acordo com Magalhães (2004) a maior abertura dessa fissura será no topo da parede, junto à laje.

Figura 19 – Fissura vertical por movimentação térmica da laje



Fonte: Duarte (1998)

Figura 20 – Fissura na alvenaria aparente devido à movimentação térmica



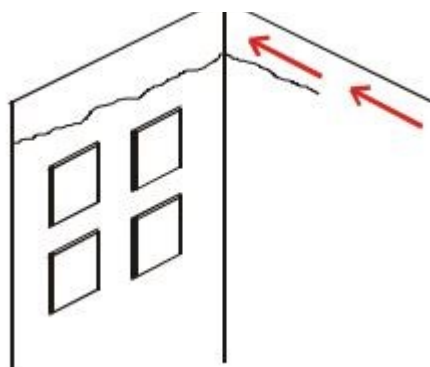
Fonte: Oliveira *et al* (2019)

4.1.1.8 Fissuras horizontais por movimentação térmica da laje

Segundo Verçoza (1991) esse tipo de fissura ocorre em paredes de alvenaria que sustentam lajes de concreto expostas às variações de temperatura, principalmente as lajes de cobertura. De acordo com Magalhães (2004) a predominância dessa fissura ocorre na interface entre a parede de alvenaria e a laje de concreto armado na horizontal.

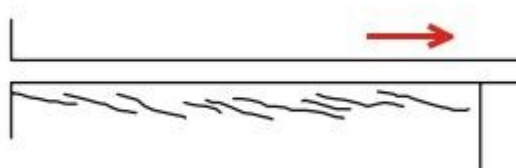
As figuras 21, 22 e 23 mostra esse tipo de fissuração, sendo que a figura 21 mostra a fissura na interface entre laje e parede. A figura 22 contempla a fissura horizontal com componentes inclinados (escamas) e na figura 23 é possível identificar a fissura na parede da fachada, um pouco abaixo da interface com a laje.

Figura 21 – Fissura horizontal na interface entre laje e parede por movimentação térmica da laje



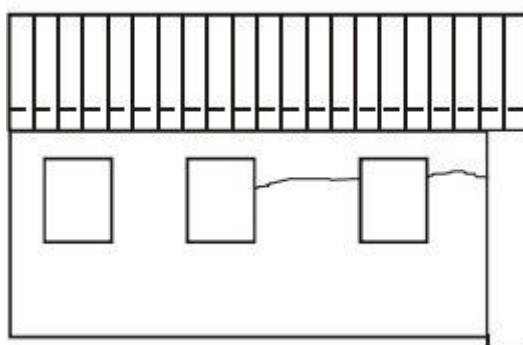
Fonte: Duarte (1998)

Figura 22 – Fissura horizontal com componentes inclinados (escamas) por movimentação térmica da laje



Fonte: Verçoza (1991)

Figura 23 – Fissura horizontal na parede da fachada por movimentação térmica da laje



Fonte: Duarte (1998)

4.1.1.9 Fissura horizontal por expansão da argamassa

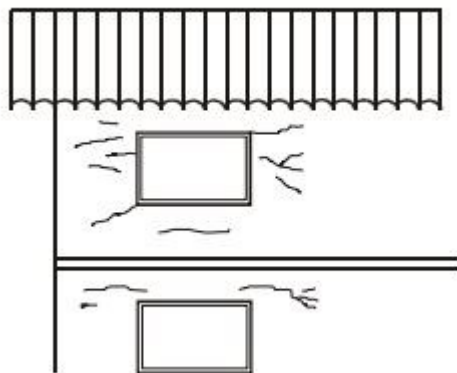
De acordo com Cincotto (1988), a expansão da junta de argamassa pode ser ocasionada por reações químicas entre os constituintes da própria argamassa ou entre os compostos do cimento e os componentes da alvenaria.

Ainda segundo Cincotto (1988), essa expansão pode ser ocasionada devido a reação de sulfatos do meio ambiente ou dos componentes da alvenaria com o cimento da argamassa. Outra forma citada é através da hidratação retardada de cales que estão presentes na

argamassa, onde a expansão irá ocorrer no processo de cristalização do óxido de cálcio (CaO) ou do óxido de magnésio (MgO) presente nas cales.

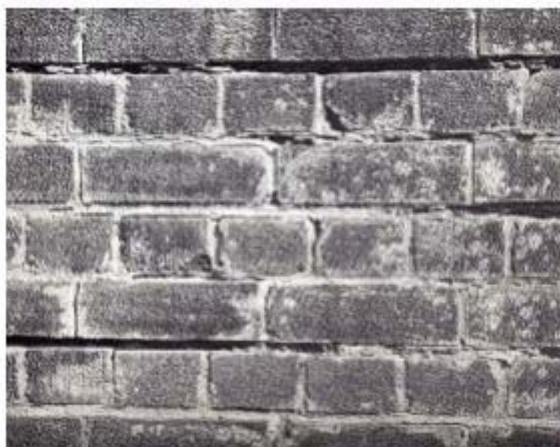
A figura 24 mostra a fissuração horizontal causada pela expansão da argamassa devido às reações químicas.

Figura 24 – Fissuras horizontais por expansão da argamassa causada por reações químicas



Fonte: Duarte (1998)

Figura 25 – Fissuras horizontais nas juntas de argamassa causadas por reações químicas



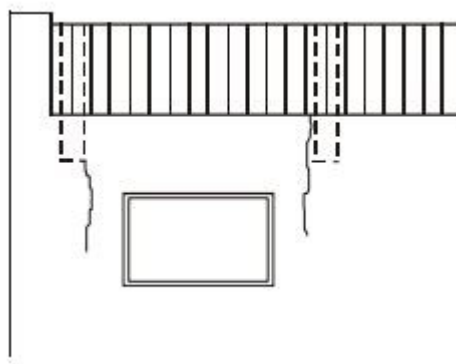
Fonte: Eldridge *apud* Magalhães (2004)

4.1.1.10 Fissura por ancoragem de elementos construtivos

Segundo Magalhães (2004), essas fissuras podem ocorrer por movimentação de elementos construtivos ancorados em paredes de alvenaria. Essas movimentações podem ser ocasionadas por dilatação térmica ou expansão higroscópica de elementos de madeira, dilatação térmica ou expansão de elementos metálicos.

Duarte (1998) cita que a madeira ao absorver umidade vai apresentar deformações naturais capazes de introduzir tensões na alvenaria e causar deformações. A figura 26 mostra um exemplo desse tipo de fissura que tem direção predominante na vertical, ocorrendo por dilatação das tesouras de madeira.

Figura 26 – Fissuras verticais em parede de alvenaria por dilatação de tesouras de madeira



Fonte: Duarte (1998)

4.1.2 Umidade

Segundo Perez (1995), as manifestações patológicas relacionadas à umidade geralmente são mais difíceis de serem solucionadas. Isso se explica pelo fato de os estudos relacionados ao tema serem ainda recentes e também pelo motivo que quando elas se manifestam elas se apresentam acompanhadas de outras manifestações.

Verçozza (1991) afirma que a umidade não é apenas uma causa de patologias, ela age também como um meio necessário para que grande parte das patologias em construções ocorra.

Segundo Taguchi (2010) a umidade é fator essencial para o aparecimento de manchas de umidade, eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, descolamento de revestimentos, fungos, algas, líquens, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentíceas, perda de pinturas, de rebocos e até a causa de acidentes estruturais.

De acordo com Perez (1986) a umidade pode ser classificada de acordo com a forma e a origem como ela se manifesta da seguinte maneira:

- Umidade de obra: tem origem nos trabalhos de construções de edifícios, mantendo-se durante um determinado período após a conclusão da obra, diminuindo depois de forma gradativa até desaparecer;
- Umidade de absorção e capilaridade: originada da absorção da água existente no solo pelas fundações e pavimentos, chegando até as paredes e pisos;
- Umidade de infiltração originada da água de chuva que penetra nos edifícios através dos elementos construtivos de sua envoltória exterior;
- Umidade de condensação: com origem do vapor de água que se condensa na superfície, ou no interior dos elementos construtivos;
- Umidade accidental: proveniente de vazamentos do sistema de distribuição e/ou coleta de águas da edificação.

Segundo Salomão (2012) a ação mais prolongada e contínua da umidade na alvenaria se origina da absorção da água existente no solo pelas fundações e pavimentos. Para que isso não venha a ocorrer é preciso fazer uma boa seleção dos materiais que serão utilizados, sobretudo os de impermeabilização e adoção de técnica construtiva que minimize a chegada da umidade até o solo da alvenaria.

De acordo com Roque (2009), a interação dessa patologia com a alvenaria precisa ser evitada, a fim de garantir o conforto do usuário e evitando a degradação da edificação.

Roque (2009) ainda cita que os problemas gerados pela umidade podem desencadear algumas consequências como:

- Prejuízo na funcionalidade da edificação;
- Desconforto ao usuário, podendo até afetar a sua saúde em determinados casos;
- Danos em equipamentos e bens do interior da edificação;
- Prejuízo financeiro;

4.1.3 Eflorescência

Segundo Uemoto (1988 *apud* SOUZA, 2008) eflorescência é a formação de depósito salinos localizados na superfície de alvenarias, devido a um longo tempo da exposição de intempéries.

Segundo Figueiredo (2007) essa patologia ocorre devido ao processo de extração dos sais e com sua dissolução na água que se transporta do interior do material para a superfície externa.

O fato de os sais terem características higroscópicas, e a região onde eles se encontram estarem sempre umedecidas tende a favorecer a proliferação de microrganismos, que vão fazer com que a degradação dos materiais ocorra de maneira mais acelerada.

A eflorescência pode se originar por três fatores:

- Teor de sais solúveis nos materiais;
- Presença de água;
- Pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície.

Para que essa patologia não ocorra é necessário eliminar um dos três fatores citados anteriormente. Taguchi (2010) fala que em a presença de água pode ser originária de diversas formas como: da umidade do solo; da água da chuva que pode ser acumulada na cobertura da obra ou infiltrada através das alvenarias, fissuras ou aberturas; pode ser proveniente de vazamentos de tubulações de água, esgoto ou águas pluviais; ou da água utilizada na limpeza e do uso constante em determinados locais.

Taguchi (2010) fala também sobre a pressão hidrostática que o transporte de água realizado por meio dos materiais e gerando a cristalização dos sais solúveis na superfície ocorrem por:

- Capilaridade;
- Infiltração em trincas e fissuras;
- Percolação sob o efeito da gravidade;
- Percolação sob pressão por vazamentos de tubulações de água ou de vapor;
- Condensação de vapor dentro das paredes;
- Ou pelo efeito combinado de duas ou mais causas.

Souza (2008) cita que alguns fatores externos também podem colaborar para que a eflorescência ocorra, tais como: a quantidade de solução que irá aflorar; o aumento do tempo de contato que atua na solubilização de maior teor de sais; a elevação da temperatura, que faz aumentar a velocidade de evaporação contribuindo assim para a solubilização dos sais; e por fim a porosidade dos elementos, que permite a migração da solução para a superfície.

Figura 27 – Eflorescência em alvenarias expostas



Fonte: Souza Filho (2018)

Segundo Uemoto (1988, *apud* SOUZA, 2008) os procedimentos de reparos que devem ser feitos dependem do local de manifestação. Se ocorrer na alvenaria externa da edificação recém-terminada, ela na maioria das vezes desaparece sozinha. Segundo o autor, isso ocorre pelo fato de ainda estarem ocorrendo reações e também porque a patologia ainda possui solubilidade em água, desaparecendo após a ação das chuvas.

Na maioria das vezes é recomendada a utilização de uma escova de aço para limpar o local, lavando com bastante água. Pode-se também utilizar algum produto químico para efetuar a retirada, principalmente em determinados tipos de eflorescências, devendo ser estudado antes o elemento químico a ser usado, pois poderá intervir na durabilidade do elemento construtivo.

4.2 MÉTODO DE LICHTENSTEIN

Lichtenstein (1986) propõem um método investigativo que será utilizado para diagnosticar as patologias que ocorrem nas edificações. O autor aponta de forma bem básica que a estrutura do seu método tem três partes distintas: levantamento de subsídios, diagnóstico e definição de conduta.

4.2.1 Levantamento de subsídios

Para Lichtenstein (1986) o levantamento de subsídios consiste em coletar e organizar informações e dados de forma que se tenha entendimento suficiente do que está sendo

analisado. As informações devem ser coletadas de três maneiras: a vistoria do local, o levantamento da história do problema e do edifício e o resultado de análises e ensaios complementares.

Segundo Lichtenstein (1986) a vistoria do local é o contato físico com o edifício e em particular com o problema a ser resolvido pelo profissional. Nesse momento a pesquisa deve ser realizada de forma minuciosa de forma a conseguir juntar a maior quantidade possível de informações a partir deste contato físico. Alguns passos devem ser seguidos para que se tenha um melhor aproveitamento durante a vistoria no local:

- Determinação da existência da gravidade da manifestação patológica;
- Definição da extensão e do alcance da vistoria (por exemplo, realizar análise em edifícios vizinhos);
- Caracterização dos materiais e da patologia utilizando os sentidos humanos e/ou utilizando instrumentos como nível de mão, prumo de face, máquina fotográfica digital;
- Registro dos resultados feito manualmente através de croquis e anotações, fotografias e vídeos.

4.2.2 Diagnóstico

De acordo Lichtenstein (1986) o diagnóstico que é a segunda fase consiste em entender a relação entre causa e efeito que caracterizam uma manifestação patológica. Logo é de suma importância entender como e porque aconteceu o problema através das informações colhidas.

De acordo com Lichtenstein (1986) as causas podem ser classificadas como:

- Causas eficientes ou operantes;
- Causas coadjuvantes ou predisponentes.

Lichtenstein (1986) define causas eficientes como sendo as causas principais, as responsáveis apenas pelo problema, provocando geralmente alterações nos materiais e componentes. Já as causas coadjuvantes podem estar ligadas a idade do edifício, com a falta de conservação e limpeza e assim por diante.

4.2.3 Definição de conduta

A última etapa de definição de conduta, segundo Lichtenstein (1986), é a medida que deve ser tomada para sanar o problema e se é viável ou não intervir e caso haja a possibilidade de se fazer essa intervenção quais serão as alternativas de terapia (material, mão de obra e equipamentos), e quais serão os desfechos no que se diz em relação ao desempenho final.

De acordo com Lichtenstein (1986) antes da definição de conduta já tendo o diagnóstico é feito o levantamento das hipóteses de evolução futura do problema (prognóstico). O prognóstico é baseado em dados fornecidos pelo tipo de problema, o estágio de desenvolvimento, pelas características gerais da edificação e condição que está exposta.

No entanto, existem patologias que não permitem qualquer tipo de intervenção. Neste caso o prognóstico é pessimista quanto à recuperação do problema, tornando assim inevitável a perda da edificação.

Encerrado o desenvolvimento do diagnóstico e do prognóstico da situação, passamos à fase de elaboração de alternativas de intervenções possíveis.

Lichtenstein (1986) cita que a definição de conduta é realizada levando em consideração três parâmetros básicos, que são:

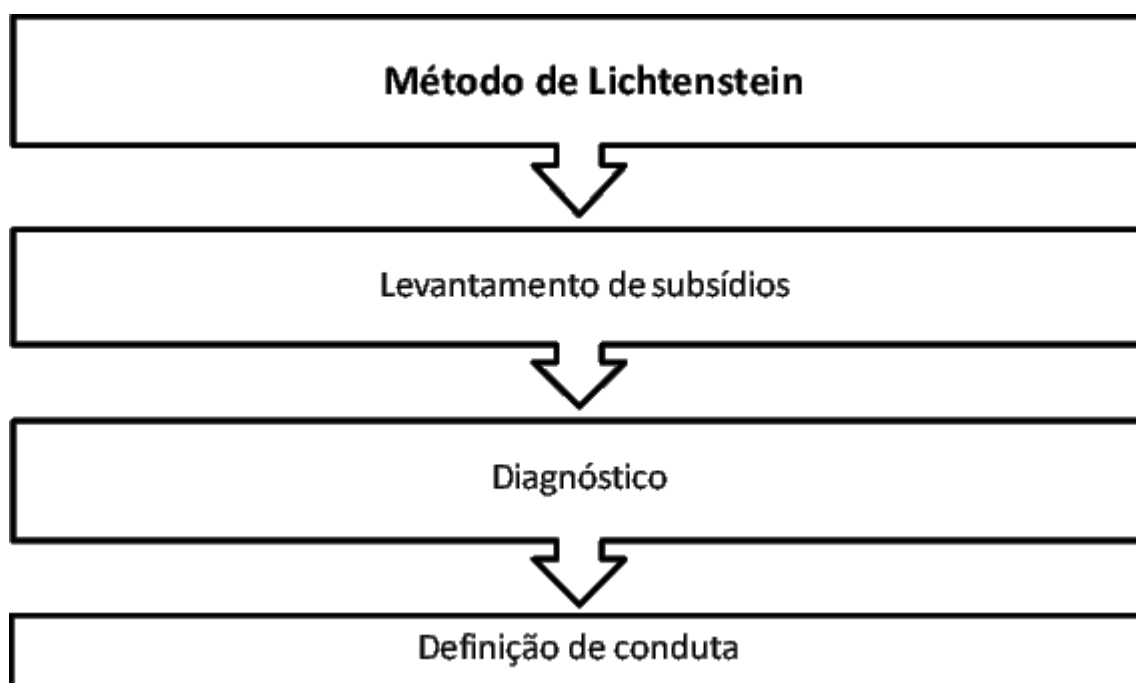
- Grau de incerteza sobre os efeitos;
- Relação custo-benefício;
- Disponibilidade de tecnologia para a execução dos serviços.

Segundo Lichtenstein (1986) em toda alternativa existe um grau de incerteza quanto aos seus efeitos. Por isso devemos associar a cada possível intervenção uma probabilidade quanto à eficiência do resultado.

Em relação aos custos, Lichtenstein (1986) explica que independente da origem ou da natureza do problema, o custo para resolver o problema somado ao custo da construção original será sempre maior que o custo de uma construção que tivesse desempenho satisfatório. As alternativas de intervenção devem ser comparadas, levando em consideração o custo envolvido bem como o desempenho do edifício ao longo do tempo. Assim é necessário escolher aquele que demonstra o melhor desempenho possível dentro do menor custo estimado.

Concluído os dois parâmetros anteriores seguimos para o levantamento dos recursos tecnológicos envolvidos na execução dos serviços. Para essa etapa é importante listar técnicas de execução, materiais e equipamentos necessários. Segundo Lichtenstein (1986) o nível de qualificação da mão de obra e sofisticação dos equipamentos e materiais é um fator de organização das alternativas de intervenção em razão das carências da Indústria Brasileira da Construção.

Figura 28 – Método de Lichtenstein



Fonte: Autoria própria

4.3 MÉTODO GDE/UNB

A metodologia GDE/UnB, desenvolvida por pesquisadores da Universidade de Brasília (UnB), iniciou-se com Castro em 1994 na tese “Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado”, onde foi apresentada a concepção dos danos de maior incidência para cada família de peças estruturais podendo determinar assim os Fatores de intensidade do Dano (Fi).

Tal método permite realizar a avaliação quantitativa do grau de deterioração de estruturas de concreto, analisando e quantificando as manifestações dos danos e suas evoluções, assim, visa dar criticidade as peças estruturais de uma edificação, viabilizando a definição de prioridades para realização das manutenções.

Desenvolvida por Castro (1994), para quantificar o grau de deterioração em estruturas de concreto armado convencionais, evoluiu através de Lopes (1998), Boldo (2002), Fonseca (2007), Euqueres (2011) e Verly (2015).

Castro (1994) a aplicou em duas edificações de ocupações dessemelhantes. Mais tarde, ressaltou a necessidade de um número maior de aplicações para o ajuste da formulação e dos parâmetros empregados. Em seguida, a metodologia foi sucessivamente adaptada e aplicada por Lopes (1998) em seis edificações comerciais do Banco do Brasil, por Boldo (2002) em quarenta edificações do Exército Brasileiro, também de diferentes ocupações, por Fonseca (2007) no Instituto Central de Ciências da UnB – ICC, por Euqueres (2011) em onze pontes no estado de Goiás e por Verly (2015) em vinte e duas OAEs (Obra de Artes Especiais) situadas no Distrito Federal.

Diante dos fatos identificados nas aplicações da metodologia em estruturas, foi constatado que a metodologia de Castro (1994), poderia levar, por diversas vezes, a resultados desconexos, então, Lopes (1998) resolveu modificar a mesma, modificando a fórmula do grau de deterioração do elemento (Gde). Boldo (2002), por sua vez, aplicou o princípio utilizado por Lopes (1998) também para o grau de deterioração da família (Gdf), em edificações de diferentes ocupações, alterando-se sua denominação do Caderno de Inspeções para Inspeção para Estruturas de Concreto.

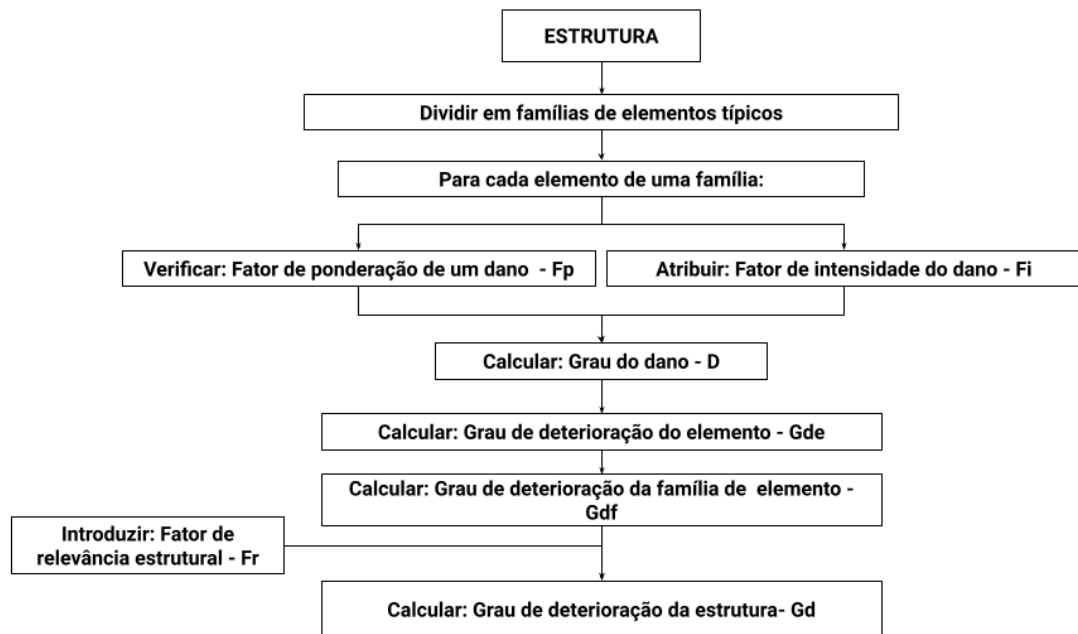
Assim, sucessivamente, Fonseca (2007) utilizou a metodologia GDE/UnB buscando avaliar o grau de deterioração de estruturas de concreto armado e apresentou adaptações, indicando alterações nas formulações dos cálculos do Grau de deterioração da família (Gdf) e do Grau do Dano (D), além disso, apresentou uma alteração nos tipos mais frequentes de dano.

Do mesmo modo, Euqueres (2011) utilizou e efetuou adaptações a metodologia, com adequações as estruturas de pontes em relação às estruturas de edificações com base na metodologia utilizada por Fonseca (2007), para as inspeções e análises, mediante o documento de referência, e semelhante a Boldo (2002), o documento recebeu alteração na sua denominação para Roteiro de Inspeções para Estruturas e Pontes de Concreto Armado. E posteriormente, também foi utilizada e aplicada por Verly (2015), em estruturas de viadutos com as devidas alterações específicas, além disso, ele também criou o Manual de Aplicação

da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais, propondo modificações na formulação do grau de deterioração da estrutura (Gd).

De acordo com Fonseca (2007), o esquema de utilização da metodologia é baseado em um fluxograma contendo etapas, a serem realizadas de forma sequencial, conforme Figura 29, desenvolvido por Castro (1994).

Figura 29 – Fluxograma da metodologia GDE/UnB



Fonte: Adaptado, Castro (1994)

4.3.1 Divisão em famílias de elementos típicos

Inicialmente divide-se a estrutura agrupando-a em famílias de elementos, conforme suas características estruturais e sua função estrutural no conjunto. Sendo assim as famílias foram separadas da seguinte maneira:

- Pilares;
- Vigas;
- Vigas secundárias;
- Lajes;
- Elementos de composição arquitetônica;

- Escadas/Rampas.

4.3.2 Fator de Ponderação (Fp)

Posteriormente determina-se o fator de ponderação de um dano, que pode variar de 1 a 5. Segundo Fonseca (2007) o fator de ponderação quantifica a importância relativa do dano em relação às condições de segurança, funcionalidade e estética dos elementos de uma família. Isso significa que uma mesma manifestação patológica pode apresentar fatores de ponderações diferentes em famílias de elementos distintas. As tabelas 6 a 10 mostram os valores adotados para cada dano patológico ligado a função, estética e segurança das famílias de elementos mais usuais da edificação.

Tabela 6 – Família de elemento estrutural, dano e fator de ponderação (Fp) em lajes

Lajes	
Danos	Fp
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	3
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Falha de concretagem	2
Fissuras	2 a 5 *
Flechas	5
Manchas	3
Umidade	3

Fonte: Adaptado, Fonseca (2007)

Tabela 7 – Família de elemento estrutural, dano e fator de ponderação (Fp) em escada/rampa

Escada/Rampas	
Danos	Fp
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Falha de concretagem	2
Fissuras	2 a 5 *
Flechas	5
Manchas	3
Sinais de esmagamento	4
Umidade	3

Fonte: Adaptado, Fonseca (2007)

Tabela 8 – Família de elemento estrutural, dano e fator de ponderação (Fp) em vigas

Vigas	
Danos	Fp
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Falha de concretagem	2
Fissuras	2 a 5 *
Flechas	5
Manchas	3
Sinais de esmagamento	4
Umidade	3

Fonte: Adaptado, Fonseca (2007)

Tabela 9 – Família de elemento estrutural, dano e fator de ponderação (Fp) em pilares

Pilares	
Danos	Fp
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Desvio de geometria	4
Eflorescência	2
Falha de concretagem	3
Fissuras	2 a 5 *
Manchas	3
Recalque	5
Sinais de esmagamento	5
Umidade	3

Fonte: Adaptado, Fonseca (2007)

Tabela 10 – Família de elemento estrutural, dano e fator de ponderação (Fp) em elementos de composição arquitetônica

Elementos de composição arquitetônica	
Danos	Fp
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Falha de concretagem	2
Fissuras	2 a 5 *
Manchas	3
Sinais de esmagamento	5
Umidade	3

Fonte: Adaptado, Fonseca (2007)

4.3.3 Fator de intensidade (Fi)

De acordo com Verly (2015) para a determinação de Fi, são considerados os apontamentos feitos por observação visual, que abrange de testes simples a análises do ambiente onde o dano se encontra, além de comparações entre as deformações medidas e os limites recomendados por norma. O “fator de intensidade” (Fi) classifica o quão grave a

manifestação patológica é e varia de 0 a 4, mostrando então qual evolução do dano, conforme as tabelas 11 a 13.

Tabela 11 – Fator de intensidade do dano (F_i) x Problema patológica

Tipos de danos	Valores de F_i
Carbonatação	1 → localizada, com regiões com $pH < 9$, sem afetar as armaduras. 2 → localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco. 3 → localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido. 4 → generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Cobrimento deficiente	1 → menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura. 2 → menor que o previsto em norma, permitindo a localização visual da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões. 3 → deficiente, com armaduras expostas em extensões significativas.
Contaminação por cloretos	2 → elementos abrigados sem umidade 3 → elementos no exterior sem umidade 4 → ambientes úmidos.
Corrosão de armaduras	2 → manifestações leves, pequenas manchas. 3 → grandes manchas e/ou fissuras de corrosão. 4 → corrosão acentuada da armadura principal, com perda relevante de seção ($> 20\%$ do diâmetro).
Desagregação	2 → início de manifestação. 3 → manifestações leves, início de estofamento do concreto. 4 → por perda acentuada de seção e esfarelamento do concreto.
Deslocamento por empuxo	3 → deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, estável. 4 → deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, instável.
Desplacamento	2 → pequenas escamações do concreto. 3 → lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura. 4 → lascamento acentuado com perda relevante de seção.
Desvios de Geometria	2 → pilares e cortinas com excentricidade $e \leq h/100$ (h – altura). 3 → pilares e cortinas com excentricidade $h/100 \leq e < h/50$. 4 → pilares e cortinas com excentricidade $e \geq h/50$.
Eflorescência	1 → início de manifestações. 2 → manchas de pequenas dimensões. 3 → manchas acentuadas, em grandes extensões. 4 → grandes formações de crostas de carbonato de cálcio (estalactites).
Falha de concretagem	1 → superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça. 2 → significativa em relação às dimensões da peça. 3 → significativa em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura. 4 → perda relevante da seção transversal da peça ($> 20\%$ da área).
Fissuras	1 → abertura menores do que as máximas previstas em norma. 2 → estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma. 3 → aberturas excessivas; estabilizadas. 4 → aberturas excessivas; não estabilizadas.

Fonte: Fonseca (2007)

Tabela 12 – Fator de intensidade do dano (Fi) x Problema patológica (continuação)

Tipos de danos	Valores do Fator de Intensidade do Dano
Flechas	1 → não perceptíveis a olho nu. 2 → perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos na norma. 3 → superiores em até 40% às previstas na norma. 4 → excessivas.
Impermeabilização deficiente	2 → danos na camada protetora e/ou perda de elasticidade do material da impermeabilização. 3 → descontinuada, degradada em alguns pontos (pontos de infiltração). 4 → degradação acentuada, com perda relevante da estanqueidade.
Infiltração de água	1 → indícios de umidade. 2 → pequenas manchas. 3 → grandes manchas. 4 → generalizada.
Manchas	2 → manchas escuras de pouca extensão, mas significativas (< 50% da área visível do elemento estrutural). 3 → manchas escuras de grande extensão (> 50%). 4 → manchas escuras em todo o elemento estrutural (100%).
Obstrução de juntas de dilatação	2 → perda de elasticidade do material da junta, início de fissuras paralelas às juntas nas lajes e paredes adjacentes. 3 → presença de material não compressível na junta; incidência significativa de fissuras paralelas às juntas nas lajes e paredes adjacentes. 4 → fissuras em lajes e paredes adjacentes às juntas, com prolongamento em vigas e/ou pilares de suporte.
Recalques	2 → indícios de recalque pelas características das trincas na alvenaria; 3 → recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais. 4 → recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
Sinais de esmagamento do concreto	3 → desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da estrutura; fissuras diagonais isoladas. 4 → fissuras bi-diagonais, com lascamento e/ou esmagamento do concreto por cisalhamento-compressão, com perda substancial de material; exposição e início de flambagem de armaduras.

Fonte: Fonseca (2007)

Tabela 13 – Classificação de lesões de determinado elemento

Classificação	Fi
Sem lesões	0
Lesões leves	1
Lesões toleráveis	2
Lesões graves	3
Estado Crítico	4

Fonte: Adaptado, Fonseca (2007)

4.3.4 Grau de Dano (D)

O grau de dano (D), pode ser calculado através das equações 1 e 2:

$$D = 0,8 * Fi * Fp, \text{ para } Fi \leq 2,0 \quad (1)$$

$$D = (12 * Fi - 28) * Fp, \text{ para } Fi > 2,0 \quad (2)$$

Onde:

D: Grau de dano;

Fi: Fator de intensidade do dano;

Fp: Fator de ponderação do dano.

4.3.5 Grau de deterioração de um elemento (Gde)

A formulação para se calcular o grau de deterioração de um elemento (Gde) foi proposta por Lopes (1998), e é mostrado na equação 3:

$$Gde = Dmáx \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m D(i) - Dmáx}{\sum_{i=1}^m D(i)} \right] \quad (3)$$

Onde:

Gde: Grau de deterioração de um elemento;

Dmáx: Maior grau de dano no elemento;

m: Número de danos encontrados nos elementos.

D(i): O grau de dano de ordem (i).

Após encontrar o valor de Gde na equação 3, é possível determinar qual o nível de deterioração da peça estrutural, como pode ser observado na tabela 14.

Tabela 14 – Classificação dos níveis de deterioração do elemento e recomendações em função do valor de Gde

Nível de deterioração	Gde	Ações a serem adotadas
Baixo	0 – 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	16 – 50	Definir prazo e natureza de nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
Alto	51 – 80	Definir prazo para inspeção especializada. Planejar intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).
Sofrível	81 – 100	Definir prazo para inspeção especializada rigorosa. Planejar intervenção em curto prazo (máximo 6 meses).
Crítico	≥ 101	Inspeção especializada imediata e medidas emergenciais (alívio de carga no escoramento, etc). Planejar intervenção imediata.

Fonte: Adaptado, Manual de aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais (2015)

4.3.6 Grau de deterioração da família de elemento (Gdf)

O grau de deterioração da família de elemento é calculado com a equação 4, e será utilizado a partir de quando $Gde \geq 15$, ou seja quando o nível de deterioração atingir um valor médio.

$$Gdf = Gdemáx \left[\sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^n Gde(i) - Gdemáx}{\sum_{i=1}^n Gde(i)}} \right] \quad (4)$$

Onde:

Gdf: Grau de deterioração da família de elementos;
 Gdemáx: Grau de deterioração máxima do elemento;
 Gde(i): Grau de deterioração do elemento de ordem (i);
 n: Número de elementos da família com $Gde \geq 15$.

4.3.7 Fator de relevância estrutural (Fr)

Segundo Verly (2015), o fator de relevância estrutural tem como objetivo inserir nos cálculos a importância relativa de cada família de elemento no comportamento e no desempenho da estrutura como um todo. A tabela 15 mostra os valores do fator de relevância de cada família.

Tabela 15 – Fatores de relevância estrutural

Famílias em conjunto	Fr
Elemento de composição arquitetônica.	1,0
Reservatório superior.	2,0
Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias, juntas de dilatação.	3,0
Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários.	4,0
Vigas e pilares principais	5,0

Fonte: Adaptado, Fonseca (2007)

4.3.8 Grau de deterioração da estrutura (Gd)

De acordo com Verly (2015), o grau de deterioração da estrutura servirá para mostrar o nível de deterioração que a estrutura se encontra, além de ser possível ver as medidas que devem ser tomadas para sua correção, como é mostrado na tabela 16.

$$Gd = \frac{\sum_{i=1}^k Fr(i) * Gdf(i)}{\sum Fr(i)} \quad (5)$$

Onde:

Gd: Grau de deterioração global da estrutura;

k: Número de famílias de elementos presentes na edificação;

Fr: Fatores de relevância estrutural;

Gdf: Grau de deterioração de uma família de elementos.

Tabela 16 – Classificação dos níveis de deterioração do elemento e recomendações em função do valor de Gd

Nível de deterioração	Gd	Ações a serem adotadas
Baixo	0 – 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	16 – 50	Definir prazo e natureza de nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
Alto	51 – 80	Definir prazo para inspeção especializada. Planejar intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).
Sofrível	81 – 100	Definir prazo para inspeção especializada rigorosa. Planejar intervenção em curto prazo (máximo 6 meses).
Crítico	≥ 101	Inspeção especializada imediata e medidas emergenciais (alívio de carga no escoramento, etc). Planejar intervenção imediata.

Fonte: Adaptado, Manual de aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais (2015)

5 CONCLUSÃO

Em um contexto geral, foram apresentados os principais conceitos da ciência sobre patologias das construções, alvenaria com foco na alvenaria de vedação com bloco cerâmico e a apresentação dos métodos de Lichtenstein, utilizado para diagnosticar as patologias que ocorrem nas edificações e do método GDE/UnB, utilizado para realizar a avaliação quantitativa do grau de deterioração de estruturas de concreto.

Dessa forma, o presente estudo espera que as metodologias apresentadas sejam utilizadas nos trabalhos futuros a fim de que se evite que as patologias diagnosticadas possam evoluir, a ponto de danificar a edificação. Com isso faz-se necessário realizar a correção preventiva da patologia, a fim de que se possa manter a edificação em um bom estado de conservação e excelência, sem perder sua funcionalidade.

Isso demonstra o quão importante e essencial é ter um bom projeto de alvenaria no local da obra e segui-lo, uma vez que um bom projeto não deixará dúvidas no momento da execução evitando assim o surgimento de novas patologias.

Tendo em vista o trabalho desenvolvido, sugere-se para trabalhos futuros:

- Realizar o acompanhamento da obra de alvenaria de vedação desde o início, podendo assim mapear o surgimento de patologias em diferentes etapas da obra;
- Realizar um comparativo entre as metodologias apresentadas em futuros estudos de caso.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14037**. Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 15270-1**. Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575-1**. Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

BOLDO, P. **Análise Quantitativa de Estruturas de Concreto Armado de Edificações no Âmbito do Exército Brasileiro**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2002, 295 p.

CAPORRINO, C. F. **Patologias em alvenarias**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CASTRO, E. K. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1994. 185 p

CINCOTTO, M.A. **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações**. In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo: Pini, 1988. p. 549-554.

CREMONINI, R. A. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre: recomendações para projeto, execução e manutenção**. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: CPGEC / Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1988.

DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenarias: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Porto Alegre: CIENTEC, 1998. (Boletim técnico, 25).

EUQUERES, P. **Metodologia de inspeção de pontes de concreto armado**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2011. 168 p.

FIGUEIREDO, Enio Pazini. Corrosão e degradação dos materiais. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Org.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. p. 378-402.

FONSECA, R. P. **A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007. 213 p

HELENE, P. R. L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. 2º ed. São Paulo: Editora Pini, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA – IBAPE. **Norma de Inspeção Predial Nacional**. São Paulo, 2012.

KAZMIERCZAK, C. S. **Desempenho de alvenarias de materiais cerâmicos à penetração de água da chuva**: uma análise de fatores condicionantes. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1989.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções**: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1985.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções: procedimento para diagnóstico e recuperação**. **Boletim Técnico n.6**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986.

LOPES, B.A.R. **Sistema de manutenção estrutural para grandes estoques de edificações**: Estudo para a inclusão do componente Estrutura de Concreto. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1998, 308p.

MAGALHÃES, E. F. **Fissuras em alvenarias**: configurações típicas e levantamento de incidências no Estado do Rio Grande do Sul. 2004. 177 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

MOLITERNO, A. **Caderno de estruturas em alvenaria e concreto simples**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

MOREIRA, L. A. **Estudo de caso**: avaliação quantitativa de degradação e vida útil de fachadas com revestimento cerâmico em Brasília. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas. Brasília: Centro Universitário de Brasília, 2017.

PEREZ, A. R. **Umidade nas edificações**: recomendações para a prevenção da penetração de água pelas fachadas (1º parte). In: *Tecnologia de Edificações*, São Paulo: Pini, IPT, 1995. p. 571-574.

ROQUE, J.A. **O desempenho quanto à durabilidade de alvenarias de blocos cerâmicos de vedação com função auto-portante**: o caso da Habitação de Interesse Social. [Tese de Doutorado], São Paulo: Universidade de Campinas, 2009.

SALOMÃO, M. C. F. **Study of rising damp in masonry walls**. 2012. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias). Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

SAMPAIO, V. E. P. **Elaboração de um manual referente a tipologia das fissuras em alvenarias como ferramenta para auxiliar no diagnóstico das manifestações patológicas de edificações com validação por meio de estudo de caso.** 2019. 73 f. TCC [Graduação] – Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – Fatecs. Brasília: Centro Universitário de Brasília - Uniceub, 2019.

SOUSA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações.** 2008. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Belo Horizonte: Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

TAGUCHI, M. K. **Avaliação e qualificação das patologias de vedação nas edificações.** 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008.

TERRA, Ricardo C. **Levantamento de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas das edificações da cidade de pelotas.** 2001. 133f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.

THOMAZ, E. *et al.* **Código de práticas nº 01:** alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009. 72 p.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios:** causas, prevenção e recuperação. 2.ed. rev. e ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

VERLY, R. C. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015, 178p.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das edificações.** Porto Alegre: Sagra, 1991. 172p.

VITÓRIO, A. **Manutenção e gestão de obras de arte especiais.** VII Encontro Nacional das Empresas de Arquitetura e Urbanismo, Pernambuco, 2005.