

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**PLÍNIO MARCOS LEMOS SILVA**

**PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL: Causas e Diagnósticos**

**VARGINHA- MG**

**2020**

# **PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL: CAUSAS E DIAGNÓSTICOS**

**PLÍNIO MARCOS LEMOS SILVA**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientador: Aellington Freire de Araújo**

**VARGINHA- MG**

**2020**

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

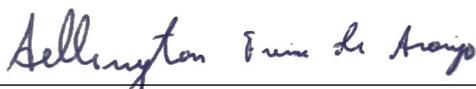
**PLÍNIO MARCOS LEMOS SILVA**

**PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL: CAUSAS E**  
**DIAGNÓSTICOS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 19/11/2020

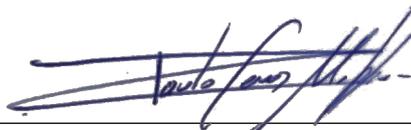
BANCA EXAMINADORA



---

Aellington Freire de Araújo, Dr.

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG) – Unidade  
Varginha



---

Paulo César Mappa, Dr.

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG) – Unidade  
Varginha

Rafael E. M. de Camargo.

---

Rafael Eclache Moreira de Camargo, Me.

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG) – Unidade  
Varginha

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Deus e aos meus pais, Ana Lúcia e Antônio Batista (*in memoriam*) por todo apoio e educação, durante todos os anos de minha vida, não somente neste marco profissional, mas em estar presente em todas minhas conquistas.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que está presente em todos os momentos da minha vida, me abençoado e protegendo para que eu tenha sempre o discernimento das melhores escolhas.

Agradeço a orientação realizada pelos professores Aellington Freire de Araújo e Rafael Eclache Moreira de Camargo por serem esses profissionais competente que tive o privilégio de conhecer durante o curso.

Agradeço à minha querida mãe Ana Lúcia, por confiar sempre em meu potencial, me dar todo apoio e amor. Sei que ela não mediu esforços pra que este meu sonho fosse realizado.

Agradeço ao meu querido pai Antônio Batista (*in memoriam*), que infelizmente não pode estar presente neste momento tão feliz em minha vida, mas sei que ele torce por todas as minhas conquistas. Obrigada por tudo, pai! Saudades eternas!

Agradeço à minha tia Maria Jamile (*in memoriam*) que também não está mais presente, mas que sempre esteve ao meu lado e torcia por minhas escolhas. Obrigada por tudo, tia! Saudades eternas!

Agradeço também aos meus irmãos, Antônio Otávio e Brígida Brenda, por estarem sempre presentes e me incentivarem a ser um profissional competente.

A vocês expresso o meu maior agradecimento.

## EPÍGRAFE

*“Deus dá as batalhas mais difíceis aos seus melhores soldados”.*  
(Papa Francisco)

## RESUMO

Ao longo da história, a construção civil é uma área que alterna momentos de grandes crescimentos com épocas de quedas e desvalorizações. Mesmo assim, percebe-se um grande avanço nas áreas técnicas e de processos construtivos, visto que as edificações projetadas não são mais simples como antigamente. No Brasil, por exemplo, o aquecimento deste mercado nos últimos anos é reflexo da criação do programa Minha Casa, Minha Vida, bem como da facilidade e oferta de créditos para compras e reformas. Assim surge o cenário das edificações em alvenaria estrutural, sistema construtivo muito escolhido em obras residenciais. Percebe-se nessas obras uma elevada ocorrência de patologias, que, de certa forma, podem ser tratadas como sintomas de problemas que ocorrem na edificação. Entre essas patologias estão as fissuras, que podem ser provocadas por recalques de fundação, atuação de sobrecargas acima das previstas, variações térmicas, ações químicas, retração, falta de compatibilização dos projetos, uso de materiais indevidos, controle inadequado de serviços ou não cumprimento das normas vigentes. Essas patologias podem interferir em várias áreas, como estética, características estruturais da construção e durabilidade. Os transtornos causados alteram o desempenho das construções, provocam a frustração dos usuários, prejuízos econômicos e psicológicos. Neste presente trabalho foi realizada uma breve pesquisa bibliográfica em relação aos principais elementos construtivos da alvenaria estrutural com o intuito de prevenir a ocorrência das patologias, além de tratar de maneira breve sobre a abordagem das principais causas de fissuras nestas construções. É apresentado um estudo de caso, em uma edificação multifamiliar em um condomínio do programa Minha Casa Minha Vida, na cidade de Varginha-MG. Realizou-se um ensaio visual, não destrutivo, com a utilização de uma régua de medição de fissuras e fotografias do local. Por fim, são apresentadas as anomalias encontradas e quais as maneiras de prevenção de ocorrência e tratamento adequado.

**Palavras-chave:** Fissuras, Patologias, Causas, Diagnóstico, Alvenaria Estrutural.

## ABSTRACT

Throughout history, civil construction is an area that alternates moments of great growth with periods of falls and devaluations. Even so, there is a great advance in the technical areas and construction processes, since the buildings designed are not as simple as in the past. In Brazil, for example, the growth of this market in recent years reflects the creation of the "Minha Casa, Minha Vida" program, as well as the ease and offer of credits for purchases and renovations. Thus arises the scenario of buildings in structural masonry, a construction system widely chosen in residential works. It is noticed in these works a high occurrence of pathologies, which, in a way, can be treated as symptoms of problems that occur in the building. Among these pathologies are cracks, which can be caused by foundation settlements, overload performance above the expected, thermal variations, chemical actions, retraction, lack of compatibility of projects, use of improper materials, inadequate control of services or failure to comply with current rules. These pathologies can interfere in several areas, such as aesthetics, structural characteristics of the construction and durability. The disturbances caused alter the performance of the constructions, provoke the frustration of the users, economic and psychological losses. In this work, a brief bibliographic research was carried out in relation to the main building. A case study is presented in a multifamily building in a condominium of the Minha Casa Minha Vida program, in the city of Varginha-MG. A non-destructive visual test was carried out, using a crack measurement ruler and photographs of the site. Finally, the anomalies found and the ways to prevent occurrence and appropriate treatment are presented.

**Key-Words:** Fissures, Pathologies, Causes, Diagnosis, Structural Masonry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Definições das dimensões características dos blocos. ....	33
Figura 2: Terminologias dos blocos e tijolos.....	33
Figura 3: Dimensões de acordo com a orientação dos blocos de maneira modular em cm. ....	34
Figura 4: Blocos cerâmicos de paredes vazadas, maciças e perfurados.....	35
Figura 5: Dimensões básicas de blocos 14x19x39.....	36
Figura 6: Dimensões básicas de blocos 19x19x39.....	37
Figura 7: Dimensões básicas de blocos 14x19x29.....	37
Figura 8: Dimensões mínimas dos septos das unidades cerâmicas com paredes vazadas. .....	38
Figura 9: Dimensões mínimas indicadas para os septos em blocos cerâmicos de paredes maciças. ....	38
Figura 10: Bloco de concreto, Bloco de cerâmica e Bloco de sílico-calcáreas.....	39
Figura 11: Tipos de blocos de concreto.....	40
Figura 12: Exemplo de blocos de concreto da Classe A, B e C com suas respectivas dimensões. ....	41
Figura 13: Interação entre argamassa de assentamento e alvenaria. ....	43
Figura 14: Grauteamento.....	44
Figura 15: alvenaria estrutural armada.....	46
Figura 16: Quadrícula modular 1M/2M/3M.....	47
Figura 17 Quadrícula modular em três dimensões, x, y e z.....	48
Figura 18: Exemplo de aplicação da modulação na hora de definir o projeto no plano cartesiano.....	48
Figura 19: Blocos Especiais. ....	49
Figura 20: Blocos Especiais. ....	49
Figura 21: Dimensões modulares com base na multiplicação entre as medidas do bloco utilizado e da argamassa.....	50
Figura 22: Exemplo de um projeto modular de alvenaria estrutural de forma espacial. ....	51
Figura 23: Alvenaria não armada. ....	52
Figura 24: Alvenaria armada ou parcialmente armada.....	53
Figura 25: Criação do “shaft” para embutir as tubulações hidráulicas.....	54

Figura 26: Foto real depois de executado o “shaft”.	55
Figura 27: Bloco especial para a passagem de tubulações elétricas e eletrodutos embutidos.	56
Figura 28: Verga pré-moldada e marco de argamassa armada.	57
Figura 29: Verga e contra-verga moldadas in loco com utilização de blocos canaleta.	58
Figura 30: Passos sobre o estudo da patologia das construções.	63
Figura 31: Distribuição relativa das patologias em estruturas de concreto aparente.	65
Figura 32: Fases que podem acabar gerando as Patologias em uma edificação.	66
Figura 33: “Tetra In”.	71
Figura 34: Ordem de complexidade desta forma.	72
Figura 35: Recuperação de alvenaria – destacamento de pilar/ parede com utilização de tela estuque.	73
Figura 36: Recuperação de fissuras em alvenaria com a utilização de bandagem de dessolidarização parede/ revestimento.	74
Figura 37: Recuperação de áreas com fissuras ativas com a utilização de selante flexível.	75
Figura 38: Recuperação de alvenaria com utilização de tela metálica.	76
Figura 39: Recuperação de fissuras com a utilização de armaduras defasadas.	77
Figura 40: Desvinculação entre a parede fissurada e a parte estrutural superior: a) corte realizado no topo da parede; b) preenchimento com material deformável.	78
Figura 41: Reforço de alvenaria com a utilização de barras de aço.	78
Figura 48: Régua para medição de fissuras ou fissurômetro.	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 42: Fissura horizontal devido à variação de temperatura.	80
Figura 43: Fissura horizontal fachada lateral direita.	81
Figura 44: Fissuras horizontais ocasionadas pela retração da laje.	82
Figura 45: Fissura horizontal no último andar da edificação.	82
Figura 46: Fissura horizontal devido à variação de temperatura.	83
Figura 47: Fissura mapeadas.	84
Figura 49: Fissuras encontradas na área central de uma das edificações.	85
Figura 50: Fissuras inclinadas.	85
Figura 51: Fissuras na base da edificação.	86
Figura 52: Fissuras na base da edificação.	87
Figura 53: Localização de fissuras na fachada lateral da edificação.	88

Figura 54: Localização de fissuras na fachada lateral da edificação.....	88
Figura 55: Localização de fissuras na base da edificação. ....	89
Figura 56: Localização de fissuras nas primeiras fiadas da superestrutura da edificação. .....	90
Figura 57: Localização de fissuras próximas a janela da edificação.....	91
Figura 58: Localização de fissuras na fachada da edificação.....	92
Figura 59: Medição da largura da fissura, na alvenaria interna de um dos apartamentos do condomínio. ....	93
Figura 60: Medição da largura da fissura. ....	94
Figura 61: Medição da largura da fissura em um dos quartos do apartamento. ....	95
Figura 62: Medição da largura da fissura em um dos quartos do apartamento. ....	96
Figura 63: Medição da largura da fissura em um dos quartos do apartamento. ....	97
Figura 64: Medição da largura da fissura. ....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vida útil de projeto (VUP) com relação aos anos.....	21
Tabela 2: Trabalhos de manutenção e reparo nos principais países.....	23
Tabela 3: Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais.....	36
Tabela 4: Dimensões nominais dos blocos de concreto.....	41
Tabela 5: Classificação das aberturas de acordo com as dimensões.....	65
Tabela 6: Classificação das fissuras segundo sua largura em mm.....	99

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Alguns termos empregados para auxiliar o estudo da patologia das construções. ....	61
Quadro 2: Definições válidas de patologias. ....	63
Quadro 3: Patologias e suas prováveis causas das fissuras verticais.....	100
Quadro 4: Patologias e suas prováveis causas das fissuras inclinadas.....	101
Quadro 5: Patologias e suas prováveis causas das fissuras inclinadas.....	102

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1 OBJETIVOS .....	17
1.1.1 Objetivo Geral .....	17
1.1.2 Objetivos Específicos .....	18
1.1.3 Justificativa.....	18
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>18</b>
2.1 DURABILIDADE, VIDA ÚTIL E DESEMPENHO DAS ESTRUTURAS	18
2.1.1 Estados Limites .....	23
2.1.2 Desempenho das edificações .....	24
2.2 ALVENARIA ESTRUTURAL.....	27
2.2.1 Definições.....	27
2.2.2 Breve Histórico.....	28
2.2.3 Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural.....	31
2.2.4 Componentes da alvenaria estrutural.....	32
2.2.4.1 Blocos Cerâmicos e de Concreto .....	32
2.2.4.2 Argamassa.....	42
2.2.4.3 Graute.....	44
2.2.4.4 Armaduras.....	45
2.3 DEFINIÇÕES DE PROJETO .....	46
2.3.1 Modulação .....	46
2.3.2 Paredes Armadas e não armadas .....	52
2.3.3 Instalações hidráulicas e elétricas.....	53
2.3.4 Fundação.....	56
2.3.5 Esquadrias.....	57
2.3.6 Escadas .....	58
2.3.7 Lajes .....	59
2.3.8 Revestimentos.....	59
2.4 PATOLOGIA .....	59
2.4.1 Considerações iniciais .....	59

2.4.2	Patologia das construções .....	65
2.4.3	Patologias devidas ao mal planejamento .....	66
2.4.4	Patologias decorrentes de erros de projeto .....	67
2.4.5	Patologias decorrente dos erros na escolha dos materiais .....	67
2.4.6	Patologias devidas a erros na execução .....	68
2.4.7	Patologias devidas ao uso da edificação .....	69
2.5	PATOLOGIA EM ALVENARIA ESTRUTURAL .....	69
2.5.1	Mecanismos de formação de fissuras .....	70
2.6	ENGENHARIA DIAGNÓSTICA DE EDIFICAÇÕES .....	70
2.7	RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL .....	72
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>79</b>
3.1	ESTUDO DE CASO .....	79
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>80</b>
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>103</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>105</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um dos mais antigos sistemas construtivos utilizados. Até o início do século XX, as alvenarias eram executadas de maneira empírica, apresentando grandes espessuras devido à falta de conhecimento sobre as características dos materiais e suas resistências (SAMPAIO, 2010). Algumas obras importantes que chamam a atenção por suas enormes dimensões são o Coliseu, a Basílica de Santa Sofia e a Pirâmide de Gisé.

Uma edificação também bastante conhecida é o edifício Monadnock em Chicago, com 65 metros de altura, construído entre 1889 e 1891, com 1,80 m de espessura da alvenaria no térreo (FREITAS, 2007). Segundo Silva (2004), se este mesmo edifício fosse calculado hoje, sua espessura do térreo teria cerca de 30 cm, empregando os mesmos materiais.

Deve-se ressaltar que o terremoto de Long Beach na Califórnia em 1933 fez com que o uso da alvenaria simples (sem armadura) fosse proibida nos Estados Unidos em regiões propensas aos abalos sísmicos. Sendo assim, logo surgiram os primeiros conceitos teóricos sobre alvenaria armada (SILVA, 2004).

Foi então que, em 1950, o empirismo predominante no dimensionamento das edificações entrou em decadência. Com o avanço das pesquisas, começaram a trazer parâmetros e surgiram cálculos mais racionais capazes de melhorar o planejamento na construção, principalmente na Suíça (ROMAN e PARIZOTTO FILHO, s.d.).

Contudo, o presente trabalho irá abordar sobre as manifestações patológicas que o sistema construtivo em alvenaria estrutural podem apresentar, caso ocorram falhas durante as fases de execução do imóvel, buscando ressaltar sobre a importância de todas as etapas, desde o planejamento até as manutenções ao longo da vida da edificação, para que ela permaneça com a mesma integridade, conforto e segurança, para a qual foi executada, prolongando assim, sua vida útil.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo Geral

Conseguir identificar, por meio de ensaio não destrutivo, as causas e efeitos das manifestações patológicas que agravam as edificações construídas pelo método de

alvenaria estrutural, além de apresentar os possíveis diagnósticos que ajudam a reparar e recuperar a estrutura.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar um estudo, por meio de revisão bibliográfica, e descrever os principais mecanismos de deterioração nas edificações em alvenaria estrutural;
- Analisar algumas falhas ocorridas durante o processo de construção em alvenaria estrutural, as quais podem levar a manifestações patológicas;
- Descrever alguns conjuntos de recomendações técnicas capazes de melhorar o processo construtivo nos empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural, a partir das falhas identificadas, com apresentação de um quadro de análises in loco.

### 1.1.3 Justificativa

O sistema construtivo de alvenaria estrutural possui grande eficácia assim como a construção executada com concreto armado. Para garantir condições ideais de segurança e de utilização das edificações, torna-se necessário apresentar as causas e os diagnósticos para o aparecimento de patologias nesse tipo de estrutura. Dessa forma, será possível evidenciar, nas diversas etapas do empreendimento, quais são os erros que podem desencadear tais problemas. Sendo assim, percebe-se que é de suma importância discorrer sobre o tema, tanto para os profissionais da área, quanto para os leigos, de forma que eles possam entender a real necessidade sobre o estudo e o conhecimento na área de patologias.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### 2.1 DURABILIDADE, VIDA ÚTIL E DESEMPENHO DAS ESTRUTURAS

Segundo Bolina et al. (2019), com o passar dos anos é comum que toda e qualquer edificação, materiais e elementos de um sistema envelheçam e fiquem mais susceptíveis

a doenças, assim como os seres humanos. Da mesma forma que se tem o termo patologia na medicina, também temos na engenharia civil enquanto um trata de doenças relacionadas aos humanos, na construção civil trata-se de doenças relacionadas às edificações e seus processos de execução.

As construções acabam passando por processos de anomalia em determinada época de sua vida útil, algumas antes, outras bem depois, mostrando indícios de que precisam ser revitalizadas para seguir com o seu papel de segurança e conforto aos usuários. Para que toda e qualquer edificação seja durável por vários anos, é preciso cuidado em todas as suas fases, desde o planejamento da obra, até na fase de recuperação e reforço, para que cumpram o seu papel de integridade e funcionalidade para o qual foram executadas.

Bolina et al. (2019), descrevem que ainda em 1980 um conceito ficou conhecido na construção civil internacional, passando a ser muito discutido e difundido no meio das edificações, o conceito de durabilidade. Essa transformação ocorreu por meio da publicação da norma: *Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered* (ISO, 1984), e pela ASTM E 632. Com essa norma é possível compreender qual a relação com o meio ambiente, o uso, manutenção e operação. O conceito de durabilidade trouxe um novo paradigma de que nenhuma construção é eterna, fazendo com que todos os profissionais da área tenham maior preocupação na hora de projetar e executar qualquer projeto, garantindo que ela tenha maior durabilidade.

Bolina et al. (2019), ilustram uma edificação em Cuba (Figura 1), como exemplo de problemas sofridos com a durabilidade, devido a sistemas empregados de maneira inadequada, os quais acabaram refletindo décadas depois nesta edificação, como: a função de sustentação que não é exercida mais, a deterioração da pintura, as esquadrias que não cumprem mais sua função de maneira estanque e também a mão francesa utilizada na sacada, a qual tenha sido empregada para reduzir os processos de deformação.

Figura 1: Edificação na cidade de Havana- Cuba



Fonte: Bolina et al. (2019).

No Brasil as primeiras preocupações com a durabilidade das construções surgiram em 2003, somente com a revisão da norma ABNT NBR 6118. Foi a partir daí que separaram as classes de agressividade ambiental (CAA), em quatro categorias, segundo seu potencial de agressão às estruturas. Posteriormente esses princípios acabaram sendo disseminados na construção civil, entre os profissionais e tecnologistas, e mais normas passaram a ser revistas. No entanto, a ABNT NBR 6118 ainda foi revisada por mais duas vezes e continuou sem apresentar uma quantificação para o conceito de vida útil de um projeto de edificações. Dessa forma, com o passar dos anos, ainda não sabíamos quanto tempo uma estrutura deveria durar.

Foi em 2013 que começaram a ser respondidas algumas perguntas sobre a duração de uma edificação, com a publicação da ABNT NBR 15575:2013. Esta norma foi composta por seis partes que analisava todos os requisitos de uma construção para ser caracterizada como segura e durável, sendo eles: estrutura, pisos, vedações, cobertura, instalações e sustentabilidade.

O conceito de vida útil é descrito na ABNT NBR 15575:2013 como uma medida temporal de durabilidade. Na ASTM E 632- 81, por outro lado, a vida útil é entendida como o período contado depois de se entrar em fase de uso, onde todas as propriedades são relevantes, apresentando níveis mínimos aceitáveis.

Ainda conforme Bolina et al. (2019), a durabilidade de um elemento deixa de existir, quando ele não cumpre mais suas funções iniciais, para o qual foi desenvolvido. Por isso, os princípios de vida útil e durabilidade se complementam.

Conforme Pereira e Helene (2007), o sistema estrutural de toda e qualquer edificação está ligado ao conceito de vida útil. Visto que, quando é chegado ao fim da vida útil dos elementos estruturais, conseqüentemente é finalizado a vida útil da edificação. Porém, os demais componentes da edificação acabam sendo analisados de maneira distinta, visto que muitos podem ser substituídos.

Segundo a norma NBR 15575-2013, as estruturas precisam apresentar uma vida útil de projeto (VUP) de no mínimo 50 anos, ou a critério do profissional projetista, podem até mesmo possuir níveis de desempenho superiores a 75.

Estes períodos não são ligados somente ao conceito de durabilidade, mas também aos princípios e à qualidade de cada material empregado na construção, dos cuidados desde o projeto, até às fases de execução, tendo uma correlação direta com as patologias das construções. A norma ainda prevê alguns processos e critérios mínimos a serem cumpridos em cada fase, durante o ciclo de vida de uma edificação, mostrados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Vida útil de projeto (VUP) com relação aos anos.

Sistema	VUP (em anos)		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 25	≥ 30

Fonte: ABNT NBR 15575 (2013).

Além disso é preciso que a vida útil seja tratada com pelo menos três aspectos essenciais (FIB 2006):

- a) Métodos de verificação sobre a vida útil do projeto;
- b) Procedimentos para execução e controle sobre a qualidade de uma edificação;
- c) Procedimentos para uso, operação e manutenção da estrutura.

De acordo com Bolina et al. (2019), para que seja possível conhecer uma edificação ao longo dos anos e realizar a prevenção das manifestações patológicas precoces, é fundamental entender sobre os conceitos de vida útil e a durabilidade.

De acordo com Mehta e Monteiro (2014), durabilidade é entendida como o desempenho ao longo dos anos, expressa de maneira quantitativa por meio da vida útil da estrutura e seus componentes, ou seja, vida útil longa é considerada como sinônimo de durabilidade.

Mehta e Monteiro (2014); mencionam que, segundo o ACI Committee 201, a durabilidade do concreto de cimento Portland é definida como a sua capacidade de resistência à ação de agentes de intempéries, abrasão, ataques químicos, ou a qualquer outro tipo de deterioração. Ou seja, para que seja durável, um concreto precisa permanecer com as qualidades e capacidade de sua utilização original, quando exposto a qualquer ambiente, para o qual foi dosado.

Segundo Medeiros, Andrade e Helene (2011), o conhecimento da durabilidade e de seus métodos para previsão sobre a vida útil das estruturas de concreto são necessários para:

- a) Prevenção de manifestações patológicas de forma precoce nas estruturas, o que é de extrema importância para a redução de corrosão, fissuras, trincas, expansões, entre outras patologias;
- b) Contribuição para sustentabilidade, durabilidade das estruturas e economia, sendo válido ressaltar que através do curso de engenharia civil pode-se manejar algumas técnicas, custos e recursos para a preservação do meio ambiente;
- c) Auxílio na previsão sobre o comportamento do concreto ao longo dos anos.

Mehta e Monteiro (2014), descrevem a durabilidade como sendo uma necessidade do usuário, conforme definido pela ISO 6241:1984 *Performance standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered*, e também pela ASTM E 632- 81. Sendo assim, durabilidade pode ser compreendida como o resultado entre a interação da estrutura com o ambiente no qual está localizada, as condições de uso que está submetida, operação e manutenção, não sendo uma propriedade inerente ou intrínseca ao aço ou concreto, pois uma mesma estrutura pode se comportar de diferentes maneiras, de acordo com suas diversas partes.

Segundo Ueda e Takewaka (2007), com o constante desenvolvimento sustentável, é preciso que os profissionais da área da construção civil prolonguem o ciclo de vida das edificações, através de manutenções adequadas. Países como a França, Alemanha, Reino Unido e Itália gastam mais com manutenções e reparos das estruturas já existentes, do que com construções de novas edificações. Em contrapartida, a Coreia e o Japão, gastam

cerca de 20% com manutenções e reparos (Tabela 2). Pois a infraestrutura destes dois países são mais novas do que nos países em desenvolvimento.

Tabela 2: Trabalhos de manutenção e reparo nos principais países.

\* Todas as informações são de 2004, com exceção da Itália que é de 2002.

<b>País</b>	<b>Construção de novas estruturas</b>	<b>Trabalho de manutenção e reparo</b>	<b>Total</b>
<b>Japão</b>	52.5 trilhões de Yen (83%)	10.7 trilhões de Yen (17%)	63.2 trilhões de Yen (100%)
<b>Coréia</b>	116.8 trilhões de Won (85%)	21.1 trilhões de Won (15%)	137.9 trilhões de Won (100%)
<b>França</b>	85.6 bilhões de Euros (52%)	79.6 bilhões de Euros (48%)	162.2 bilhões de Euros (100%)
<b>Alemanha</b>	99.7 bilhões de Euros (50%)	99.0 bilhões de Euros (50%)	198.7 bilhões de Euros (100%)
<b>Itália</b>	58.6 bilhões de Euros (43%)	76.8 bilhões de Euros (57%)	135.4 bilhões de Euros (100%)
<b>Reino Unido</b>	60.7 bilhões de Libras (50%)	61.2 bilhões de Libras (50%)	121.9 bilhões de Libras (100%)

Fonte: Ueda e Takewaka (2007).

### 2.1.1 Estados Limites

Conforme a ABNT NBR 8681:1 2003, os estados limites podem ser divididos em estados limites últimos e estados limites de serviço. A simples ocorrência dos estados limites utilizados determinam a paralisação, no todo ou em partes do uso da construção. Por sua vez, a ocorrência, repetição ou duração dos estados limites de serviço causam efeitos estruturais que não respeitam as condições especificadas para uso normal da construção ou são indícios de comprometimento da durabilidade da estrutura.

Os estados limites últimos que devem ser considerados no projeto são caracterizados por:

- a) Perda de equilíbrio, parcial ou global, admitindo a estrutura como um corpo rígido;
- b) Deformação ou ruptura de maneira excessiva;
- c) Transformação de partes ou do todo, apresentando um sistema hipostático;
- d) Instabilidade por deformação;
- e) Instabilidade de forma dinâmica.

Para os estados limites de serviço são consideradas algumas características durante o período de vida útil de uma estrutura, sendo ele:

- a) Vibração de maneira excessiva ou de forma desconfortável;
- b) Deformação excessivas, que acabam afetando a utilização de forma normal da estrutura, ou ainda causando desconforto no aspecto estético;
- c) Alguns danos localizados, os quais acabam comprometendo a estética da estrutura, ou sua durabilidade.

Os estados limites de serviço podem ter três grandes ordens de grandeza de atuação na estrutura, caracterizadas por três combinações possíveis:

- a) Combinações quase permanente: são aquelas que podem atuar durante vários anos na estrutura, ou em metade da vida da estrutura;
- b) Combinações frequentes: são aquelas que podem repetir ao longo da vida da estrutura, em proporção de 10 vezes em um período de 50 anos, ou que possua duração na ordem de 5% do total;
- c) Combinações raras: são aquelas capazes de atuar por no máximo por algumas horas, durante todo o período de vida útil da estrutura.

### 2.1.2 Desempenho das edificações

Segundo Silva e Frollini (2018), o desempenho das edificações e de seus sistemas construtivos, dependem do comportamento que estas apresentam de acordo com suas condições de uso, e como estão sujeitas ao longo da sua vida útil, ou seja, suas condições de exposição (intemperismos), maneira como estão sendo utilizadas, alguns agentes agressivos (uso intenso, devido a pessoas, alguma indústria, piso de algum terminal rodoviário), vibrações causadas por vários agentes (tráfego intenso, por exemplo), ou ainda de maneira excepcional, como um estádio de futebol, uma rodovia próximos a edificação. Cada sistema possui uma condição para uso e exposição, a qual ficará sujeita durante toda sua vida útil e, é sobre essa função que se define o desempenho que a edificação deverá apresentar.

Sendo assim, ainda conforme Silva e Frollini (2018), é válido que os profissionais responsáveis por cada edificação e/ou projeto, sejam capazes de identificar e orientar a seus clientes, em relação a; todas as condições e especificações que a edificação estará exposta, conforme cada sistema construtivo. Além disso, para possibilitar o estudo de

viabilidade sobre a edificação, deve-se verificar sempre quais são as condições às quais a estrutura estará submetida como: ações internas, externas, áreas comuns, umidades, com base no ambiente ao redor, condições climáticas da região territorial, entre outros.

O desempenho das edificações nada mais é do que o comportamento em relação à utilização da construção e de seus sistemas. As exigências esperadas para uma edificação são atemporais, ou seja, de acordo com um período de tempo em análise. Portanto, é papel do profissional responsável e dos usuários da edificação a implantação de algumas medidas que visem preservar ou seguir as exigências impostas para o uso.

De acordo com Silva e Frollini (2018), a ABNT NBR 15575:2013 trata de qualquer tipo de edificação de uso habitacional, como residências multifamiliares e unifamiliares, sendo que todos os projetos precisam atender os seguintes aspectos:

- a) Os projetos devem conter soluções capazes de tornar uma edificação segura e durável, conforme itens estabelecidos na norma;
- b) Todo sistema construtivo deve possuir um desempenho satisfatório, os quais dependem de seus elementos e formas como foram projetados;
- c) Em fase de obra, deve-se possuir um controle rígido de todas as etapas executadas, visto que estas, afetam de maneira direta no desempenho estrutural;
- d) As orientações aos usuários da edificação também são de grande importância para que a estrutura seja utilizada com a finalidade para a qual foi projetada, ou seja, precisa ser usada de maneira correta.

Segundo Bolina et al. (2019), o desempenho de uma estrutura é entendido como o comportamento que uma edificação apresenta em seu uso. Toda estrutura deve-se manter íntegra, ou próximo a isso, quando “testadas” pelas variadas ações, ao longo de sua vida útil. Cabe ao profissional responsável, agir com medidas capazes de solucionar todo e, qualquer problema que a estrutura venha apresentar. Além disso, é de responsabilidade do profissional alertar os usuários da edificação sobre todas as suas características e como ela deve ser utilizada, identificando todos os riscos presentes, previsíveis na época em que fora construída, e quais poderão aparecer conforme o passar dos anos, se comprometendo com ensaios e informações necessárias para garantir maior segurança e conforto.

O responsável técnico também deve elaborar um manual de uso e ocupação, manutenção e operação da edificação, além de disponibilizar ainda em fase de projeto, todos os materiais e produtos que devem ser utilizados para atingir o desempenho

esperado, conforme projetado. É de responsabilidade do construtor, que todas as fases devem ser seguidas para execução correta da obra, obedecendo todas as recomendações normativas impostas.

A não realização de medidas preventivas podem acabar contribuindo para o surgimento de patologias, afetando assim o desempenho da estrutura, e por consequência, sua durabilidade.

Merece ser destacado que, como relatado em Bolina et. al. (2019) na construção civil existe uma relação estreita entre a responsabilidade da edificação e a garantia do produto entregue. O prazo para questionamento de alguma falha ou avaria é defendido pelo código de defesa do consumidor.

Em casos comprovados de problemas, o usuário ou consumidor não consegue substituir ou trocar o seu produto, mas consegue e tem o direito de ser indenizado, de maneira proporcional aos danos sofridos. Primeiramente, para que se possa entender um defeito, é preciso conhecer qual o vício que o caracterizou. Entretanto, na maioria das vezes não é possível identificar o vício de forma direta, que pode ser, por exemplo, a corrosão de armadura, após anos da utilização da edificação, um cálculo estrutural errado, que levou a ocorrência de uma deformação exagerada, um assentamento de pastilhas mal executado, que ocasionou o deslocamento do revestimento após a entrega, entre outros. Por isso, é necessária uma vistoria de um profissional capacitado. Somente por meio dela, é possível identificar qual o problema e conseguir tratá-lo.

Bolina et al. (2019), ainda mencionam que muitas manifestações patológicas, podem ser classificadas como defeitos, originadas por causa de vícios da construção ou do projeto. A falta de conhecimento sobre normas técnicas, a incompatibilidade de projetos, materiais corretos para o uso e a falta de mão de obra qualificada, são alguns dos casos que levam a estes problemas, sendo todos de responsabilidade do profissional. Já a responsabilidade pela utilização da edificação e de garantir manutenções na estrutura ao longo dos anos, é de caráter obrigatório dos usuários responsáveis pelo imóvel.

## 2.2 ALVENARIA ESTRUTURAL

### 2.2.1 Definições

Para Tauli e Nesse (2010), o conceito de alvenaria é entendido como um conjunto de peças justapostas colocadas em sua interfase, com uma argamassa apropriada, com a finalidade de formar um elemento vertical coeso. Este conjunto coeso serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas de gravidade, resistir a impactos, promover a segurança, à ação do fogo, realizar a proteção e o isolamento acústico dos ambientes, contribuir para o conforto térmico e a manutenção, além de impedir a entrada de chuva e vento no interior dos ambientes.

Segundo Azeredo (1997), a alvenaria é definida como toda obra constituída por pedras naturais, blocos de concreto e tijolos, interligados por argamassas ou não, que possuem a finalidade de oferecer condições de resistência, impermeabilidade e durabilidade. As alvenarias podem ser classificadas como estrutural e de vedação.

Conforme citado em Sampaio (2010) e Camacho (2005), a alvenaria estrutural é um processo construtivo na qual a própria alvenaria desempenha uma função estrutural, não necessitando a utilização de vigas e pilares, acarretando assim, redução de custos. Esses elementos devem ser dimensionados, projetados e executados de forma racional.

De acordo com Tavares (2011), a alvenaria estrutural é uma técnica bastante utilizada desde a antiguidade, quando um dos principais elementos para a construção era a rocha. Porém, a partir de 4.000 a.C a argila começou a ser introduzida no sistema construtivo possibilitando a produção de tijolos.

De acordo com Camacho (2001), a alvenaria estrutural é um sistema construtivo que possui um nível elevado de industrialização e de organização em todo o processo executivo, constituído por vários conjuntos de elementos e componentes inter-relacionados, os quais completam de forma integrada o processo.

Um sistema construtivo pode ser definido como um processo que possui o envolvimento de muitos elementos, todos sendo voltados para a mesma linha de raciocínio, chegando-se a um resultado de forma satisfatória.

Ele é um item que deve ser escolhido ainda na etapa de estudo da nova obra. Para cada tipo de projeto existe um tipo de sistema construtivo que deve ser utilizado para que a obra seja executada da melhor forma.

Assim, após ser decidido o sistema estrutural que será implantado, todos os elementos envolvidos no projeto começam a ser implementados, de acordo com o orçamento e cronogramas da empreiteira. Para que seja alcançado um bom resultado, é preciso que todos sejam fiéis ao sistema, não deixando que seja misturado com outros sistemas, exceto se tiver outro fim benéfico. Quando se deseja executar uma obra em alvenaria estrutural, por exemplo, deve-se considerar que o projeto não terá pilares nem vigas como nas estruturas de concreto armado, visto que o modelo em alvenaria estrutural é feito justamente para substituí-los (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), o conceito principal que está ligado a alvenaria estrutural é a maneira como a estrutura consegue fazer a transmissão de tensões por meio principalmente de tensões de compressão. Este conceito é um dos mais importantes quando levamos em consideração o estudo da alvenaria estrutural. Pode-se admitir também tensões de tração em determinados pontos da estrutura. Porém, estas tensões precisam estar restringidas a pontos específicos. Caso isso não ocorra, e os valores de tensões de tração forem muito elevados a estrutura acaba não sendo economicamente viável para o sistema de alvenaria estrutural.

Pode-se perceber que o sistema construtivo em alvenaria estrutural se iniciou a partir do empilhamento puro e de maneira simples de blocos e tijolos, com a finalidade de cumprir o que se era projetado. Em fases iniciais deste “desenvolvimento” do sistema estrutural, alguns vãos até podiam ser criados, mas contendo sempre elementos auxiliares para ajudar na sustentação, como vigas de pedras e madeiras. Mas, vale ressaltar que estes vãos apresentavam restrições, devendo serem executados com pequenas dimensões.

Outro fato que deve ser levado em consideração quanto a este tipo de estrutura é a sua durabilidade quando se utiliza vigas de madeira, por exemplo. A degradação desses elementos fez com que muitas construções antigas não estejam totalmente conservadas, ou não existam mais, como construções de Pompéia e as ruínas de Babilônia.

### 2.2.2 Breve Histórico

Com relato em Freitas Júnior (2013), uma das atividades mais antigas praticadas pelo homem é a construção civil, pois são vários os relatos históricos que comprovam o interesse humano em construir. Como exemplo temos as grandes construções Sumérias, Romanas e Egípcias. É conhecido que as construções foram executadas de forma

empírica, pois as técnicas de construções eram passadas de gerações para gerações e os avanços eram baseados nas experiências das gerações anteriores.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), o sistema construtivo em alvenaria é muito tradicional e vem sendo utilizado desde o início das atividades humanas, para a execução de vários tipos de estruturas. Com a união de blocos e tijolos empilhados e a aplicação de outros elementos, como argila e pedras, foram executadas milhares de obras que desafiaram os mais diversos intempéries, sendo datadas de milênios e que hoje conhecemos por grandes monumentos, com forte importância na nossa história.

Ainda conforme Ramalho e Corrêa (2003), com o aperfeiçoamento constante das técnicas construtivas desse sistema estrutural, percebeu-se a viabilidade da utilização de arcos nos vãos das estruturas. Com isso, os vãos poderiam ser executados com arranjos para minimizar ou até mesmo eliminar a existência de tensões de tração. Foi através destes estudos que puderam também dar início às execuções de muitas obras de grande porte, como pontes, com maior durabilidade das estruturas, obtendo-se, assim, um salto enorme na qualidade da execução do modelo construtivo em alvenaria estrutural.

Existem vários exemplos destas obras espalhadas pelo mundo, como:

a) As Pirâmides de Guizé: sendo três pirâmides (Miquerinos, Queóps e Quéfren), construídas há aproximadamente 2600 anos a.C com blocos de pedras. A grande pirâmide conhecida por ser o túmulo do faraó Queóps, apresenta uma altura de 147 metros e com uma base de 230 metros. Para a construção foram necessários 2,3 milhões de blocos. Hoje são consideradas grandes monumentos e um símbolo histórico pela capacidade como foram construídas e a quantidade de mão de obra utilizada.

b) Farol de Alexandria: construído cerca de 280 anos a.C em frente ao porto de Alexandria, é conhecido como o mais antigo e famoso farol. Ele possuía 134 metros de altura, era feito de mármore branco e tinha um incrível sistema de iluminação, graças a um jogo de espelhos. Foi destruído ainda no século XIV devido a um terremoto, sobrando apenas as fundações.

c) Coliseu: obra marcante na Itália com capacidade para 50 mil pessoas esse incrível anfiteatro é exemplo da arquitetura romana. Apresentando mais de 500 metros de diâmetro e 50 metros de altura, foi construído por volta de 70 d.C.

d) Catedral de Reims: construída entre de 1211 e 1300 d.C, é um grande exemplo da arquitetura gótica e se destaca pelos grandes vãos obtidos pela utilização de arcos. Esses arcos ficam apoiados em pilares esbeltos, contraventados por arcos externos ao monumento. Por mais que tenham enfrentado grandes desafios no aprimoramento de

técnicas construtivas e limitações de métodos empíricos, essa catedral é exemplo de grande estrutura, devido à sua grandeza e amplitude.

e) Edifício Monadnock: construído entre 1889 e 1891 é um grande exemplo da alvenaria estrutural moderna, com 65 metros de altura e 16 pavimentos. Pela falta de métodos mais apurados suas paredes foram executadas com 1,80 m de espessura, pois acreditavam que desta forma ficariam mais seguras. Um aspecto interessante é que se esta construção fosse refeita nos dias de hoje, a espessura da alvenaria passaria para menos de 30 cm.

f) Alvenaria não-armada na Suíça: edifício construído na Basileia, Suíça ainda em 1950, com 13 andares e 42 metros de altura. Executado em alvenaria estrutural não-armada, as paredes internas possuíam 15 cm de espessura e as externas tinham 37,5 cm. Acredita-se que os métodos utilizados para o dimensionamento, não são muito diferentes dos usados atualmente. A largura de 15 cm para as paredes internas é exatamente o que obteria hoje.

g) Hotel Excalibur em Las Vegas: de acordo com Ramalho e Correia (2003) é o mais alto edifício já executado em alvenaria estrutural, sendo composto por quatro torres principais com 28 andares cada e com 1.008 apartamentos, foi executado com blocos armados com uma resistência de aproximadamente 28 MPa.

h) Os primeiros edifícios residenciais no Brasil: acredita-se que o sistema é utilizado em nosso país desde que os portugueses estiveram presentes ainda no século XVI. Porém, a alvenaria com blocos estruturais como conhecemos hoje demorou para aparecer no cenário brasileiro. Pode-se supor que os primeiros edifícios executados no Brasil tenham surgido em São Paulo em 1966. Eles tinham apenas quatro andares e foram executados com blocos de concreto. Posteriormente em 1972 começaram a ser implementados edifícios com maiores alturas, como o Central Parque Lapa com doze andares em alvenaria estrutural com bloco de concreto.

Hoje em dia a alvenaria estrutural é muito empregada em diversos tipos de obras, mas neste presente trabalho será tratada a sua utilização em edificações multifamiliares. Esse sistema tem-se tornado cada vez mais popular entre construtoras especializadas em habitações de baixa renda, ou seja, programas do governo MCMV (Minha Casa Minha Vida), se destacando como um modelo construtivo promissor por causa das economias geradas pelo seu processo de execução. Entretanto, podemos notar o aparecimento de patologias nessas estruturas com certa frequência, criando a necessidade de que esse sistema construtivo seja um pouco mais criterioso, a fim de combater essas anomalias

### 2.2.3 Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), os pontos positivos deste sistema que se destacam ao compará-lo com o modelo convencional de concreto armado, são:

a) Economia de fôrmas: neste sistema não tem o emprego de fôrmas tão elevado quanto ao da construção em concreto armado, para a execução de vigas e pilares.

b) Redução de revestimentos: devido ao uso de blocos com maior controle de qualidade, a utilização de revestimentos para o acabamento do substrato diminui consideravelmente. Normalmente utiliza-se uma camada fina de gesso aplicada sobre os blocos para se fazer o acabamento, o que não é possível se comparado ao sistema em concreto armado, com os blocos não tão bem acabados. Os revestimentos de acabamento, como azulejos, também podem ser colados diretamente sobre os blocos.

c) Redução da mão de obra e de perdas: por não admitir rasgos significativos para a passagem de tubulações, há uma redução dos desperdícios gerados por essas atividades. Essa característica também diminui consideravelmente a utilização da mão de obra, e minimiza os prejuízos de perda de tempo necessário para as intervenções.

d) Redução da mão de obra especializada: não há grandes necessidades da contratação de carpinteiros e armadores, pois o uso de fôrmas e armaduras é bastante reduzido.

e) Flexibilidade nas fases de execução da obra: caso as lajes sejam executadas com o sistema pré-moldados, o ritmo da execução é maior se comparado ao concreto armado, quando se tem que respeitar o tempo de cura.

Portanto, pode-se perceber que de maneira geral a principal vantagem na utilização da alvenaria estrutural é a maior racionalidade do sistema, reduzindo perdas e consequentemente mão de obra e tempo para a execução, o que não se pode garantir com as obras em concreto armado.

Por sua vez, os pontos negativos deste sistema construtivo são:

a) As paredes estruturais não podem ser removidas, a não ser que sejam feitos todos os cálculos para uma substituição por meio de outros elementos equivalentes com a função estrutural;

b) Os vãos livres possuem limitação;

c) Necessidade de mão de obra qualificada;

d) As juntas de controle e de dilatação precisam ser bem respeitadas;

e) É um pouco difícil realizar modificações na disposição original da edificação. Entretanto, merece ser observado que, com um projeto estrutural de reforço bem detalhado pode ser possível realizar tais modificações.

#### 2.2.4 Componentes da alvenaria estrutural

Segundo Sampaio (2010), o sistema construtivo em alvenaria estrutural é composto por blocos (também chamados de tijolos ou unidades), argamassa, graute e armadura construtiva ou de cálculo, quando necessária. É por meio da combinação desses elementos que a estrutura se torna resistente ao ponto de não necessitar de vigas e pilares, pois toda a estrutura já cumpre este papel.

Além disso, também é comum a utilização de elementos pré-fabricados, como contravergas, vergas, escadas, coxins, entre outros.

##### 2.2.4.1 Blocos Cerâmicos e de Concreto

Os blocos ou unidades são componentes básicos da alvenaria estrutural e têm, o objetivo de garantir as características de resistência da estrutura.

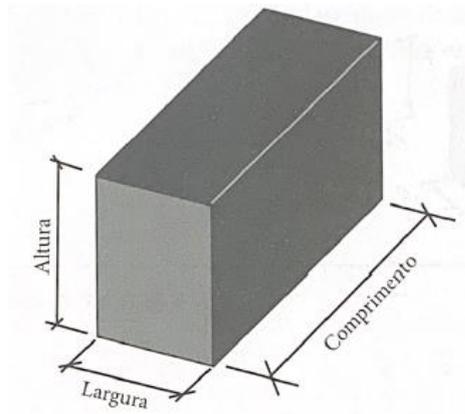
Eles podem ser cerâmicos, de concreto ou sílico-calcáreos. Suas formas podem ser variadas e suas áreas podem ser classificadas como maciças ou vazadas, de acordo com a porcentagem de vazios. Nesse caso, os blocos maciços possuem, no máximo, 25% de sua área total formada por vazios, enquanto os blocos vazados possuem uma área de vazios superior a esse valor. Entre esses dois tipos, os elementos vazados são mais utilizados, pois possibilitam a passagem de tubulações elétricas e, hidráulicas, além de permitir a colocação do graute para a fixação de armaduras na estrutura.

Parsekian et al. (2014), descreve que os blocos cerâmicos são os mais utilizados em várias partes do mundo, quando o sistema é de alvenaria estrutural. Sua utilização costuma ser viável pela presença de várias jazidas de argila em diversas regiões. A durabilidade, a boa aparência e o baixo índice de manutenção acabam contribuindo para a utilização deste elemento em construções cada vez mais modernas.

Segundo os mesmos autores, os blocos estruturais normalmente são assentados com a sua maior dimensão na direção horizontal e com seus furos na vertical (Figura 1). Os blocos possuem características dimensionais e terminologias impostas por norma

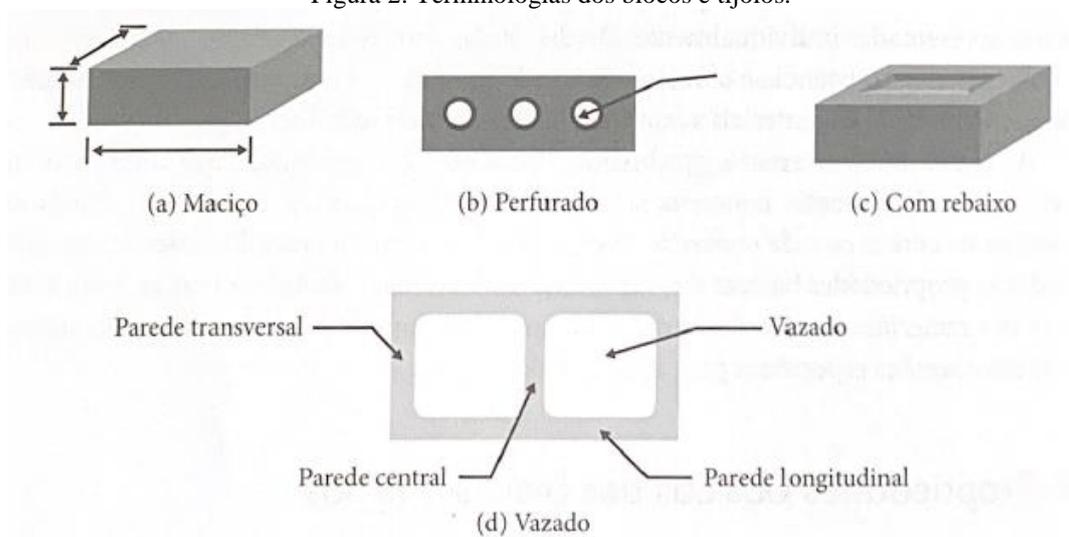
(Figura 2). Na maioria das vezes, o módulo vertical é padronizado com 20 cm, considerando 19 cm de bloco e 1 cm de junta horizontal. Para os blocos de 14 cm de espessura, os comprimentos mais comuns são 29 e 39 cm e juntas de 1 cm, configurando assim os módulos de 15 cm. Para edificações industriais e comerciais é mais comum a utilização dos blocos de 19 cm de largura e os módulos verticais e horizontais com 20 cm (Figura 3).

Figura 1: Definições das dimensões características dos blocos.



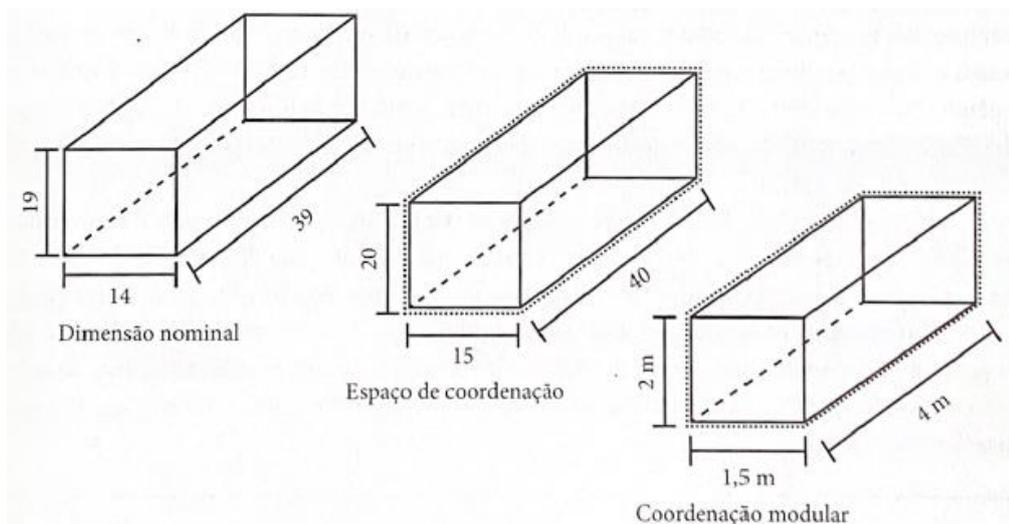
Fonte: Parsekian et al. (2014).

Figura 2: Terminologias dos blocos e tijolos.



Fonte: Parsekian et al. (2014).

Figura 3: Dimensões de acordo com a orientação dos blocos de maneira modular em cm.



Fonte: Parsekian et al. (2014).

De maneira geral as características usadas nas unidades são baseadas conforme a sua área bruta.

As normas brasileiras descrevem que os cálculos devem ser baseados na área bruta, exceto em casos específicos. Em algumas análises mais refinadas é possível que os cálculos sejam feitos com base na área líquida como na verificação precisa da esbeltez de paredes altas ou na flexão. Pode-se, por exemplo, também utilizar a área efetiva no dimensionamento quando as partes maciças dos blocos não se alinham de forma perfeita na vertical, ou quando a argamassa não é colocada apenas nas paredes longitudinais aos blocos.

Segundo Parsekian et al. (2014), as paredes dos blocos vazados na sua direção horizontal são denominadas paredes longitudinais e as demais são chamadas de paredes transversais. São chamadas de paredes centrais aquelas que se encontram de modo transversal no meio do bloco.

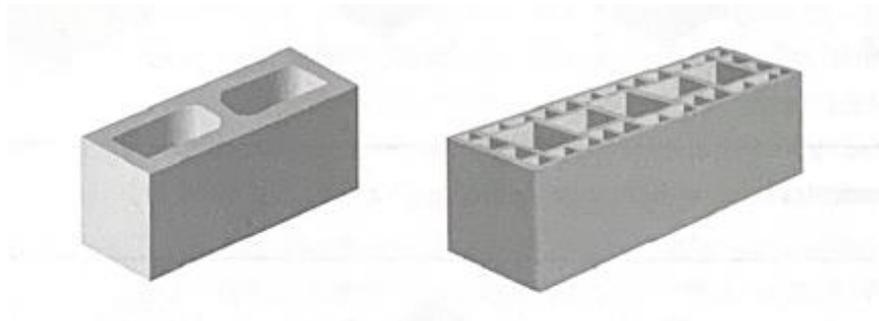
Os autores ainda descrevem que unidades com menos de 25% de vazios são denominadas maciças, pois pequenos vazios próximos à área central dos blocos apresentam baixa influência no momento de inércia. Os blocos que apresentam menos de 75% de área maciça, são conhecidos por blocos vazados, ou perfurados, caso tenham muitos furos.

Conforme Parsekian et al. (2014) e Mohamad et al. (2017), os blocos cerâmicos são, em sua maioria, produzidos por argila superficial, composta por sílica, silicato de alumínio e óxidos de ferro, podendo ser calcário ou não. Devido à vasta quantidade deste

material em diversas partes do mundo, seu uso costuma ser o mais viável economicamente. Em contrapartida a este aspecto, a durabilidade, a baixa necessidade de manutenção, e a boa aparência contribuem para a escolha de blocos cerâmicos nas construções atuais.

Além disso, os blocos cerâmicos utilizados na alvenaria estrutural podem ser de paredes maciças perfuradas, ou vazadas (Figura 4). Os blocos cerâmicos para serem empregados no sistema construtivo de alvenaria estrutural precisam possuir uma resistência característica mínima de 3 MPa de acordo com a norma ABNT NBR 15270-2:2017).

Figura 4: Blocos cerâmicos de paredes vazadas, maciças e perfurados.



Fonte: Parsekian et al. (2014).

Para as dimensões dos blocos a NBR 15270-2 2017 estabelece diferentes valores conforme sua geometria, como apresentado na Tabela 3 e Figuras 5, 6 e 7.

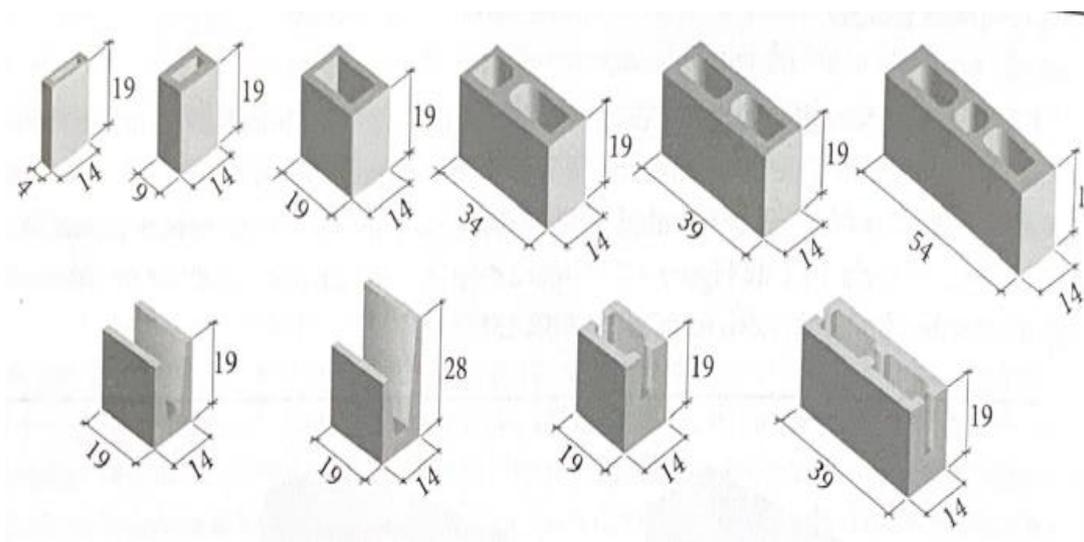
Tabela 3: Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais.

Dimensões L x H x C	Dimensões de fabricação cm					
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)			
			Bloco principal	½ Bloco	Amarração (L)	Amarração (T)
(5/4)M x (5/4)M x (5/2)M	11,5	11,5	24	11,5	-	36,5
(5/4)M x (2)M x (5/2)M		19	24	11,5	-	36,5
(5/4)M x (2)M x (3)M			29	14	26,5	41,5
(5/4)M x (2)M x (4)M			39	19	31,5	51,5
(3/2)M x (2)M x (3)M	14		19	29	14	-
(3/2)M x (2)M x (4)M		39		19	34	54
(2)M x (2)M x (3)M	19	19	29	14	34	49
(2)M x (2)M x (4)M			39	19	-	59

Bloco L – bloco para amarração em paredes em L.  
 Bloco T – bloco para amarração em paredes em T.

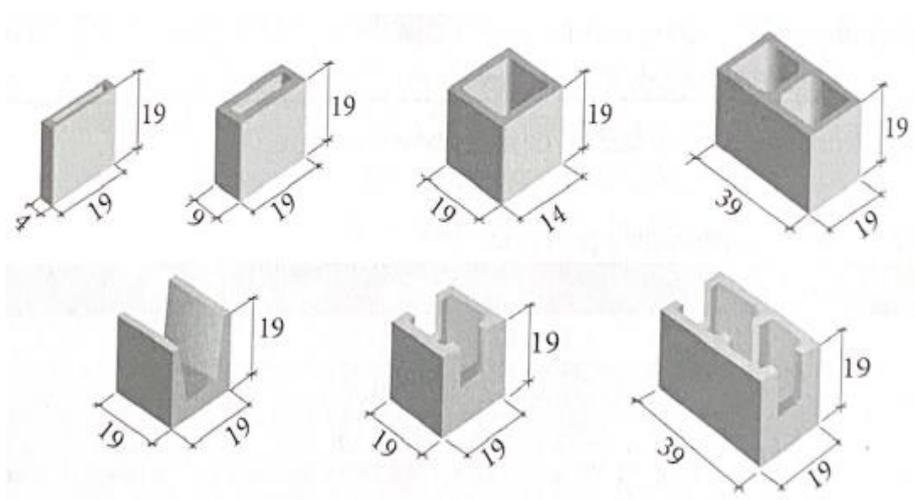
Fonte: ABNT NBR 15270-2 (2005).

Figura 5: Dimensões básicas de blocos 14x19x39.



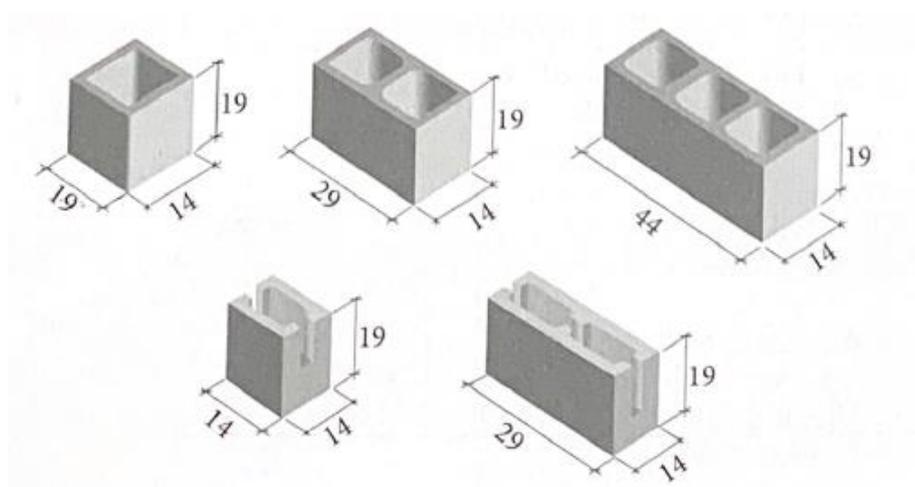
Fonte: Parsekian et al. (2014).

Figura 6: Dimensões básicas de blocos 19x19x39.



Fonte: Parsekian et al. (2014).

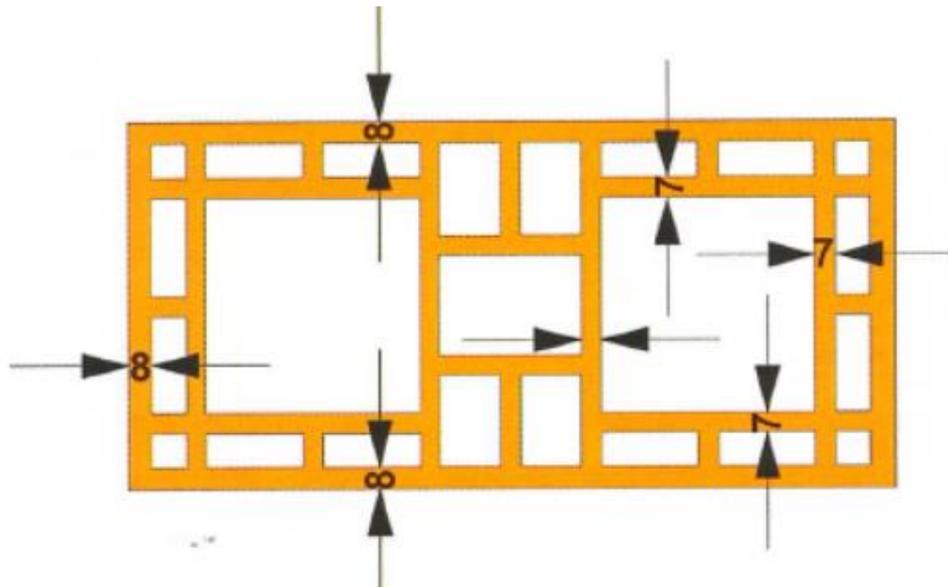
Figura 7: Dimensões básicas de blocos 14x19x29.



Fonte: Parsekian et al. (2014).

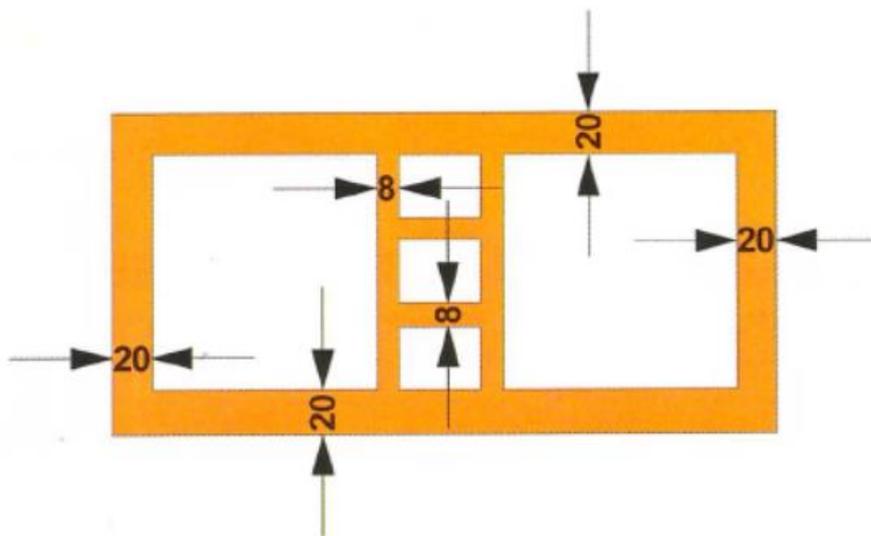
Conforme a ABNT NBR 15270-2: 2017 estabelece que os blocos cerâmicos estruturais de paredes vazadas devem possuir septos internos, ou seja, devem apresentar uma espessura mínima de 7 mm para paredes internas e 8mm para as paredes externas, (Figura 8). No caso dos blocos cerâmicos de paredes maciças, a espessura mínima das paredes é 20mm, podendo as paredes internas apresentarem vazados, desde que a espessura total seja maior ou igual a 30 mm. Nesse caso, a espessura mínima de qualquer septo é igual a 8mm (Figura 9).

Figura 8: Dimensões mínimas dos septos das unidades cerâmicas com paredes vazadas.



Fonte: Mohamad et al. (2017).

Figura 9: Dimensões mínimas indicadas para os septos em blocos cerâmicos de paredes maciças.



Fonte: Mohamad et al. (2017).

Segundo Parsekian et al. (2014), os blocos de concreto são aqueles compostos por pedra, cimento, areia, água e aditivos, capazes de aumentar a coesão da mistura, deixando-a mais fresca. A existência dos blocos de concreto é datada no século 20, sendo utilizados a partir dos anos de 1960 no Brasil. Por causa da sua composição, os blocos de concreto garantem sua resistência com base na aglomeração dos seus elementos de composição, a partir da hidratação do cimento.

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), as unidades de alvenaria estrutural mais utilizadas no Brasil, são, em ordem decrescente de uso, as unidades de concreto, cerâmicas e sílico-calcáreas (Figura 10). As unidades de concreto têm como vantagem uma maior precisão em suas dimensões, pois são fabricados com fôrmas de aço. Além disso, o módulo de elasticidade desse tipo de bloco possui uma similaridade ao da junta de argamassa, o que aproxima a resistência da alvenaria à resistência do bloco.

Figura 10: Bloco de concreto, Bloco de cerâmica e Bloco de sílico-calcáreas.



Fonte: Casa Abril 2006.

A ABNT NBR 6136:2016 estabelece uma resistência característica mínima, calculada para a área bruta, igual a 3 MPa para blocos de concreto sujeitos à compressão. Esse mesmo valor é indicado pela ABNT NBR 15270-2:2005 para os blocos cerâmicos. Por sua vez, a ABNT NBR 14974:2003 estabelece que a resistência dos blocos sílico-calcários seja de, no mínimo, 4,5 MPa.

Segundo Richter (2007), a resistência à compressão dos blocos varia internacionalmente entre 14 a 60 MPa, mas no Brasil algumas fábricas ainda apresentam a resistência de 6 a 20 MPa. O autor ainda afirma que os blocos devem apresentar homogeneidade nas texturas e em suas tonalidades, devem ser uniformes, com ângulos retos e cantos vivos, e não apresentar diferenças elevadas de pesos para as mesmas dimensões.

Segundo Freitas (2008), os primeiros blocos de concreto surgiram na Europa por volta de 1850 e, por serem maciços e pesados levavam mais tempo para serem assentado. Foi nos EUA que por volta de 1890 surgiu o bloco vazado, passando a ser mais leve, o que possibilitou maior produtividade no canteiro de obras. No Brasil a unidade de concreto vazada é bastante utilizada por permitir a passagem de armaduras verticais e por possuir dimensões variadas facilitando a modulação dos espaços.

De acordo com a ABNT NBR 6136:2016 os blocos são classificados de acordo com as seguintes classes:

- 1) Classe A: possuem função estrutural, sendo empregados em níveis abaixo ou acima do nível do solo
- 2) Classe B: também possuem função estrutural, mas destinados a execuções de obras acima do nível do solo;
- 3) Classe C: podem ser utilizados com função estrutural ou sem, em alvenarias acima do nível do solo. É recomendado que os blocos desta classe tenham largura de 90 mm para construções com um pavimento no máximo. Os blocos com largura de 115 mm devem ser empregados em até dois pavimentos, enquanto aqueles com 140 mm e 190 mm podem ser utilizados em obras de até cinco pavimentos. Deve-se ressaltar que as unidades com 65 mm possuem uso restrito para alvenaria sem função estrutural.

As unidades vazadas de concreto podem ser encontradas no mercado em diversas formas de acordo com cada função com diferentes resistências a compressão (Figura 11). A Tabela 4 e a Figura 12 mostram as famílias dos blocos conforme a ABNT NBR 6136:2006.

Figura 11: Tipos de blocos de concreto.



Fonte: Sahara, 2017.

Tabela 4: Dimensões nominais dos blocos de concreto.

Familia		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal (mm)	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

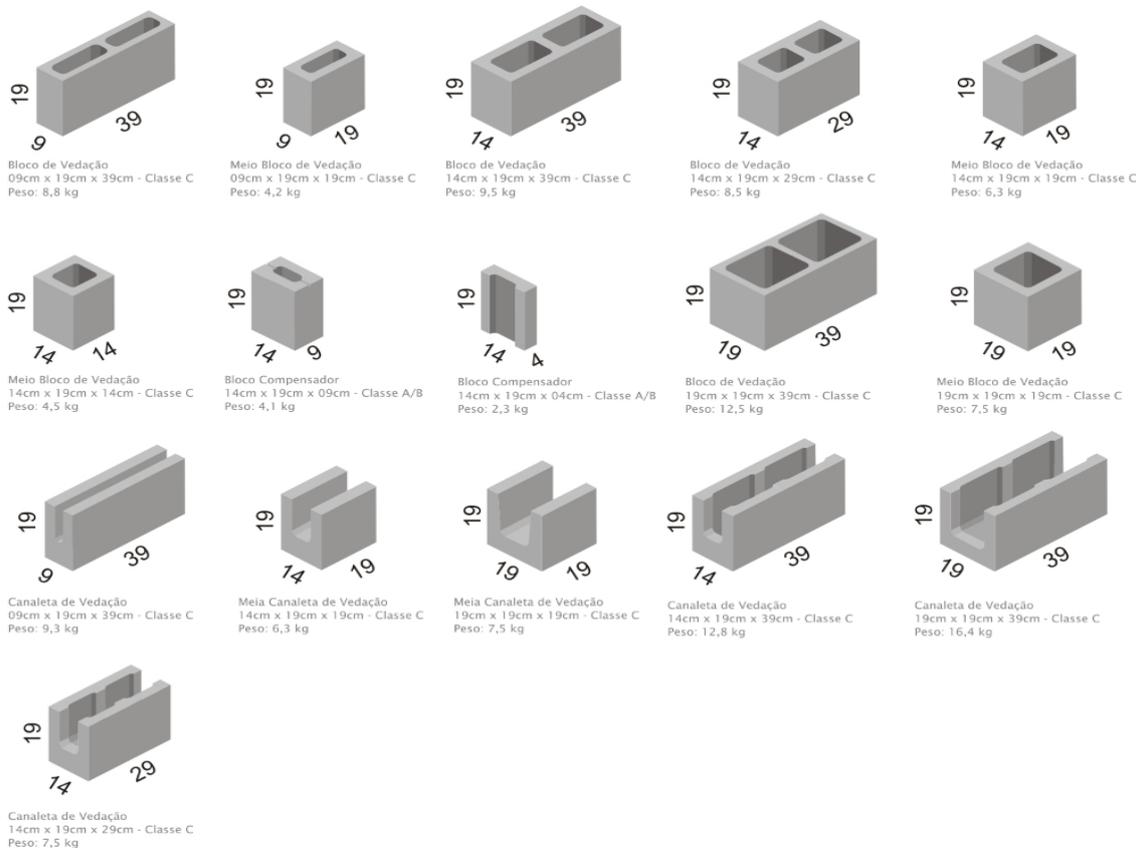
Nota 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de  $\pm 2,0$  mm para a largura e  $\pm 3,0$  mm para a altura e para o comprimento.

Nota 2 Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873.

Nota 3 As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.

Fonte: ABNT NBR 6136:2016.

Figura 12: Exemplo de blocos de concreto da Classe A, B e C com suas respectivas dimensões.



Fonte: [www.concretousinadosp.com.br](http://www.concretousinadosp.com.br).

Por sua vez, conforme Parsekian et al. (2014), os blocos sílico-calcários são aqueles compostos por cal e areia quartzosa, produzidos pela prensagem e cura por vapor em alta pressão, a uma autoclave, com precisão em suas dimensões e boa aparência. Esse bloco se difere do bloco de concreto por possuir a cal como aglomerante. É muito utilizado na Austrália, em algumas regiões dos Estados Unidos, do Brasil e da Europa. É empregado um modelo de pigmentação e tratamento de suas superfícies para que seja possível a diferença na coloração e na textura destes elementos estruturais.

#### *2.2.4.2 Argamassa*

De acordo com Parsekian et al. (2014), a argamassa é usada como um apoio uniforme para garantir a aderência entre os blocos de maneira a suportar as ações e condições do ambiente a longos dos anos. A resistência mecânica, a durabilidade e as variações térmicas são condições esperadas para a argamassa endurecida. Quando em estado plástico, a argamassa deve ser capaz de permitir o assentamento do bloco de maneira fácil, além de compensar as variações das dimensões entre as unidades dos blocos na alvenaria.

Segundo a ABNT NBR 13281 2005, a argamassa de assentamento é definida como um dos elementos básicos para a ligação entre as unidades de alvenaria, normalmente composta por areia, cimento, cal e água e, em alguns casos, pode conter aditivos que visam a melhora de suas propriedades. Além disso, ela também evita a entrada de água e vento nas edificações, contém algumas deformações e transmite, de maneira uniforme, as tensões entre os blocos na estrutura.

É válido ressaltar que não é correta a utilização dos mesmos procedimentos da produção de concreto para a produção de argamassa, pois na produção de concreto o objetivo final é obter maior resistência à compressão, já para a produção de argamassa espera-se que seja obtido:

- Absorção de pequenas deformações que a alvenaria esteja sujeita;
- Realizar a selagem das juntas contra a percolação de água e do vento para dentro da construção;
- Solidarizar os elementos com a finalidade de transferência de tensões uniformemente entre a estrutura;
- Distribuição de cargas por igual;

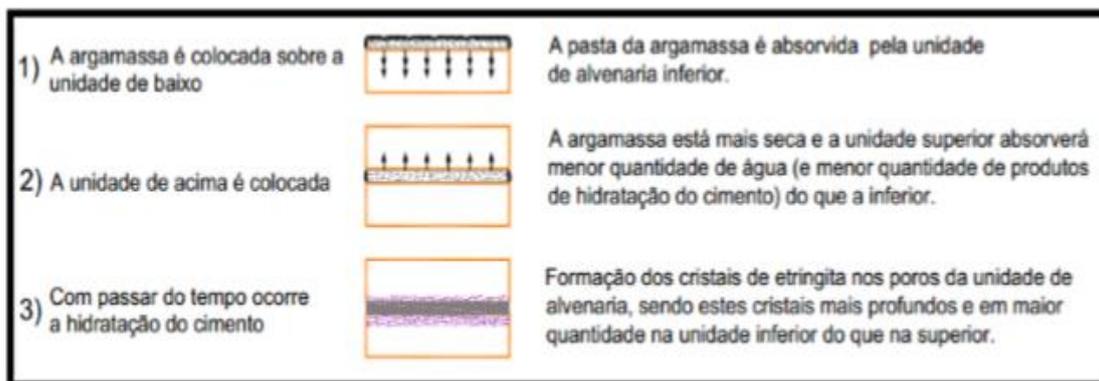
- Proporcionar a compensação das irregularidades entre as dimensões;

De acordo com Gallegos (2005) em edificações tradicionais a argamassa cumpre o papel de corrigir as irregularidades da superfície de maneira que as fiadas fiquem unidas uniformemente, niveladas e apuradas, possuindo estabilidade, resistente a trações e impermeável a intempéries.

O autor ainda menciona que as propriedades exigidas para a argamassa são diferentes daquelas exigidas ao concreto, pois enquanto o concreto precisa ser resistente a esforços mecânicos e à compressão, as argamassas precisam atender as características de retenção de água, coesão no estado plástico, trabalhabilidade, resistência à compressão e aderência

A Figura 13 abaixo ilustra a interação entre a argamassa de assentamento e a alvenaria e como é feita a união (aderência) dos elementos, para a formação da alvenaria como um todo.

Figura 13: Interação entre argamassa de assentamento e alvenaria.



Fonte: Gallegos (1989).

A argamassa é um elemento que pode ser industrializado ou preparado na própria obra. A argamassa industrializada já chega na obra pré-misturada, sendo vendida em sacos ou também a granel, e possui suas propriedades sempre asseguradas pelos seus fabricantes. Porém, necessita de cuidados em seu processo de manipulação, pois a quantidade de água deve seguir os critérios rigorosamente de acordo com as especificações dos fabricantes. A argamassa fabricada na própria obra, por outro lado, possui a vantagem de baixo custo em relação à industrializada. Por ficar mais susceptível a problemas de dosagem, ela pode ser contaminada com impurezas presentes na obra.

De acordo com a ABNT NBR 16868-1:2020 a resistência à compressão da argamassa não é tão significativa para a resistência à compressão da alvenaria. Sua característica mais importante é a plasticidade, a qual permite que as tensões impostas sejam transferidas de maneira uniforme entre as unidades da edificação.

A argamassa utilizada para o assentamento deve atender todos os requisitos descritos pela norma ABNT NBR 13281:2005. Sua resistência deve ser igual a no máximo de 70% da resistência característica especificada para o bloco de acordo com à área líquida.

#### 2.2.4.3 Graute

Segundo Parsekian et al. (2014), o graute é entendido como uma mistura de cimento, agregados e água com um alto slump, podendo ser bombeado ou lançado na obra. O graute é empregado para o preenchimento de vazios na horizontal e na vertical da alvenaria, proporcionando o aumento da sua resistência e aderência à armadura. Ele pode ser utilizado também como preenchimento dos vazios entre duas ou mais paredes.

O graute se difere do concreto pelo alto valor do slump, entre 20 a 25 e elevado índice da relação água/cimento (Figura 14). Esta mistura é capaz de permitir boa plasticidade e o preenchimento de maneira uniforme dos vazios. É preciso possuir uma consistência fluida, para conseguir o preenchimento ideal. Recomenda-se que o graute possua uma resistência que não seja inferior a 15 MPa, pois este é o valor mínimo capaz de garantir sua aderência.

Figura 14: Grauteamento.



Fonte: Planus.

Para Ritcher (2007), as vantagens na utilização do graute, em relação a um concreto comum modificado com aditivo superplastificante (concreto fluido), são:

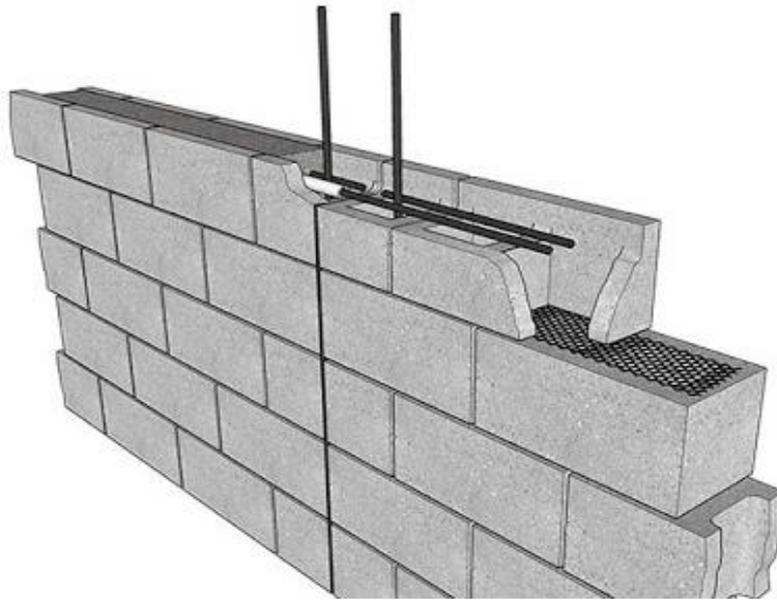
- a) Maior facilidade para preencher vazios e cavidades com elevada concentração de armaduras, sem deixar vazios ou bolsões de ar;
- b) Menores prazos de execução;
- c) Maior proteção contra a corrosão, devido à baixa permeabilidade, destacando-se, em geral, nas seções de reparo ou reforço que são utilizados cobrimentos menores;
- d) Expectativa de melhor qualidade nos trabalhos e consequente alto desempenho dos elementos grauteados, sob severas condições de serviço.

Por ser bem fluido, o graute permite o preenchimento total da seção, sem a necessidade de adensamento. Com a alta resistência inicial e a liberação das fôrmas mais cedo, aumenta-se a agilidade dos processos de fixação de equipamentos e de liberação da estrutura reparada ou reforçada em carga. Além disso, possui elevada resistência final, deformação compatível com o concreto e garante um bom desempenho frente a esforços elevados.

#### *2.2.4.4 Armaduras*

Como relatado em Ramalho e Corrêa (2003), as armaduras utilizadas no sistema construtivo de alvenaria estrutural estão presentes para aumentar a resistência da estrutura aos esforços de tração (Figura 15). Elas são empregadas no sentido vertical aos blocos ou horizontal, no caso das vergas, canaletas e contra-verga. É preciso lembrar que as disposições desta ferragem devem estar especificadas no projeto estrutural. Além disso, é preciso que o projetista tenha conhecimento sobre a resistência média à compressão da argamassa, pois a ABNT NBR 16868-1: 2000 especifica vários valores de tensão admissível à tração e ao cisalhamento de acordo com essa resistência.

Figura 15: alvenaria estrutural armada.



Fonte: [www.forumdaconstrucao.com.br](http://www.forumdaconstrucao.com.br)

Segundo Parsekian et al. (2014), a armadura é empregada na alvenaria estrutural com a finalidade de resistir aos esforços de tração e cisalhamento, sendo capaz de aumentar a resistência em cargas centralizadas e permitir também a ductilidade em ações excepcionais à estrutura. As armaduras podem ser adicionadas para unir as paredes com os demais elementos presentes na construção, propondo o controle de fissuras e possíveis deformações térmicas, de retração ou ainda por cargas concentradas. Devido ao fato de não ser prevista utilização de estribos neste tipo de sistema construtivo, essas armaduras acabam não sendo eficientes para garantir o aumento da resistência a compressão na edificação.

Ainda conforme Parsekian et al. (2014), são os mesmos tipos de aço encontrado nas construções em concreto armado, são utilizados na alvenaria armada, sendo o mais comum o aço CA50, que possui uma tensão de escoamento de 500 MPa.

## 2.3 DEFINIÇÕES DE PROJETO

### 2.3.1 Modulação

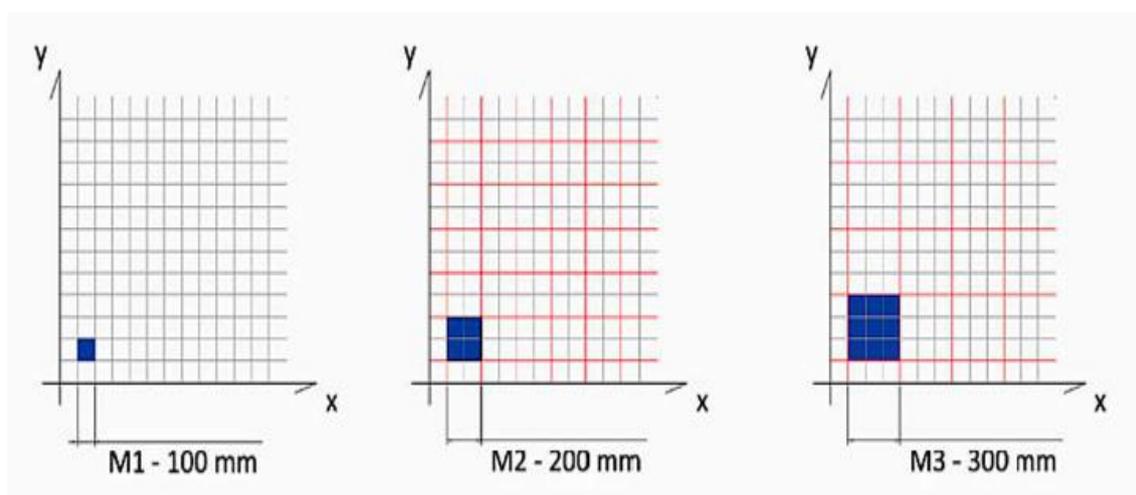
De acordo com Tauil e Nese (2010), a modulação é capaz de garantir que todas as peças e demais componentes da estrutura fiquem organizados com as medidas pré-

definidas. Esta coordenação modular é uma maneira de arranjar os blocos de modo que todas as dimensões fiquem padronizadas.

O método utilizado para a alvenaria estrutural na maior parte das referências bibliográficas é  $M=100$  mm, com  $M$  sendo a menor unidade de medida modular inteira da quadricula de referência igual a  $100 \times 100$  mm. Essa é a base para o desenvolvimento inicial de qualquer projeto.

Por mais que possa parecer o contrário, a utilização do plano cartesiano com medidas modulares reticuladas não “engessa o projeto”, ou seja, por mais que esteja sendo projetado de maneira proporcional ao plano, com dimensões quadriláteras, isso não faz com que se perca a criatividade para a elaboração de projetos diversos. Por isso, sempre que seja necessário, são utilizados submódulos de  $M$ , como no exemplo da Figura 16.

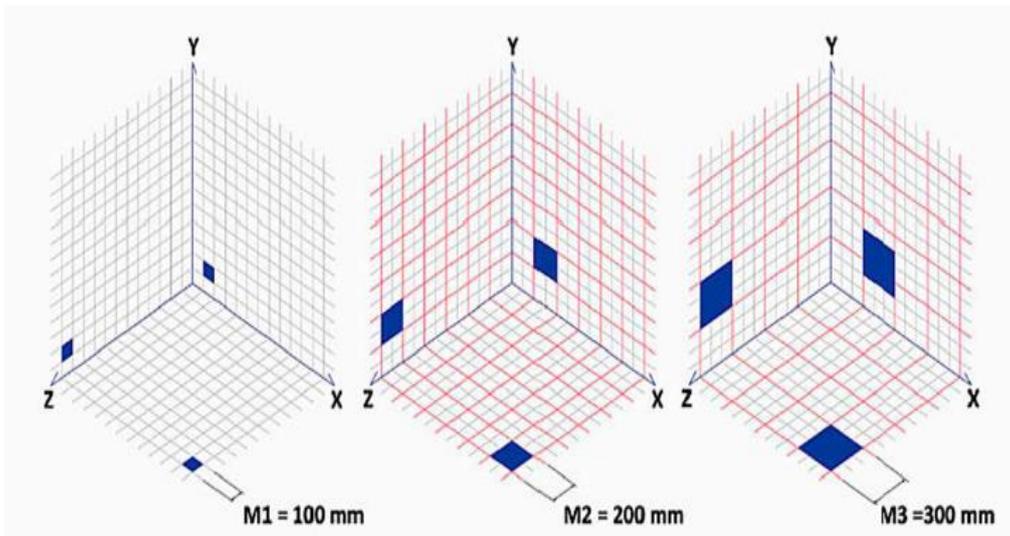
Figura 16: Quadricula modular 1M/2M/3M.



Fonte: Tauil e Nese (2010).

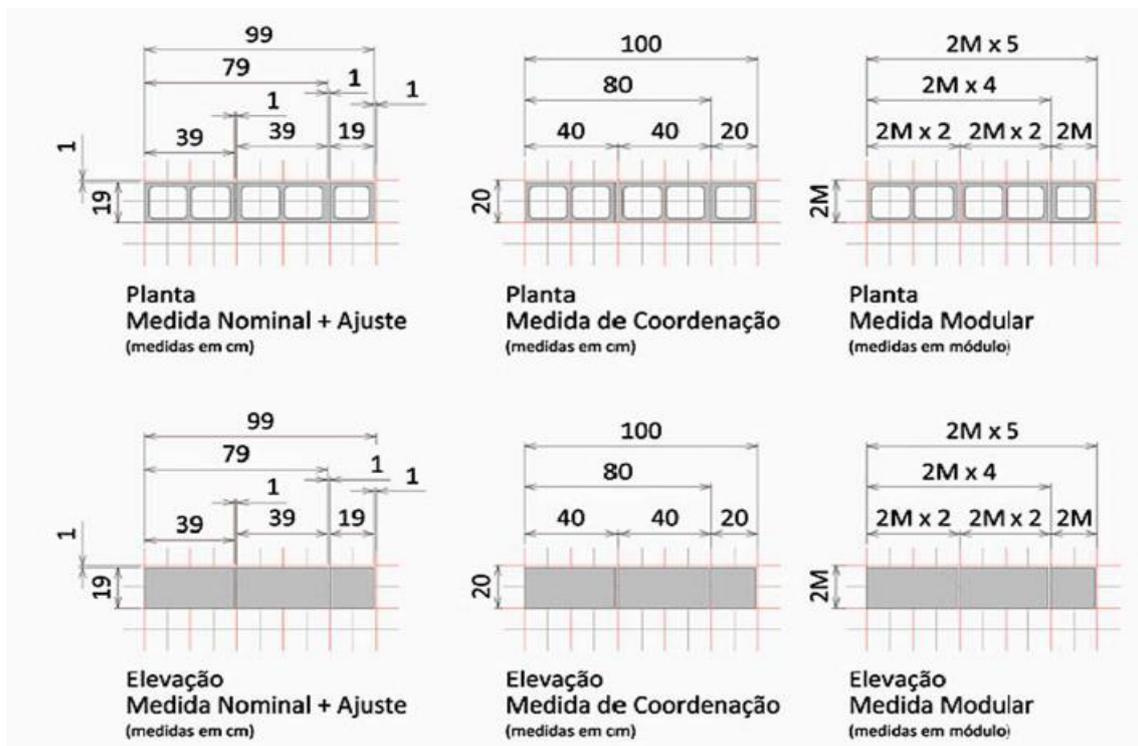
Conforme Tauil e Nese (2010), logo após a escolha do bloco disponível no mercado em que se deseja executar a obra, todas as etapas de organização dos módulos é feita de maneira automática, visto que todos os ambientes do projeto receberão suas medidas de acordo com os múltiplos do módulo que se foi adotado (Figura 17 e 18). Essa forma de projetar possui muitas vantagens, entre elas o auxílio na definição de caixilhos que serão adotados para as instalações e também uma possível hipótese sobre uma mudança futura no projeto.

Figura 17 Quadrícula modular em três dimensões, x, y e z.



Fonte: Tauil e Nese (2010).

Figura 18: Exemplo de aplicação da modulação na hora de definir o projeto no plano cartesiano.



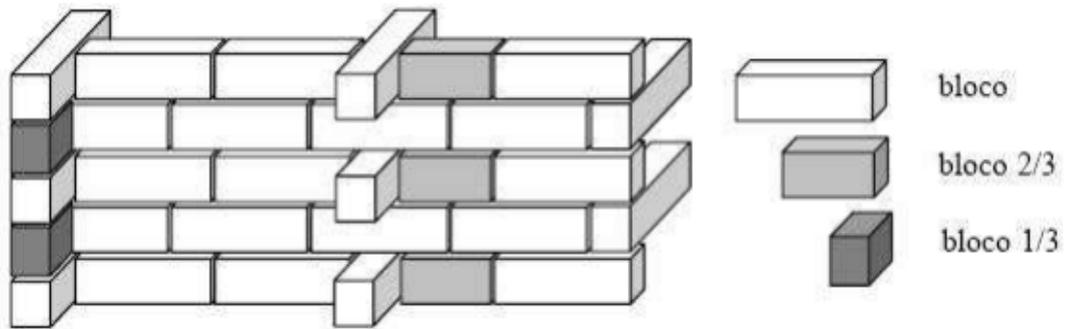
Fonte: Tauil e Nese (2010).

Sendo assim, para que seja possível projetar um edifício em alvenaria estrutural, é preciso que seja feito um estudo sobre a modulação, juntamente com o projeto

arquitetônico. A modulação funciona como um estudo sobre o encaixe que os blocos deverão ter, respeitando as amarrações e o formato de prisma.

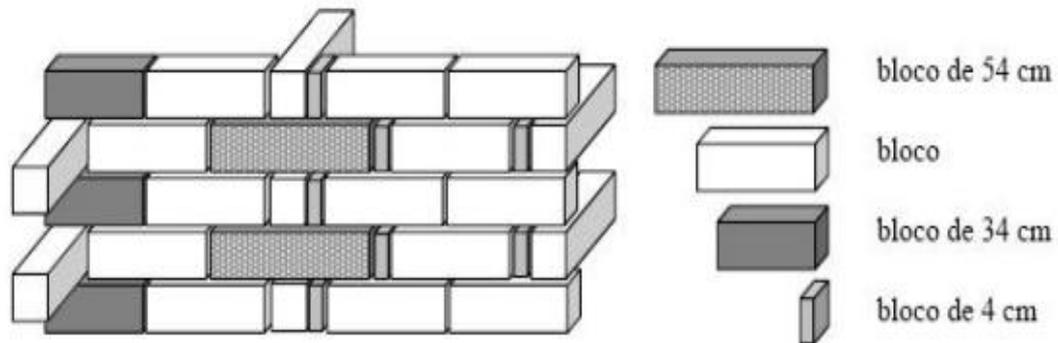
Quando é necessário usar preenchimentos com medidas especiais, existem os blocos que são apropriados para cada ocasião, como mostrado na Figura 19 e 20 abaixo:

Figura 19: Blocos Especiais.



Fonte: Vilató, 2000.

Figura 20: Blocos Especiais.



Fonte: Vilató, 2000.

Depois de ter formulado todas as modulações com os blocos devidamente desenhados, parte-se para a etapa de inserir os pontos de grauteamento entre eles. Os pontos de graute não substituem pilares, pois servem apenas para solidarizar a estrutura como um todo.

Tauil e Nese (2010), ainda discorre que para que o sistema seja econômico, é preciso que o projeto seja pensado de forma que o layout fique bem distribuído, fazendo com que a obra fique mais econômica, ou seja, quanto menos paredes, menores serão os

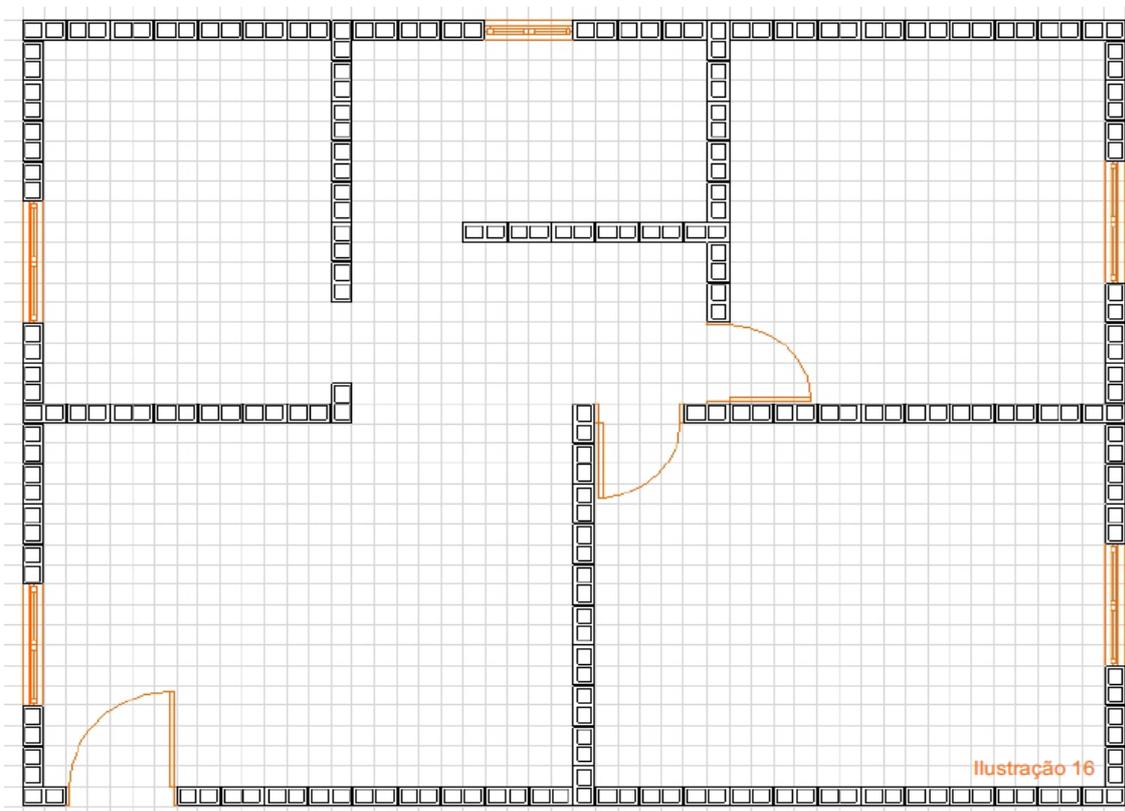
custos. Esses detalhes devem ser pensados durante o planejamento do projeto, para que na execução, tudo saia como o planejado.

Segundo Tauil e Nese (2010), além do projeto estrutural e do projeto arquitetônico, não se pode esquecer dos projetos complementares, pois é a partir da união de todos os projetos, que é possível concluir uma obra com sucesso, respeitando os espaços e os métodos construtivos. Como não se pode haver cortes na alvenaria estrutural, as instalações acabam sendo feitas dentro das células dos blocos ou na parte externa, dentro de shafts.

Portanto, de modo geral a intenção de um processo de gerenciamento é fazer com que a obra seja um segmento capaz de integrar várias peças da obra, gerando um produto de modo satisfatório como o previsto no planejamento.

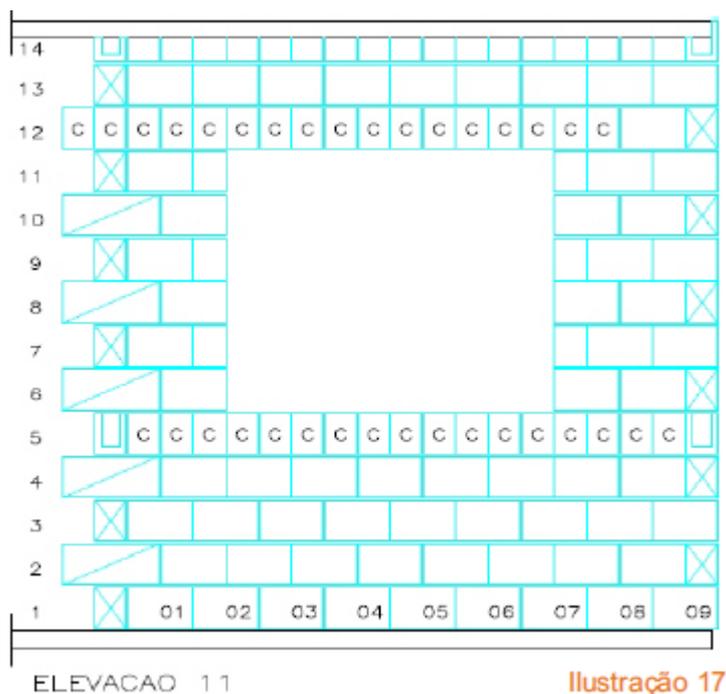
Segundo Roman e Parizotto Filho (s.d) a dimensão dos módulos é resultado da soma entre as dimensões do bloco real que irá ser utilizado e das juntas de argamassa que serão aplicadas. A multiplicação desses valores resultará em um valor inteiro que será as medidas do projeto a ser executado (Figuras 21 e 22).

Figura 21: Dimensões modulares com base na multiplicação entre as medidas do bloco utilizado e da argamassa.



Fonte: Roman e Parizotto Filho (s.d).

Figura 22: Exemplo de um projeto modular de alvenaria estrutural de forma espacial.



Fonte: Roman e Parizotto Filho (s.d).

Roman e Parizotto Filho (s.d) ainda mencionam que é com base no anteprojeto modular, que será possível a compatibilização dos demais projetos complementares. Assim como em qualquer modelo estrutural, é preciso ser feito um controle capaz de garantir que todos os projetos estão corretos para serem executados, bem como, os detalhamentos sejam capazes de proporcionar um melhor entendimento durante a execução.

Por isso, no modelo de alvenaria estrutural, devem ser realizadas paginações das paredes, capazes de descrever de maneira gráfica cada uma delas, com a representação dos blocos que as compõe, bem como os locais onde passarão instalações e demais soluções construtivas. Tudo deve ser devidamente detalhado para que as aberturas sejam compatibilizadas nos pontos adequados.

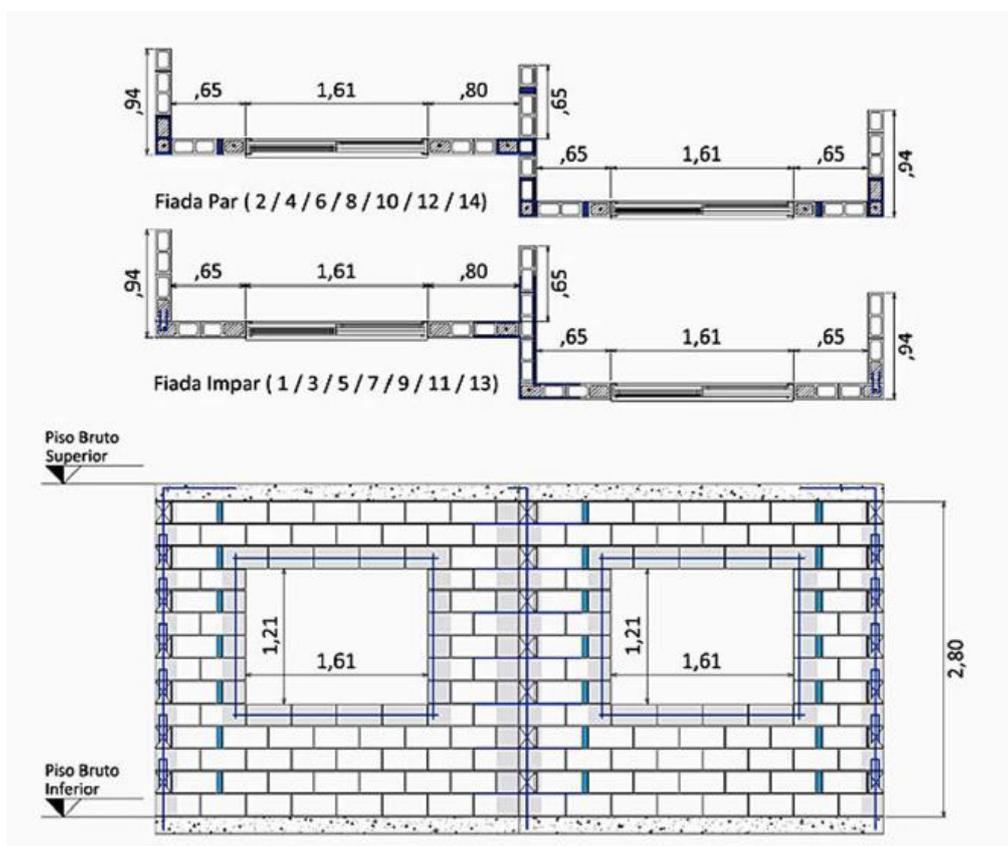
Para Roman e Parizotto Filho (s.d) a modulação da alvenaria estrutural é detalhada com base nos blocos das famílias de 39 cm (módulo de 20 cm) e 29 cm (módulo de 15 cm), sendo que a abertura de vãos e o comprimento das paredes devem ser múltiplos do valor desses módulos. O bloco 39x19x14 cm apresenta uma modulação em maior escala, ou seja, apresenta uma largura não modular. Por isso, quando utilizado deve ser feito a complementação com mais um elemento para solucionar este problema no encontro das paredes. Na maioria das vezes isso é feito com o bloco 34x19x14 cm.

### 2.3.2 Paredes Armadas e não armadas

Tauil e Nese (2010) descrevem que a alvenaria não armada é aquela caracterizada por não receber graute em sua estrutura. Ela pode, apresentar reforços com armaduras em vergas e contravergas de portas e janelas, com a finalidade de evitar problemas patológicos futuros, como trincas e fissuras, devido à dilatação e movimentações causadas por mudanças de temperatura e/ou intemperismo (Figura 23).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a alvenaria estrutural não armada pode ser utilizada em edificações de pequeno porte, como residências unifamiliares e prédios de até oito pavimentos.

Figura 23: Alvenaria não armada.

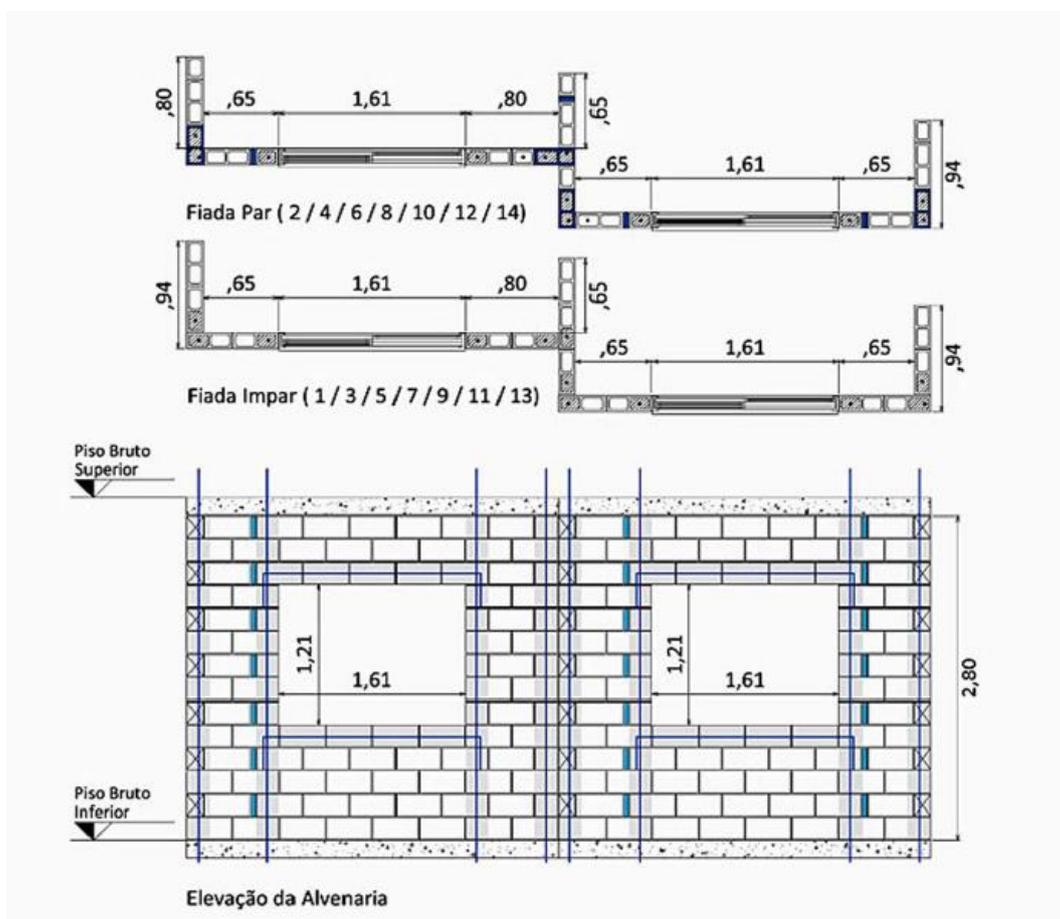


Fonte: Tauil e Nese (2010).

Ramalho e Corrêa (2003), descreve que a alvenaria estrutural armada pode ser empregada em construções de mais de vinte pavimentos. Geralmente são executadas com blocos cerâmicos vazados ou de concreto, recebendo reforços em algumas regiões, de acordo com as exigências do projeto estrutural. Esses sistemas utilizam armaduras

passivas, com barras e telas soldadas, posicionadas entre os vazios dos blocos e grauteadas (Figura24).

Figura 24: Alvenaria armada ou parcialmente armada.



Fonte: Tauil e Nese (2010).

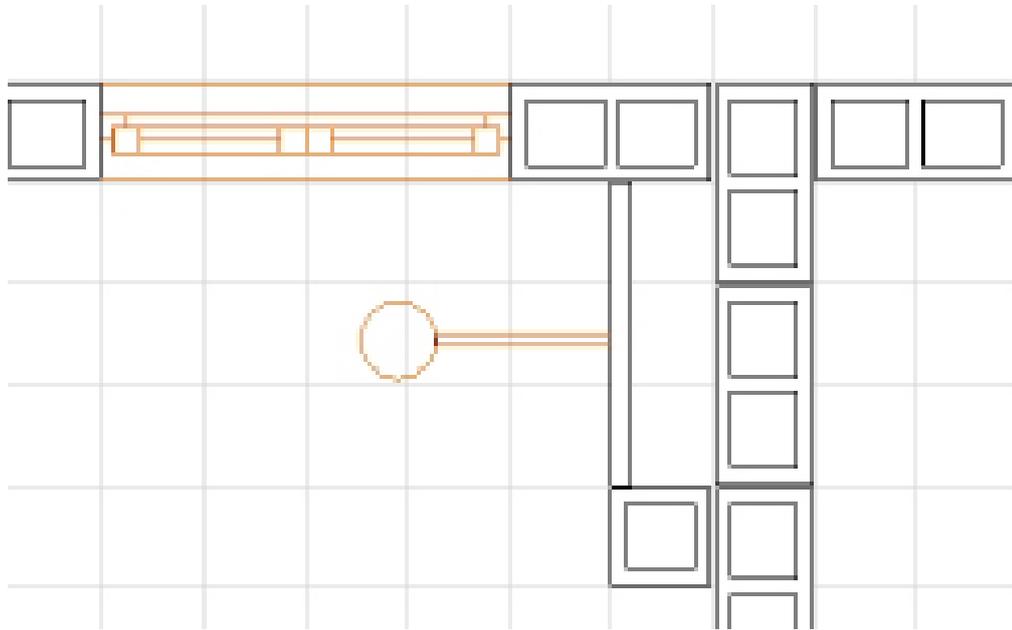
### 2.3.3 Instalações hidráulicas e elétricas

De acordo com Roman e Parizotto Filho (s.d.) para que sejam realizadas as instalações hidráulicas nas edificações em alvenaria estrutural, é necessário evitar rasgos na estrutura para o embutimento das tubulações. Além da insegurança, causada deve ser evitado o retrabalho para a realização dos rasgos e o desperdício de materiais. Para que seja evitado este problema, existem algumas alternativas, entre elas:

- a) Deve ser previsto ainda em fase de projeto a localização dos pontos hidráulicos para a passagem correta da tubulação, com a utilização de blocos especiais (blocos hidráulicos);
- b) Criação de regiões tipo “shafts” para a passagem das tubulações (Figuras 25 e 26);

- c) Uso de forros falsos;
- d) Colocação de tubulações de forma aparente, podendo ser escondidas de várias formas, de acordo com o detalhamento do projeto.

Figura 25: Criação do “shaft” para embutir as tubulações hidráulicas.



Fonte: Roman e Parizotto Filho (s.d.).

Figura 26: Foto real depois de executado o “shaft”.



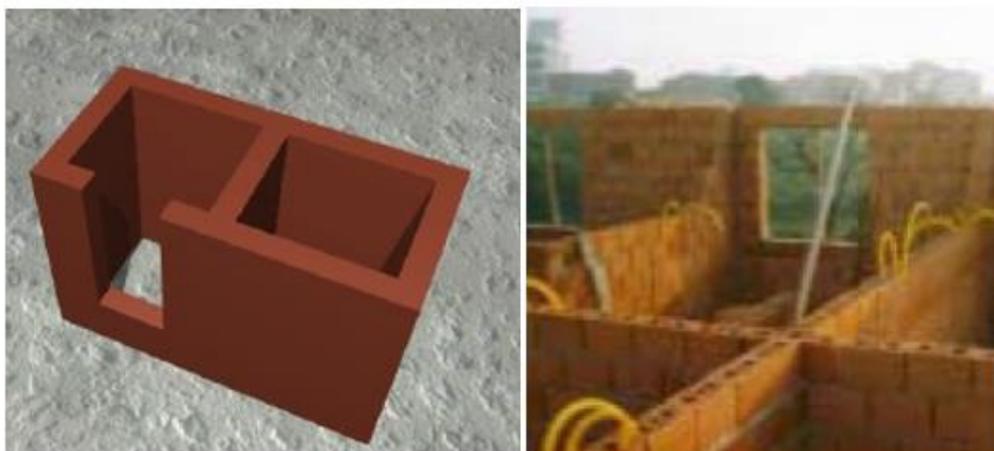
Fonte: Roman e Parizotto Filho (s.d.).

Segundo Prudêncio et, al (2002), a alternativa mais viável e adequada para este sistema são os “shafts”, que devem ser analisado em fase de projeto, de modo que o mesmo contenha a elevação das paredes e o detalhamento de onde as instalações irão passar. Na fase de projeto também é interessante fazer com que as áreas molhadas fiquem próximas e agrupar o maior número de instalações próximas, para melhorar o aproveitamento das instalações e a passagem dos “shafts”.

Roman e Parizotto Filho (s.d.), também mencionam, que todas as especificações de quadros de distribuição de energia, pontos de tomadas e interruptores devem estar detalhados no projeto executivo, para evitar cortes na alvenaria. quando não for possível a utilização de blocos especiais, os quais já possuem previsões para os locais de instalação destas caixas.

As caixas de tomadas também podem ser embutidas nos blocos (Figura 27).

Figura 27: Bloco especial para a passagem de tubulações elétricas e eletrodutos embutidos.



Fonte: Roman e Parizotto Filho (s.d.).

#### 2.3.4 Fundação

Segundo Roman e Parizotto Filho (s.d.), as fundações executadas para o sistema de alvenaria estrutural precisam ser projetadas de forma a acomodar as cargas distribuídas linearmente. Ela podem ser, sapatas corridas, estacas alinhadas ao longo das paredes e radiers. A fundação com viga baldrame apoiada em sapatas isoladas deve ser evitada, visto que este tipo de fundação é recomendado para cargas pontuais.

Quando há a necessidade de muros de arrimo, eles devem ser executados em alvenaria protendida ou alvenaria armada, sempre com base no projeto estrutural calculado previamente.

Prudêncio et. al (2002), descrevem que as fundações desse sistema podem ser rasas ou profundas, de acordo com o projeto estrutural realizado. Deve-se respeitar as condições do solo, local em que será executada a obra, os valores de cargas, entre outros aspectos. Os autores ainda mencionam que na alvenaria estrutural, as cargas são distribuídas na fundação ao longo de seu comprimento, o que favorece o emprego de fundações contínuas para esses sistemas. É bem comum a utilização de sapatas contínuas, mas vale salientar que tudo depende da região e do solo encontrado, pois cada projeto é único e tem suas particularidades.

Ainda segundo Prudêncio et, al (2002), em solos que apresentam baixa capacidade portante, existe a alternativa de executar a fundação com estacas alinhadas com espaçamentos de no máximo 3 metros, encaixando sobre elas uma viga baldrame para

distribuir as cargas. Já em obras de pequeno porte é comum empregar sapatas isoladas ao invés de continuas.

### 2.3.5 Esquadrias

De acordo com Roman e Parizotto Filho (s.d.), é possível compatibilizar o tamanho das esquadrias (portas e janelas) com a família dos blocos que será utilizada na obra. Essas compatibilizações é necessária para que as aberturas possam “casar” com a modulação dos blocos e para que sejam evitados desperdícios, ou a fabricação de esquadrias próprias (com a utilização de serviços de marcenaria e/ou serralheria), capazes de se adequar às aberturas designadas para a modulação dos blocos utilizados. Esta é uma das formas de se racionalizar tanto mão de obra, quanto material na obra, podendo também ser utilizado:

- a) Marco montado in loco;
- b) Marco de argamassa armada (Figura 28);
- c) Verga e contra-verga moldada in loco (Figura 29) ou pré-moldadas;
- d) Batentes padronizados de acordo com as esquadrias.

Figura 28: Verga pré-moldada e marco de argamassa armada.



Fonte: Roman e Parizotto Filho (s.d.).

Figura 29: Verga e contra-verga moldadas in loco com utilização de blocos canaleta.



Fonte: Roman e Parizotto Filho (s.d.).

Segundo Prudêncio et, al (2002), nas aberturas de portas e janelas devem ser executadas vergas e contravergas, com a finalidade de garantir reforço essas áreas. A verga é sempre posicionada na primeira fiada acima da abertura do vão. Ela é um elemento e sujeito à incidência de momento fletor, pois possui a finalidade de absorver as reações provocadas pela laje e demais cargas distribuídas que chegam a esses pontos. As vergas podem ser feitas com peças pré-fabricadas ou com blocos canaletas, devendo ter seu comprimento prolongado passando do vão de abertura. As contravergas, por outro lado, ficam localizadas na última fiada abaixo da abertura. Elas são compostas por blocos do tipo canaletas e, devem ter seu comprimento prolongado passando do vão da abertura, ou seja, em mais ou menos dois blocos para cada lado.

### 2.3.6 Escadas

As escadas quando necessárias em projetos de alvenaria estrutural, podem ser executadas in loco, ou ainda pré-moldadas. Ambas são de fácil locação e agilizam consideravelmente a execução da obra.

### 2.3.7 Lajes

Na alvenaria estrutural pode ser empregadas lajes pré-moldadas e moldadas in loco. As lajes pré-moldadas podem se apresentar como:

- a) Laje mista (lajota e vigota);
- b) Laje pré-moldada alveolar;
- c) Laje pré-moldada em painéis.

A escolha deve ser feita com base no projeto estrutural, para que sejam atendidas todas as recomendações estruturais de segurança e economia. Independente da escolha, é válido ressaltar que para qualquer tipo de laje é preciso ser feito um escoramento de forma nivelada, garantindo posteriormente qualidade na execução de revestimentos com espessura fina.

### 2.3.8 Revestimentos

Conforme Roman e Parizotto Filho (s.d.), a alvenaria estrutural possui uma grande vantagem em relação à espessura reduzida de revestimento, graças à manutenção do prumo.

Ela também viabiliza a execução dos revestimentos internos com 5 mm de espessura, garantindo a redução do tempo de execução da mão de obra e do consumo de materiais. Para a fachada, a espessura recomendada para execução dos revestimentos é de 2 cm, segundo testes realizados em laboratório.

Portanto, o ganho proporcionado com a redução de materiais e da mão de obra para a execução dos revestimentos, faz com que a alvenaria estrutural ganhe uma economia considerável em relação a outros sistemas construtivos.

## 2.4 PATOLOGIA

### 2.4.1 Considerações iniciais

Segundo Bolina et. al. (2019), uma patologia pode ser qualificada em uma estrutura como um desvio ao desempenho adequado. Em uma contenção de gabião, por

exemplo, qualquer anomalia que cause alteração na resistência ao carregamento, durabilidade e drenagem é considerada como patologia.

A palavra patologia é derivada do grego, em que pathos significa doença e logia é igual a ciência, estudo, ou seja, ela é definida como o estudo da doença. Para a construção civil, patologia pode atribuir-se ao estudo de danos ocorridos nas obras.

A patologia pode se manifestar de várias formas, como: infiltrações, trincas, umidade excessiva, fissuras, danos, recalques, entre outras. Por ser encontrada de várias formas, pode receber o nome de manifestações patológicas.

Bolina et. al. (2019), descrevem ainda que a patologia das construções é uma ciência que procura identificar de maneira sistêmica os defeitos ocorridos nos materiais que compõem uma edificação, elementos, ou componentes como um todo, buscando diagnóstico das origens e compreensão dos mecanismos de degradação e consequentemente aqueles que evoluem em todo o processo da patologia, bem como suas formas de manifestação.

Porém, nem sempre os problemas patológicos são encontrados de maneira imediata, sendo preciso adotar uma série de medidas, como inspeções capazes de analisar as causas e, ensaios de vários tipos, para ser possível chegar a um resultado e conseguir resolver o problema. A patologia das construções é uma área em que é possível definir todas as anomalias através de métodos de análise e procedimentos técnicos, conseguindo uma solução para qualquer problema encontrado. É válido ressaltar que o envelhecimento de uma edificação, de forma natural, não é considerado problema patológico.

Conforme Bolina et. al. (2019), nem sempre a maneira como se conhece uma determinada patologia será suficiente para garantir sucesso no reparo. É muito importante que profissionais habilitados conheçam várias alternativas capazes de recuperar cada tipo de anomalia, pois quando se utiliza uma medida não adequada para determinada patologia, além de não ajudar no processo de tratamento e posteriormente a cura, pode acabar potencializando.

Os autores definem manifestações patológicas como as doenças encontradas de forma superficial aos elementos construtivos. Para a definição de patologia existem vários conceitos e termos empregados para auxiliar os profissionais no estudo das causas, como mostrado no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Alguns termos empregados para auxiliar o estudo da patologia das construções.

<b>Termos</b>	<b>Definição</b>	<b>Patologia das Construções</b>	<b>Patologia médica</b>
<b>Manifestação patológica</b>	São os problemas visíveis ou observáveis, indicativos de falhas do comportamento normal	Fissuras, trincas, manchamentos, deformações, mofo	Dor de cabeça, enjoo, tontura
<b>Fenômeno</b>	É a raiz do problema, na qual se deve focar para a solução	Corrosão, eflorescência, recalque	Câncer, depressão
<b>Inspeção</b>	É o check-up, quando o patologo ou médico avalia o seu paciente, aprovando a condição ou solicitando novos exames ou ensaios	Avaliar a estrutura regularmente ou quando houver um fato extraordinário de interesse	Avaliar a pessoa para saber a condição atual de saúde
<b>Anamnese</b>	É o estudo dos antecedentes; nessa etapa, deve-se escutar dos usuários e pacientes o que estão sentindo	Conversa com síndico e moradores antigos, análise de projeto, verificação do estado dos prédios vizinhos	Análise de histórico do paciente e dos familiares, verificação de exames anteriores
<b>Ensaio não destrutivo</b>	São ensaios/ exames que não danificam o paciente	Esclerometria, pacometria, ultrassom	Medição de pressão e febre, ultrassom
<b>Ensaio semidestrutivo</b>	São ensaios/ exames que causam pequeno dano ao paciente	Extração de corpos de prova, pull-out	Biópsia, exame de sangue
<b>Diagnóstico</b>	É a explicitação e o esclarecimento das origens, mecanismo, sintomas e agentes causadores do fenômeno ou problema patológico	Corrosão, eflorescência, recalque	Câncer, depressão
<b>Profilaxia</b>	São as medidas preventivas para que o problema não ocorra	Manter cobertura correto das armaduras, fazer uso adequado da construção, manter a pintura da fachada íntegra	Escovar os dentes cinco vezes ao dia, manter uma alimentação saudável, praticar exercícios
<b>Prognóstico</b>	É a análise da progressão da enfermidade, se nada for feito para erradicá-la	Aumento da fissuração deformação excessiva, colapso.	Perda de visão expansão do câncer para outros órgãos, morte
<b>Terapia</b>	São as medidas para neutralizar o fenômeno, devolvendo o desempenho ou a qualidade de vida ao paciente. É o estudo das intervenções corretivas viáveis	Refazer elemento corroído com proteção da armadura, retirar sobrecarga, reforçar estrutura	Quimioterapia, remédios, praticar esportes

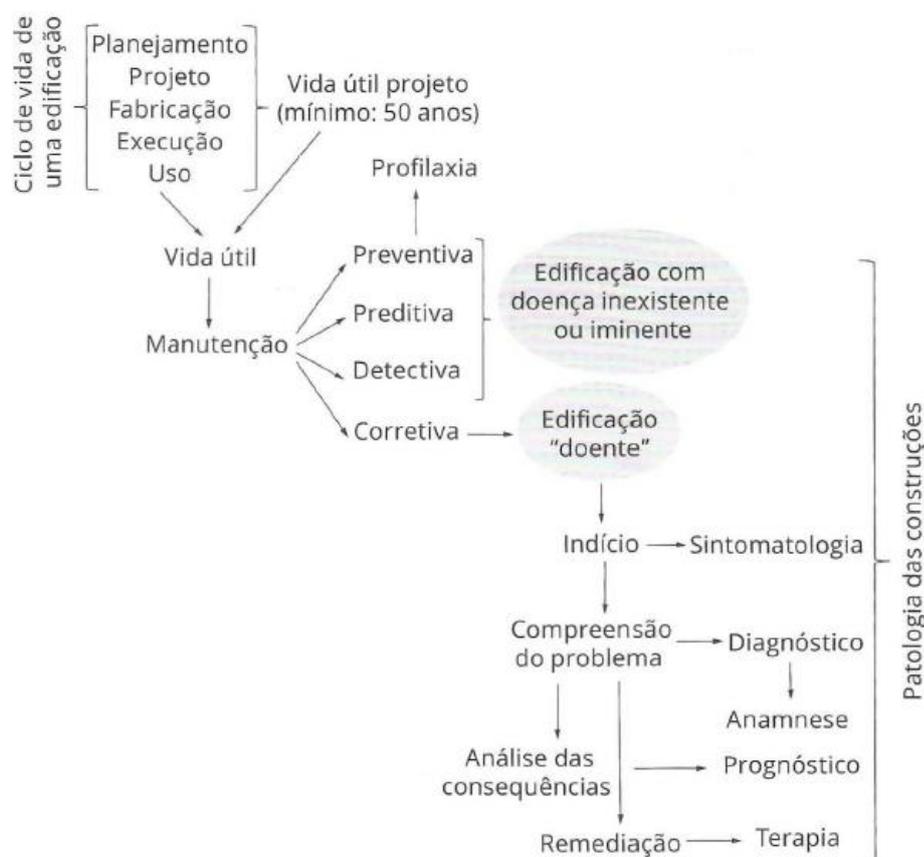
Fonte: Bolina et. al. (2019).

Bolina et. al. (2019), mencionam que de acordo com as normas no Brasil, a vida útil das edificações é de no mínimo 50 anos. Essa vida útil deve ser implementada ainda em cada fase da obra, ou seja, pelos responsáveis técnicos, por cada serviço envolvido e pelo usuário, no processo de uso e manutenção da edificação.

Caso ocorra alguma falha em qualquer dessas etapas, as anomalias poderão surgir, comprometendo o correto desempenho da edificação e conseqüentemente afetando em sua durabilidade.

Por isso, surgiu as patologias das construções, ou estudo sobre os defeitos e problemas nos elementos, materiais e componentes do sistema construtivo. Logo após ser constatado a doença, a patologias das construções visa compreender os sintomas e quais os indícios que deram origem a essas doenças (fase conhecida como sintomatologia); posteriormente, deve-se reconhecer o problema incidente e quais são suas conseqüências e origens (fase conhecida como diagnóstico); em seguida, é necessário o recolhimento de dados e documentos históricos da edificação, e até mesmo a realização de entrevistas com moradores e usuários, (fase conhecida como anamnese). Após isso, será possível conhecer os problemas e começar a analisar suas conseqüências e a forma como evoluem na edificação, caso o processo não chegue ao fim (fase de prognóstico). Depois, é preciso partir para próximas etapas, propondo uma solução a fim de corrigir (fase de terapia); visando sempre compreender o fato para que as mesmas ocorrências não recorram em edificações futuras, tomando sempre medidas preventivas (fase de profilaxia). A Figura 30 abaixo caracteriza toda a sequência desde quando se identifica qualquer problema patológico na estrutura de uma construção. O Quadro 2 descreve algumas definições válidas para o estudo dessa área.

Figura 30: Passos sobre o estudo da patologia das construções.



Fonte: Bolina et. al. (2019).

Quadro 2: Definições válidas de patologias.

NOMENCLATURA	DEFINIÇÃO
Patologia das Construções	É a ciência que estuda os defeitos e as falhas em edificações e construções em geral
Patólogo ou inspetor	É o profissional que trabalha com patologia das construções
Vida útil de projeto (VUP)	Vida útil prevista e demonstrada no projeto executivo, com manutenção realizada de acordo com o estabelecido no manual de uso, operação e manutenção
Manutenção	Pode ser a preventiva, corretiva, preditiva e detectiva. Ver ABNT NBR 5674: 2012
Manifestação Patológica	São os defeitos, falhas e danos observados nas construções. Por exemplo, uma fissura ou um manchamento de elemento estrutural

Profilaxia	São as medidas preventivas adotadas para que não ocorram problemas nas construções. Por exemplo, adotar um revestimento de concreto adequado para proteger as armaduras da corrosão.
Sintomatologia	É o estudo de como os defeitos se manifestam visualmente, no qual um patologo ou inspetor se baseia para um diagnóstico preliminar do problema. O diagnóstico preliminar depende muito da experiência do profissional de conhecimento prévio de casos similares
Anamnese	É a análise de documentos, projetos e do histórico da edificação. Pode incluir entrevistas com moradores ou usuários com conhecimento sobre o objetivo de estudo, como um síndico ou vizinho antigo.
Ensaio não destrutivo	Os ensaios não destrutivos não causam qualquer dano ao objeto de estudo, como no caso de uma esclerometria ou ultrassom. Já os ensaios destrutivos causam alguma perturbação, como quando se extrai um corpo de prova de concreto para averiguar a resistência do elemento.
Diagnóstico	É a busca por se entender o que aconteceu. Qual o fenômeno instalado, por que ocorreu, quais as consequências: deve explicar os sintomas, as origens e o mecanismo dos fenômenos envolvidos.
Prognóstico	É o que irá ocorrer com a edificação enferma caso nada seja feito para corrigir ou estancar o problema. Por exemplo, o prognóstico para uma viga com corrosão de armadura pode ser o seu colapso estrutural.
Terapia	É a correção dos danos. Pode ser um esforço, reparo, restauro, retrofit, entre outras opções.

Fonte: Bolina et. al. (2019).

Bolina et. al. (2019), mencionam que a fissura é uma das patologias mais comuns. De forma conceitual, as aberturas podem ser caracterizadas segundo algumas dimensões, sendo: microfissuras, fissuras, trincas, rachaduras e fendas, de acordo com a amplitude. As microfissuras e as fissuras geralmente aparecem de forma alongada e estreitas, em locais aleatórios, sendo que, em muitos casos são anomalias superficiais. As trincas, rachaduras e fendas, são aberturas mais profundas, as quais promovem uma separação entre as áreas da alvenaria. Na Tabela 5 é possível observar a classificação das fissuras de acordo com a dimensão.

Tabela 5: Classificação das aberturas de acordo com as dimensões.

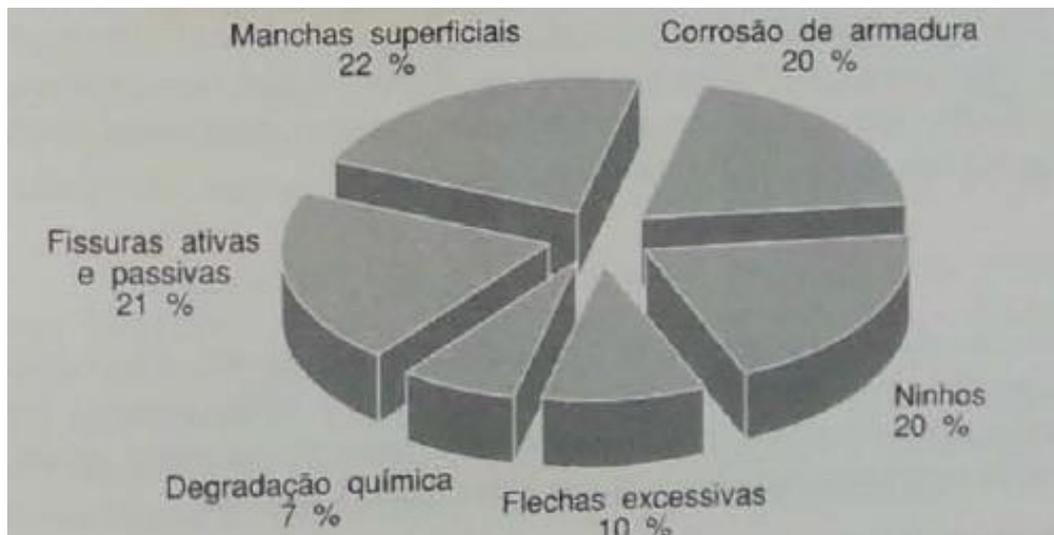
Tipo de abertura	Dimensões	Limites da NBR 6118 (ABNT, 2014a) (elementos de concreto)
Microfissura	Inferior a 0,2 mm	Sem problemas
Fissura	0,2 mm a 0,4 mm	Verificar classe de agressividade ambiental
Trinca	0,5 mm a 1,4 mm	
Rachadura	1,5 mm a 5,0 mm	Acima dos limites
Junta	Superior a 5,1 mm	

Fonte: Bolina et. al. (2019).

#### 2.4.2 Patologia das construções

Os fenômenos mais comuns e incidentes nas construções são fissuras, flechas excessivas, eflorescências, manchas, corrosão de armaduras, nichos de concretagem. Como mostrado na Figura 31, entre as manifestações patológicas que apresentam maior incidência, as fissuras, a corrosão da armadura e a fissura de flexão são as mais significativas e graves (HELENE, 1992).

Figura 31: Distribuição relativa das patologias em estruturas de concreto aparente.



Fonte: Helene (1992).

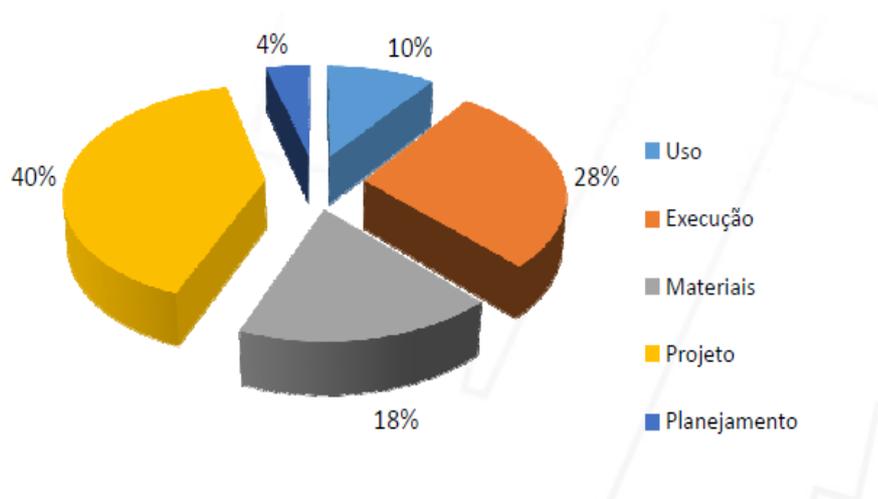
As anomalias ou patologias podem ser classificadas como:

- Endógenas: provenientes de vícios de projetos, execução e materiais;

- Exógenas: decorrentes de danos por terceiros, funcionais, de planejamento;
- Naturais: oriundas de danos causados pela natureza;
- Operacionais;
- Gerenciais, entre outras.

De acordo com Helene (1992), a patologia das construções pode ser compreendida como a área da construção que estuda os sintomas, as origens, os mecanismos e as causas dos defeitos das edificações, sendo, portanto, o estudo entre as partes que compõem o diagnóstico do problema (Figura 32). Portanto, deve-se identificar as causas que geram as não conformidades nas estruturas para que o tratamento das patologias seja eficaz.

Figura 32: Fases que podem acabar gerando as Patologias em uma edificação.



Fonte: Helene 1992.

Tomando como base o gráfico acima, a seguir serão explicados cada agrupamento de causas apontadas.

### 2.4.3 Patologias devidas ao mal planejamento

Segundo Tan e Lu (1995), existe um grande índice de falhas ainda na fase do planejamento. Essas falhas acabam sendo mais graves que aquelas relacionadas com a qualidade dos materiais constituintes da obra e os métodos de execução empregados. Isso ocorre devido à falta de investimento dos proprietários, tanto de clientes privados como públicos e, à falta de comprometimento com o cumprimento das etapas do cronograma.

Nesse último caso, o controle de prazos, acaba fazendo com que etapas sejam eliminadas, ou mal executadas, devido à falta de controle da qualidade e ao não cumprimento do tempo necessário para cada uma das fases da obra.

#### 2.4.4 Patologias decorrentes de erros de projeto

Ainda conforme Tan e Lu (1995), em países desenvolvidos o projeto é um motivo de grande preocupação e controle, pois é com base nele que grande parte dos problemas patológicos da construção civil podem surgir, se não foram realizados da melhor forma. Mas, quando tratamos de Brasil, infelizmente a fase de realização dos projetos não recebe tamanha importância e critério rigoroso de qualidade, como em outros países. A falta de projeto em diversas construções ou a má qualidade na elaboração de muitos projetos, por causa da incompatibilidade acabam sendo potenciais geradores de anomalias. É na fase de projeto que são tomadas inúmeras decisões importantes a partir da arquitetura, pois é com base em todos os projetos que se é possível determinar o custo da obra e o prazo da construção, perfazendo assim, a qualidade e a segurança da construção.

Tan e Lu (1995), descrevem que as falhas geradas na fase de projetos são as maiores responsáveis pela implantação de agentes patológicos sérios e podem ser por diversos fatores, tais como:

- Projetos com erros em cálculos estruturais, falta de estudo do solo, má escolha do modelo analítico;
- Falta de padronização segundo as normas técnicas em representações;
- Falha na compatibilização do projeto arquitetônico, estrutural e complementares;
- Detalhes construtivos que não são possíveis de executar, segundo a norma;
- Falta de especificação de materiais;
- Detalhamentos errado, ou insuficientes;
- Erros de dimensionamento.

#### 2.4.5 Patologias decorrente dos erros na escolha dos materiais

Segundo Duston e Williamson (1999), um dos problemas que agravam a ocorrência de patologias são os materiais de má qualidade, pois afetam diretamente na

durabilidade da edificação. A falta de controle com as dimensões e a baixa resistência também são fatores que preocupam nessa etapa.

Duston e Williamson (1999), discorrem sobre a escolha dos materiais e das técnicas a que serão utilizadas na execução da obra. Elas devem estar correlacionadas com o projeto, para conseguir atender com precisão e qualidade as necessidades da edificação, garantir manutenção das propriedades e das características iniciais dos materiais. Por isso, não se deve tomar como ponto de partida o preço do material e sim sua qualidade.

É recomendado que a obra apresente um sistema rigoroso de qualidade e controle das etapas construtivas, atuando na compra, recebimento e principalmente na aplicação dos materiais. Apenas com o conhecimento técnico sobre cada material será possível impedir e/ou reduzir o aparecimento de anomalias e conseqüentemente a deterioração da estrutura.

#### 2.4.6 Patologias devidas a erros na execução

Para Lima (1990), são inúmeros os problemas patológicos que podem surgir na fase de execução das edificações e comprometer a vida útil da estrutura com o passar dos anos. Por isso é importante de implementar em toda e qualquer obra um sistema de gestão de controle de qualidade e execução da obra.

Segundo Lima (1990), as principais falhas na fase de execução do serviço, são:

- Falta de qualificação da mão de obra;
- Soluções paliativas;
- Locais inapropriados para execução do canteiro de obra e conseqüentemente as atividades de execução;
- Prazos curtos, ou seja, tempo calculado insuficiente para a entrega do serviço;
- Deficiência nas armaduras (estribos, ancoragem, emendas, cobrimento, espaçamento, posicionamento);
- Gestão precária ou falta de gestão nas atividades;
- Vícios construtivos por mão de obra desqualificada;
- Erros de concretagem (transporte dos materiais, lançamento, juntas de concretagem, falta de adensamento, cura, outros);

- Falta de controle da qualidade.
- Inadequação de escoramentos e fôrmas;
- Falta de conhecimento sobre a aplicabilidade de alguns materiais de construção (Fck inferior ao especificado, aço diferente do especificado, solo com características diferentes, utilização inadequada de aditivos, dosagem inadequada do concreto);

Lima (1990), ainda descreve que podem ser evitados vários problemas futuros se forem tomadas as devidas providências com a padronização dos processos, controlar a qualidade das etapas e, priorizar sobre a racionalidade dos materiais. Em todas essas ações é necessário, seguir de maneira criteriosa o que foi estipulado no projeto.

#### 2.4.7 Patologias devidas ao uso da edificação

De acordo com Paulino (2013), o uso de uma estrutura inclui as atividades de manutenção realizadas durante toda sua vida útil. O grande problema na maioria das vezes é que os usuários não se preocupam com a manutenção e; não dão à ela a devida importância, o que acarreta maiores custos no futuro da estrutura.

### 2.5 PATOLOGIA EM ALVENARIA ESTRUTURAL

As patologias mais encontradas no sistema de alvenaria estrutural são:

- a) Patologias por recalque diferencial;
- b) Fissuras;
- c) Mudanças na espessura da parede;
- d) Patologias no encontro entre as paredes;
- e) Patologias proveniente pela expansão da argamassa de assentamento;
- f) Patologias em vergas e contravergas devidas às sobrecargas;
- g) Patologia devida à expansão da laje;
- h) Patologia por causa da ausência de juntas de dilatação;
- i) Patologias por causa da retração da laje;
- j) Patologia por causa de aberturas nos blocos para passagens de tubulações;
- k) Problemas devido à resistência a tração;
- l) Eflorescências;

- m) Infiltrações;
- n) Deslocamento dos revestimentos.

Entre todas as patologias citadas as mais recorrentes são aquelas que estejam ligadas a formação de fissuras, variações de temperatura, umidade, manchas, sobrecargas, recalque, retração, as quais serão explicadas a seguir.

### 2.5.1 Mecanismos de formação de fissuras

Segundo Thomaz (1989), entre todas as manifestações patológicas que podem afetar a alvenaria estrutural, a fissura é uma das patologias mais comuns encontradas nas edificações devido a três principais fatores de ocorrência: o mal desempenho que pode acabar acontecendo na obra, devido ao serviço executado, com falta de qualificação da mão de obra (problemas de isolamento acústico, infiltrações, durabilidade, entre outros), aviso sobre situações de perigo que estejam ocorrendo na edificação, e a falta de conhecimento dos usuários sobre a edificação.

As fissuras são provenientes de tensões ocasionadas pela atuação de sobrecargas, ou ainda pela dilatação e movimentação dos materiais e demais componentes da estrutura. Assim, as fissuras podem ocorrer de acordo com alguns fenômenos que serão apresentados no decorrer do presente trabalho.

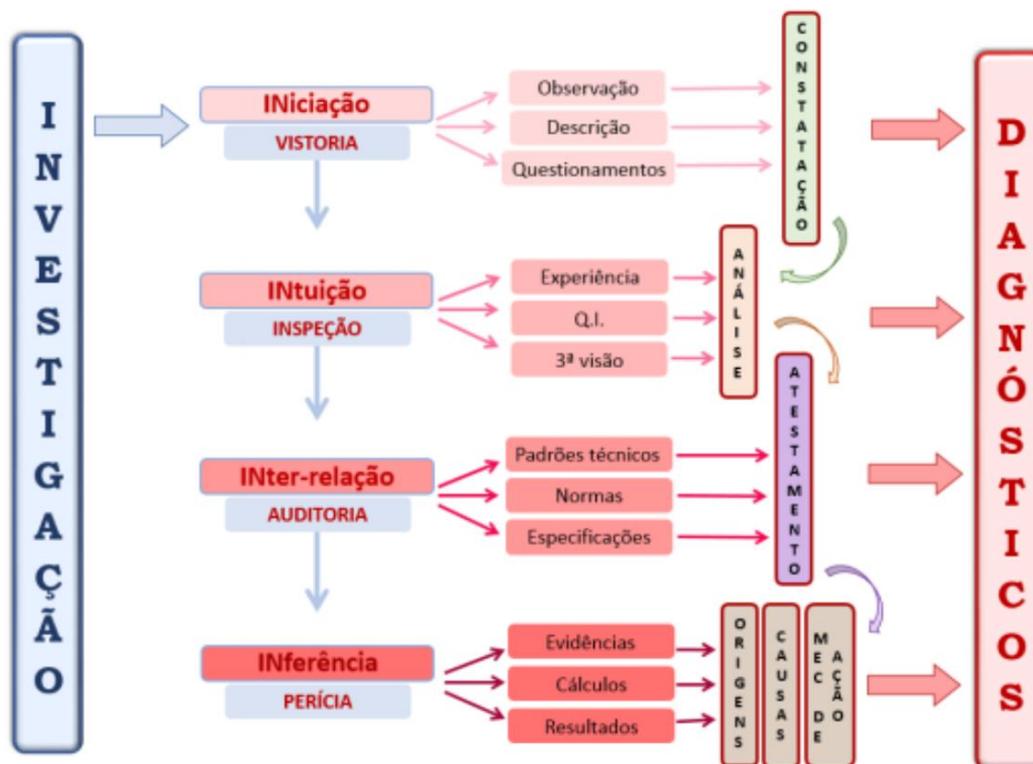
## 2.6 ENGENHARIA DIAGNÓSTICA DE EDIFICAÇÕES

Segundo a 2B Educação (2020), a engenharia diagnóstica é compreendida como uma disciplina que rege sobre os processos de identificação das manifestações de patologia e falhas, levando ao comprometimento de níveis de desempenho da estrutura (ou ausência de desempenho), descrevendo reparos e aprimoramentos para se recuperar/tratar as construções.

A engenharia diagnóstica também pode ser definida como a arte capaz de criar ações proativas, de acordo com prescrições técnicas (tetra in), ou seja, os quatro fatores de investigação de uma edificação: iniciação por meio da vistoria, intuição com a inspeção, inter-relação com a auditoria e interferência com a perícia do caso. Em seguida,

devem ter dados diagnósticos e prognósticos, visando sempre o aprimoramento da qualidade da edificação ou apuração de responsabilidades (Figura 33).

Figura 33: “Tetra In”.



Fonte: <https://www.editora2b.com.br/blog/desvendando-a-engenharia-diagnostica>

Conforme citado pela 2B Educação (2020), a engenharia diagnóstica atua desde a construção, até a desconstrução, visa cuidar das investigações técnicas em busca da “saúde” das construções, estudando de forma rigorosa suas “doenças”.

A Figura 33 acima ilustra um check up essencial que deve ser realizado em todas as fases de desenvolvimento de uma obra, desde o planejamento, o projeto, a execução, utilização, reabilitação e desconstrução. Essa área da engenharia possui uma grande relevância e tem como objetivo a prevenção de desastres, como exemplo, quedas de pontes e rompimentos de barragens.

Além disso, a engenharia diagnóstica aborda diferentes tipos de investigações técnicas, sendo elas: a vistoria, inspeção, auditoria, perícia e consultoria. Cada uma delas possui suas particularidades.

a) Consultoria: é uma ferramenta mais complexa de diagnóstico, a qual oferece uma solução e uma prescrição de reparo das patologias encontradas na construção.

b) Perícia: só não é uma área mais profunda que a consultoria. Busca encontrar a origem, e a causa de todos os problemas e os mecanismos de ações presentes. Responsável pelo exame de apuração.

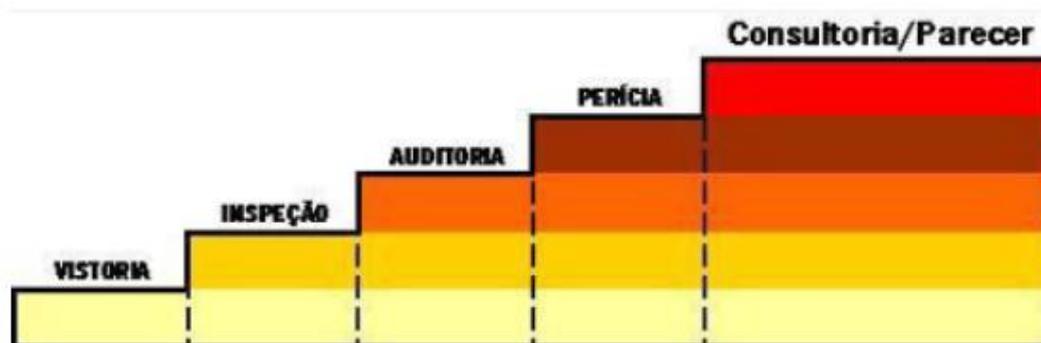
c) Auditoria: necessita de um trabalho mais metódico do que a inspeção, por menos complexa que seja. Pode ser entendida como um “atestamento”, no qual é feita uma comparação técnica entre livros, normas, padrões técnicos, manuais e especificações em projetos.

d) Inspeção: fase mais complexa que a vistoria, porém, mais simples que o processo de auditoria. É entendida como a etapa de análise mais detalhada de riscos e da qualidade.

e) Vistoria: a fase mais simples e a mais utilizada. Focada na observação e constatação dos problemas e as possíveis irregularidades.

Sendo assim, a engenharia diagnóstica pode ser representada de acordo com a ordem de complexidade entre as etapas (Figura 34).

Figura 34: Ordem de complexidade desta forma.



Fonte: <https://www.editora2b.com.br/blog/desvendando-a-engenharia-diagnostica>.

## 2.7 RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL

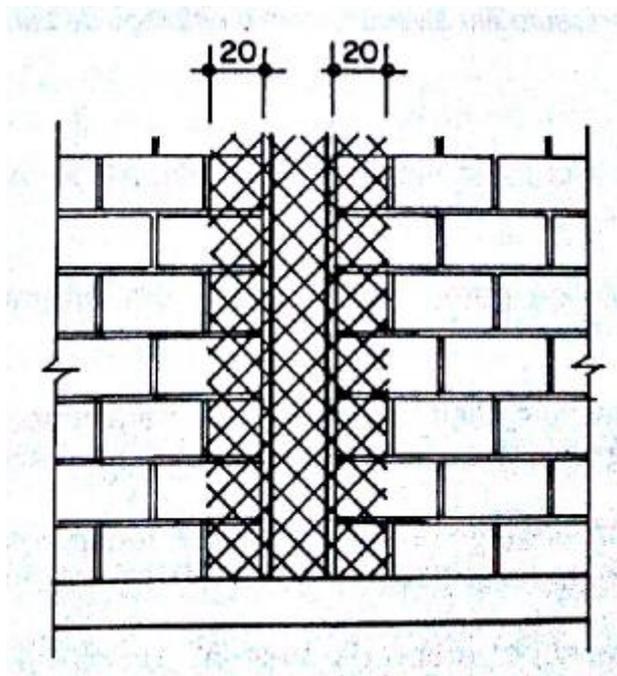
Segundo Thomaz (1989), a recuperação estrutural de elementos trincados só poderá ocorrer com um diagnóstico preciso da região, ou seja, somente após ter total

conhecimento sobre a área de risco. Antes da recuperação de uma parede com trincas, é preciso saber se não ocorrerá danos às instalações, se as trincas não prejudicaram o contraventamento da edificação, se não avançaram para áreas maiores como áreas de apoio de lajes, tesouras de coberturas, ou ainda que não tenha ocorrido qualquer desaprumo.

É importante mencionar que as alvenarias são os componentes da edificação que mais apresentam possíveis problemas relacionados às fissuras, e são essas patologias que mais aparecem aos olhos dos usuários da construção. Devido a aspectos estéticos, de desempenho e psicológicos, o processo de recuperação de alvenaria é o que mais ocorre nos imóveis. A seguir serão apresentados alguns casos de procedimentos de reparos.

Conforme Thomaz (1989), o destacamento entre as paredes e os pilares podem ser recuperados mediante a inserção de um material flexível capaz de garantir o encontro entre as áreas parede – pilar. Em casos de retração com destacamento, em paredes revestidas, é possível utilizar uma tela metálica, como por exemplo, a tela de estuque, inserida a uma nova argamassa e transpassar o pilar em 20 cm de cada lado (Figura 35).

Figura 35: Recuperação de alvenaria – destacamento de pilar/ parede com utilização de tela estuque.



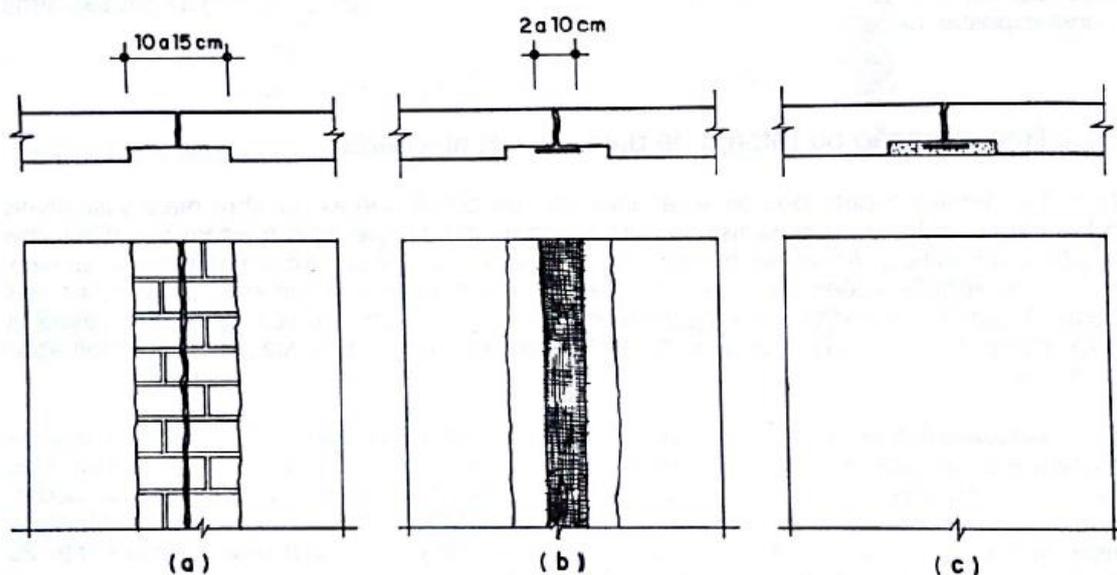
Fonte: Thomaz (1989).

Para Thomaz (1989), na recuperação de trincas, a tela poderá ser utilizada diretamente na alvenaria, sendo presa por pregos ou cravos de metal, devendo estar bem

esticada. A alvenaria e o pilar deverão receber reparo de chapisco, logo após a colocação da tela. A argamassa por sua vez, deverá apresentar baixo módulo de deformação (com um traço 1:2:9 em volume).

Thomaz (1989), ainda menciona que em paredes longas que apresentam fissuras intermediárias, é recomendado fazer juntas de movimentação, principalmente nas regiões em que há ocorrência de fissuras. Quando as fissuras são indícios de movimentações higrotérmicas do próprio elemento, vários autores recomendam a utilização da tela metálica, ou a interseção de bandagem, a qual ajuda na dessoliedarização entre a parede e o revestimento na região fissurada (Figura 36).

Figura 36: Recuperação de fissuras em alvenaria com a utilização de bandagem de dessoliedarização parede/ revestimento.



Fonte: Thomaz (1989).

Como indicado na Figura 37 as etapas para a recuperação do elemento fissurado com a aplicação da bandagem seriam:

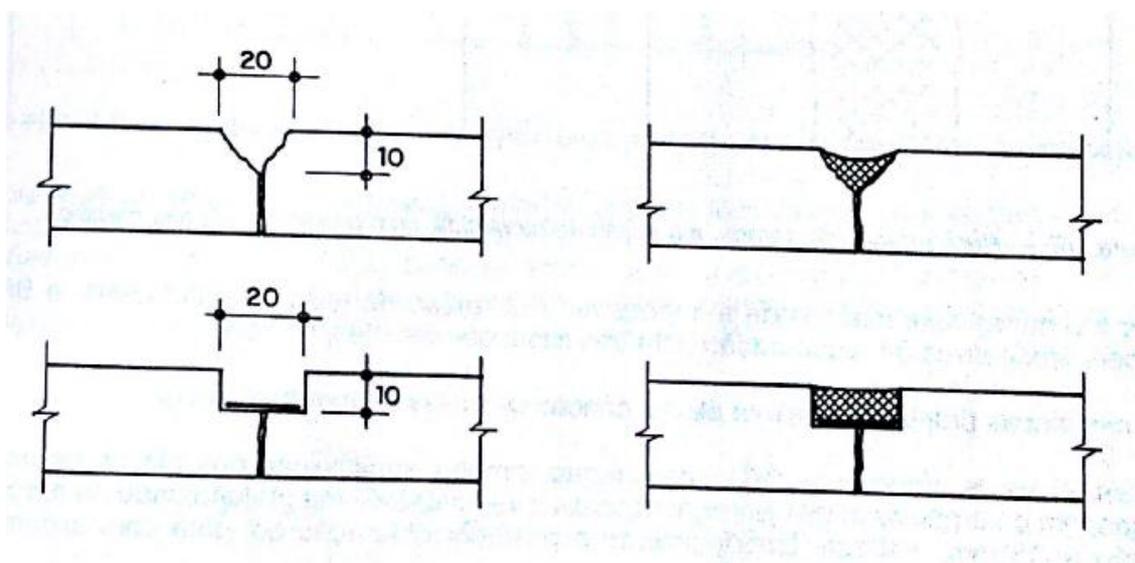
- Realizar a retirada do revestimento da parede em uma faixa com largura aproximada de 10 a 15 cm;
- Realizar posteriormente a aplicação da bandagem; centralizada, com uma distribuição de área igualmente para ambos os lados, com uma faixa de 2 a 10 cm de largura;

c) Aplicação do chapisco externo na região da bandagem e recolocação da aplicação de revestimento com uma argamassa que apresente baixa deformação (traço 1:2:9 em volume).

Segundo Thomaz (1989), a recuperação com bandagens funciona como uma absorção de movimentos da fissura, através de uma faixa de revestimento. Quanto melhor a dessolidarização pela bandagem e quanto maior a sua largura, menos tensões serão induzidas na região, pela abertura de fissuras e assim, menor será a probabilidade de ocorrência das fissuras voltarem a ocorrer no revestimento.

As fissuras ativas também podem ser recuperadas com o processo de pintura, sendo que a pintura deve ser reforçada com uma fina tela de náilon ou polipropileno, com aproximadamente 10 cm de largura, e posteriormente requerendo de seis a oito demãos de tinta elástica a base de resina acrílica. Quando possível, a recuperação das áreas com trincas ativas precisa ser cuidada com selantes flexíveis (poliuretano, silicone, entre outros), fazendo uma abertura em sulco em formato “vê” com cerca de 20mm de largura e 10mm de profundidade (Figura 37).

Figura 37: Recuperação de áreas com fissuras ativas com a utilização de selante flexível.



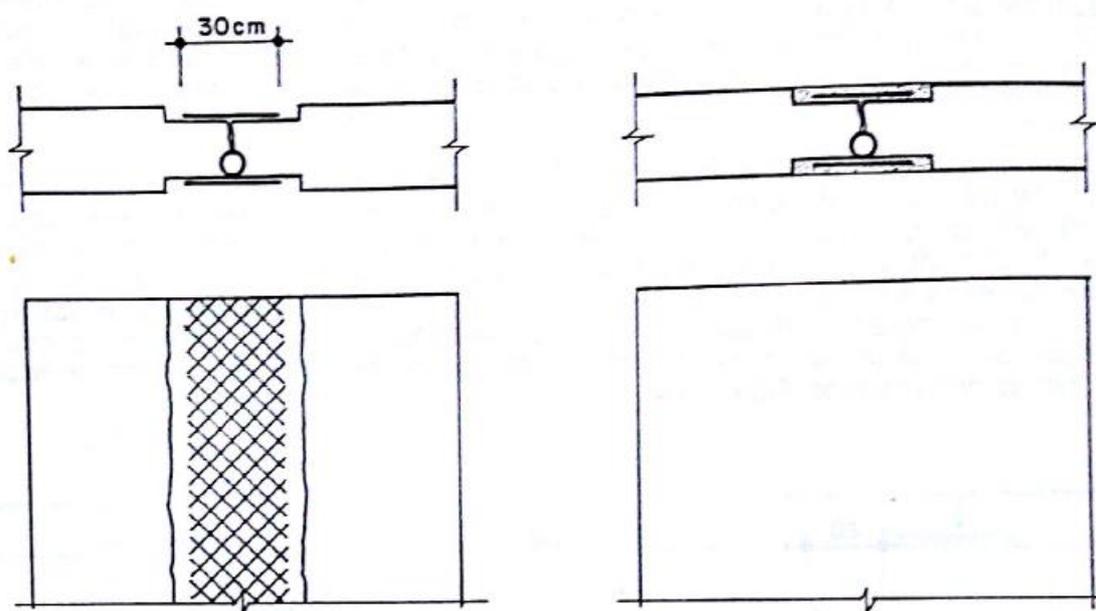
Fonte: Thomaz (1989).

O selante deve ser aplicado após uma limpeza bem eficiente da região. O selante, também não deve apresentar retração de maneira acentuada pela evaporação de constituintes voláteis. Caso ocorram movimentações intensas das trincas, é recomendada a abertura de uma cavidade retangular, com cerca de 20 mm de largura e 10mm de

profundidade, intercalando-se entre o selante e a parede uma membrana de separação (fita crepe, por exemplo), conforme a Figura 37.

Ainda conforme Thomaz (1989), as fissuras que são provocadas pelo enfraquecimento da parede, pela existência de abertura de portas e janelas, ou ainda pela passagem de tubulações, podem ser recuperadas com a utilização de bandagem no revestimento, tela de náilon na pintura. A introdução de armaduras no trecho com fissuras restabelece a área afetada, como observado na Figura 38, sendo que o comprimento do transpasse precisa ser de aproximadamente 15 cm.

Figura 38: Recuperação de alvenaria com utilização de tela metálica.



Fonte: Thomaz (1989).

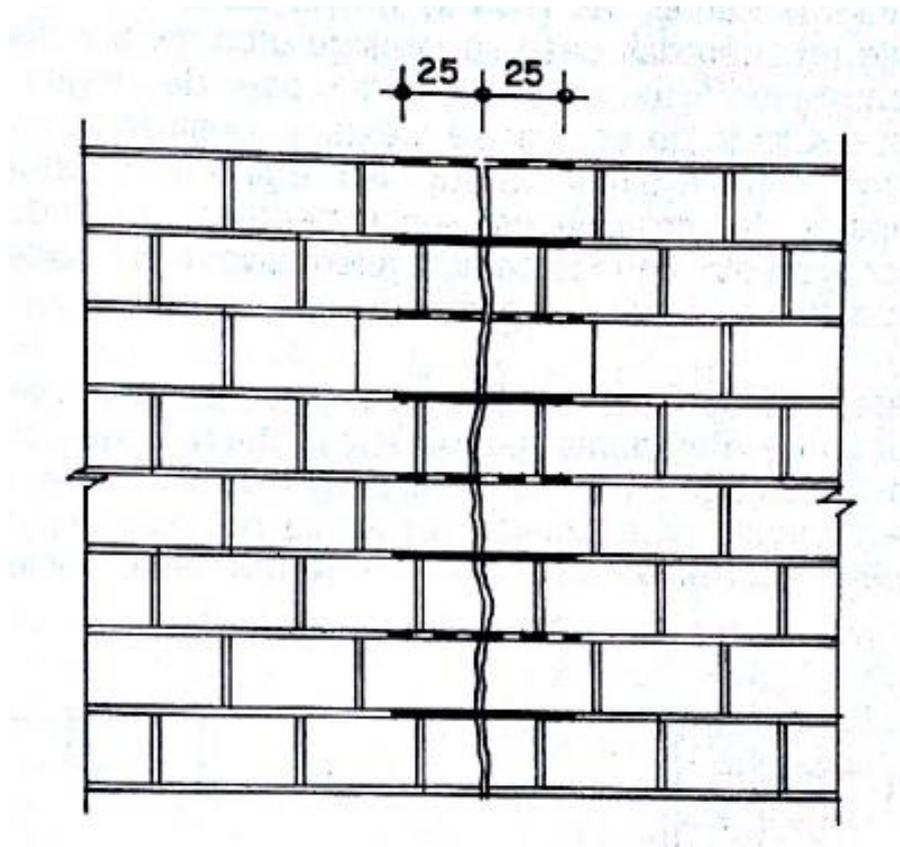
Segundo Thomaz (1989), para paredes aparentes; que necessitam de telas de bandagens, são sugeridas alternativas de recuperação em três situações distintas, sendo elas:

- a) Em trincas ativas: criação de juntas de movimentação;

Quando ocorrem movimentações consolidadas: precisa ser realizada a substituição dos blocos fissurados, com a raspagem da argamassa, das juntas horizontais e verticais, até 15 mm de profundidade, realizando a limpeza e o umedecimento da área e logo em seguida a substituição da argamassa, de traço de 1:1:6 ou 1:2:9.

Em paredes com variações de dimensões limitadas: realizar a substituição dos blocos fissurados, introduzir uma armadura vertical e utilizar graute nos furos, formando pilaretes armados, na sessão fissurada. De forma alternativa é também pode ser feita a raspagem das juntas horizontais, até uma profundidade de 15 mm, seguindo com o chumbamento com argamassa de 1:1:6 seca, e ferros com 4 a 5 mm de diâmetro. Esses ferros devem ser transpassados com 25 cm de cada lado da fissura, chumbados em juntas alternadas (Figura 39).

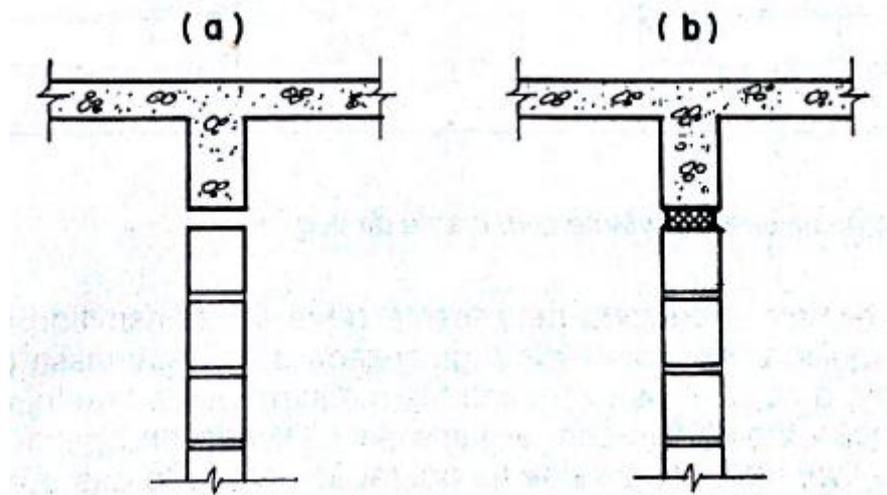
Figura 39: Recuperação de fissuras com a utilização de armaduras defasadas.



Fonte: Thomaz (1989).

Quando as fissuras são provenientes de movimentações térmicas de coberturas, sobrecarga e lajes, originando a deflexão dos componentes estruturais, qualquer uma das alternativas já apontadas pode ser empregada para recuperação das trincas. É importante que diante deste fato seja feita a desvinculação entre o topo da parede e o componente estrutural (Figura 40).

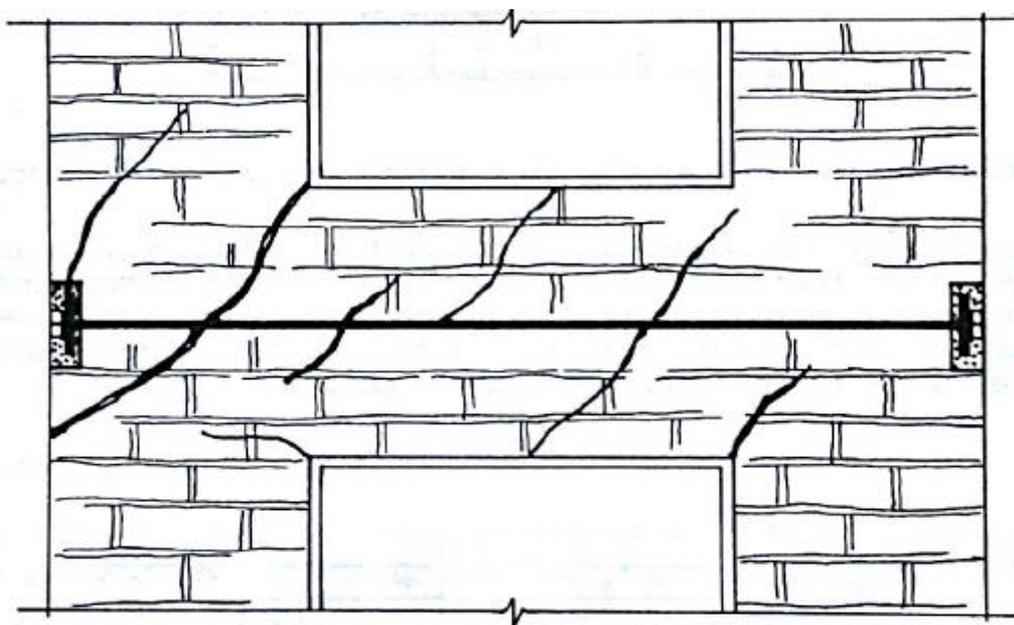
Figura 40: Desvinculação entre a parede fissurada e a parte estrutural superior: a) corte realizado no topo da parede; b) preenchimento com material deformável.



Fonte: Thomaz (1989).

O processo de recuperação de paredes trincadas também pode ser realizado com a introdução de armaduras chumbadas com argamassa rica em cimento (com um traço de 1:0,25:3,5, por exemplo) e, arranjadas de maneira perpendicular à direção das fissuras (Figura 41).

Figura 41: Reforço de alvenaria com a utilização de barras de aço.



Fonte: Thomaz (1989).

Segundo Thomaz (1989), o esforço provocado pelos tirantes é transmitido para a alvenaria por meio de placas de aço que são apoiados nas superfícies regularizadas com argamassa de cimento e areia. O corpo e as extremidades também devem ser rosqueadas no tirante. As porcas de fixação e as placas de apoio devem receber proteção da argamassa aditivada com agentes impermeabilizantes. Deve ser mencionado que essa forma de reforço é mais eficaz quando as porcas e o tirante são aquecidos, de tal forma que o resfriamento e consequente pela contração ocasionem a compressão da alvenaria.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 ESTUDO DE CASO**

O estudo de caso do presente trabalho, foi realizado na cidade de Varginha-MG, em um condomínio residencial multifamiliar do programa Minha Casa Minha Vida, executado por uma construtora local. Trata-se de um condomínio com 21 blocos multifamiliares, contendo quatro pavimentos cada bloco.

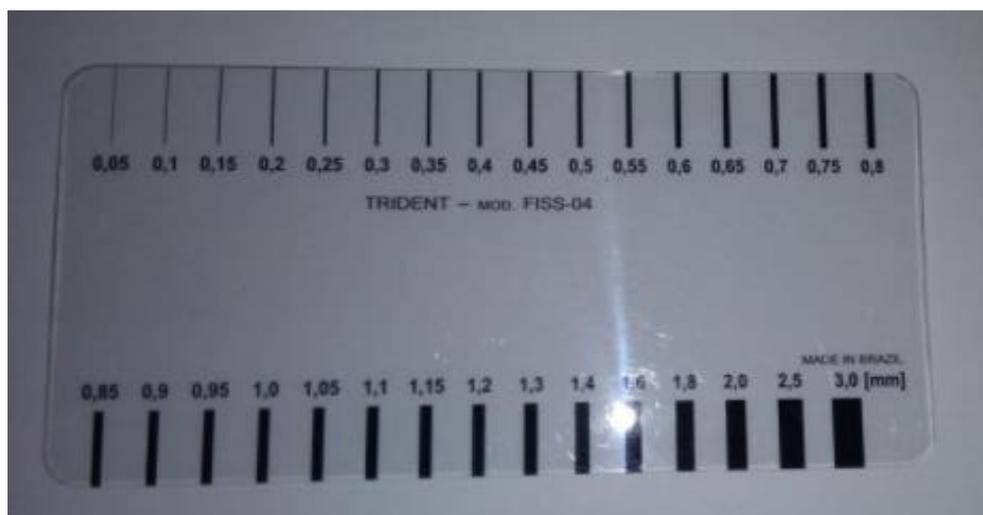
Para a coleta de dados e consequentemente a realização da vistoria, foi preciso apresentação de duas etapas para o estudo de caso:

1<sup>a</sup>) Inicialmente foi realizado uma vistoria por meio da inspeção visual, avaliando e mapeando todas as fissuras encontradas em algumas das edificações do condomínio. Com o auxílio da régua de medição de fissuras (fissurômetro) foi possível classificar as anomalias e identificá-las conforme a classificação, fissuras, trincas ou rachaduras;

2<sup>a</sup>) Posteriormente foi realizado um registro fotográfico do local, para que possam ser identificadas as causas e quais seriam as medidas corretivas para cada uma das ocorrências.

A régua de medição ou fissurômetro (Figura 42) é uma ferramenta fundamental para a verificação de fissuras em estruturas. Com ela é possível determinar não só a largura da abertura, mas também a inclinação. A seguir são apresentadas algumas fotografias tiradas durante a vistoria e a indicação da largura das fissuras com o auxílio da régua, com medidas em milímetros (mm).

Figura 42: Régua para medição de fissuras ou fissurômetro.



Fonte: O autor.

#### 4. RESULTADOS

Fez apenas um ano que o condomínio foi entregue e, as patologias ocasionadas já são aparentes em quase todos os prédios, como poderão ser observadas nas Figuras 43 e 44.

Figura 43: Fissura horizontal devido à variação de temperatura.



Fonte: O Autor.

Figura 44: Fissura horizontal fachada lateral direita.



Fonte: O Autor.

De acordo com o que foi descrito no decorrer do trabalho, a alvenaria localizada nos últimos andares acaba sendo mais susceptível a retração das lajes, por causa da variação térmica. As fissuras também podem acabar surgindo na base, pela combinação da expansão da alvenaria e a retração da laje. Estas anomalias por retração podem também acabar aparecendo verticalmente conforme a retração dos blocos. Em alguns casos podem aparecer com aberturas mais salientes no topo e ir reduzindo gradativamente até a base da edificação, como foi o caso apresentado na Figura 45, 46 e 47.

Figura 45: Fissuras horizontais ocasionadas pela retração da laje.



Fonte: O Autor.

Figura 46: Fissura horizontal no último andar da edificação.



Fonte: O Autor.

Figura 47: Fissura horizontal devido à variação de temperatura.



Fonte: O Autor.

A Figura 48 ilustra algumas patologias ocasionadas por reações químicas, as quais se comportam predominantemente na horizontal e ocorrem devido à expansão de juntas de argamassa, por alterações químicas dos elementos constituintes.

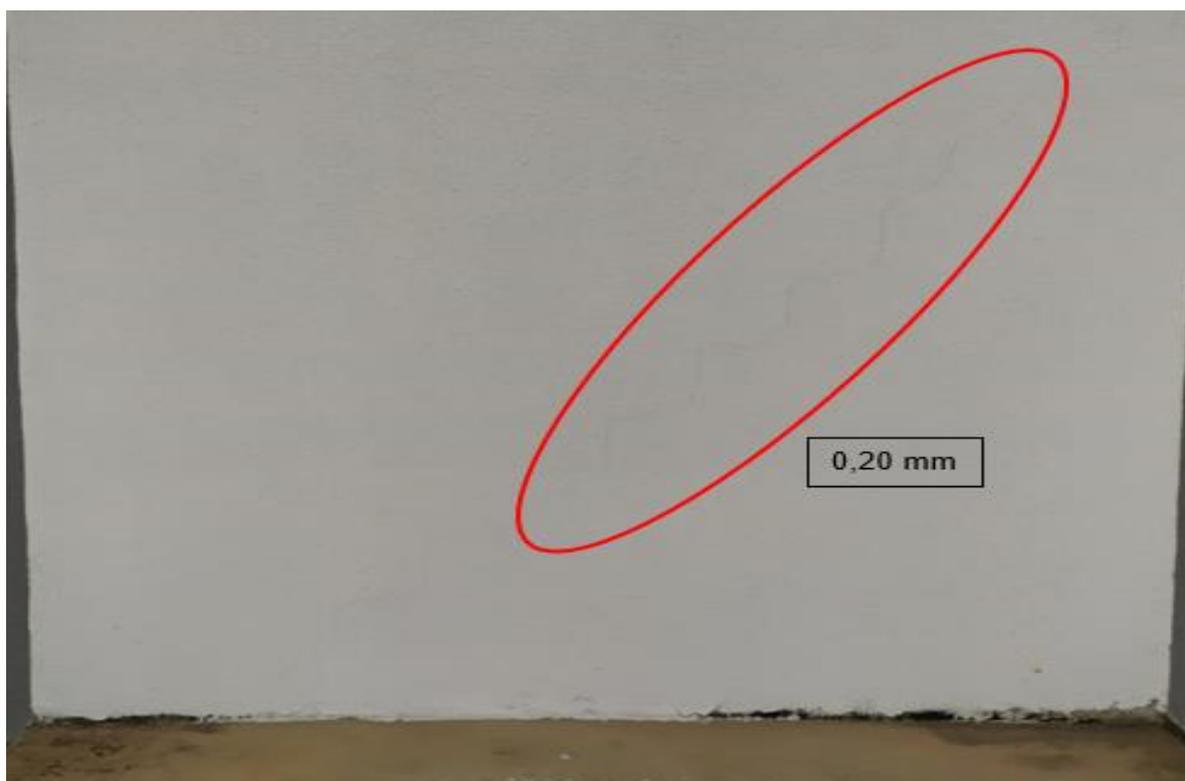
Associada a isso, também foi possível notar a presença de algumas fissuras mapeadas (Figura 49), que são formadas a partir da retração da argamassa ou pelo excesso de finos no traço da mesma. Geralmente essas fissuras são superficiais.

Figura 48: Fissura mapeadas.



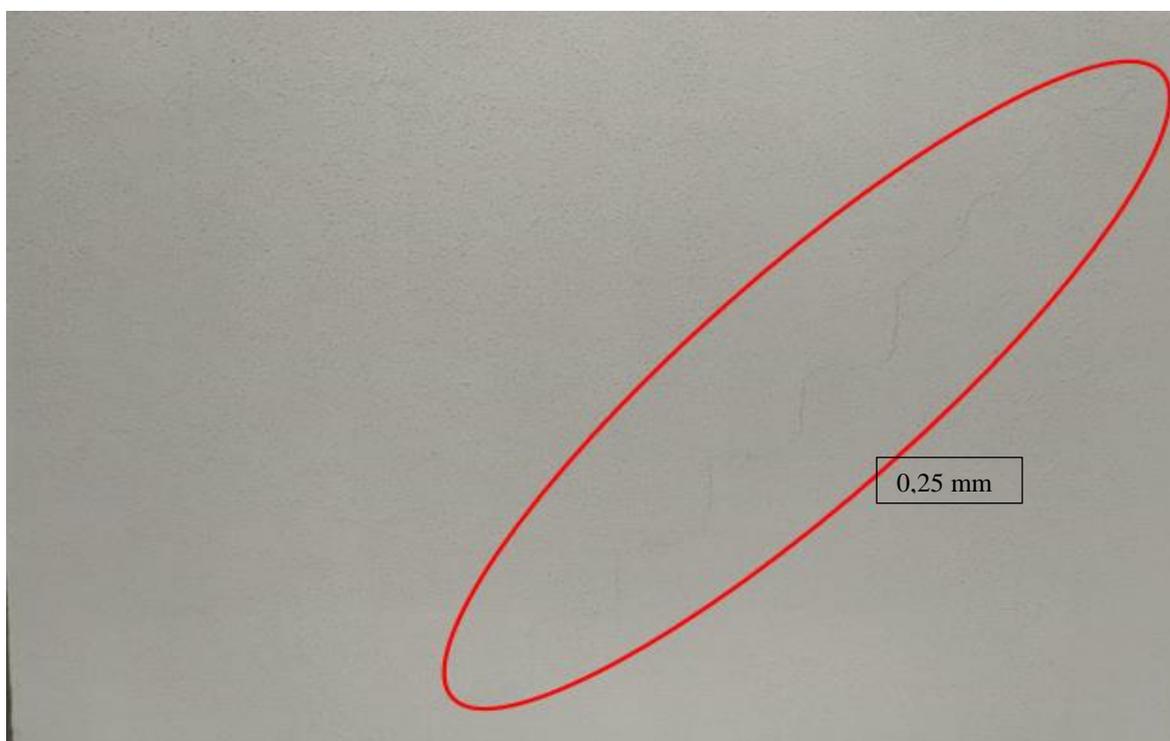
Fonte: O Autor.

Figura 49: Fissuras encontradas na área central de uma das edificações.



Fonte: O Autor.

Figura 50: Fissuras inclinadas.



Fonte: O Autor.

Figura 51: Fissuras na base da edificação.



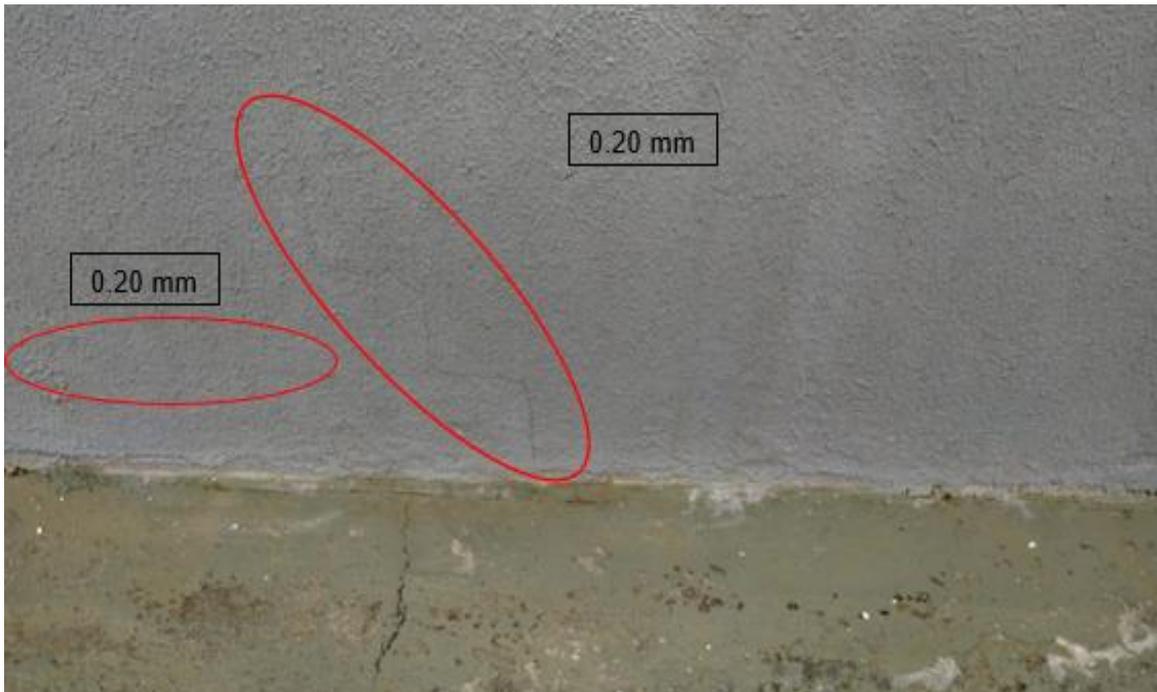
Fonte: O Autor.

Figura 52: Fissuras na base da edificação.



Fonte: O Autor.

Figura 53: Localização de fissuras na fachada lateral da edificação.



Fonte: O Autor.

Figura 54: Localização de fissuras na fachada lateral da edificação.



Fonte: O Autor.

Figura 55: Localização de fissuras na base da edificação.



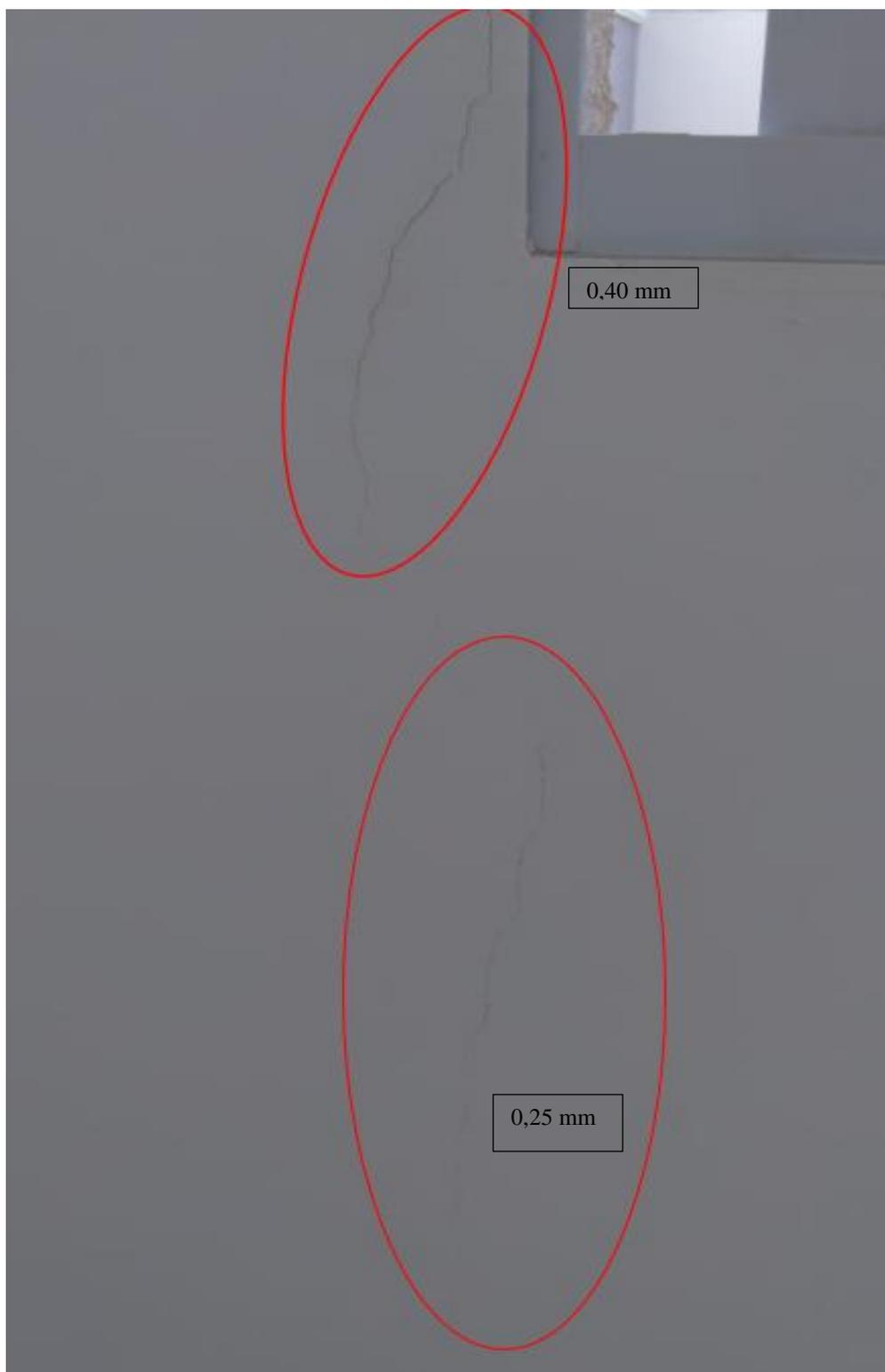
Fonte: O Autor.

Figura 56: Localização de fissuras nas primeiras fiadas da superestrutura da edificação.



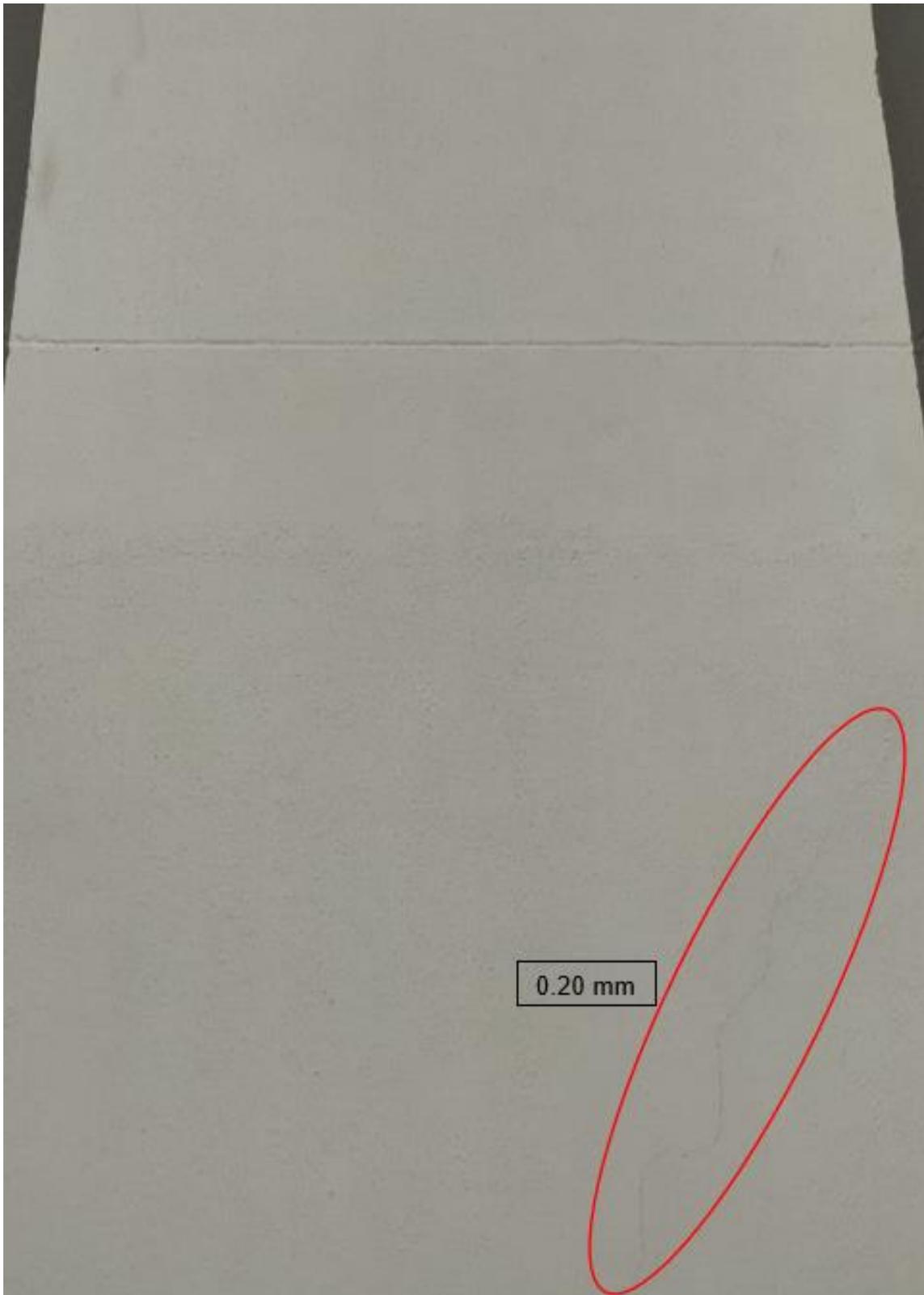
Fonte: O Autor.

Figura 57: Localização de fissuras próximas a janela da edificação.



Fonte: O Autor.

Figura 58: Localização de fissuras na fachada da edificação.



Fonte: O Autor.

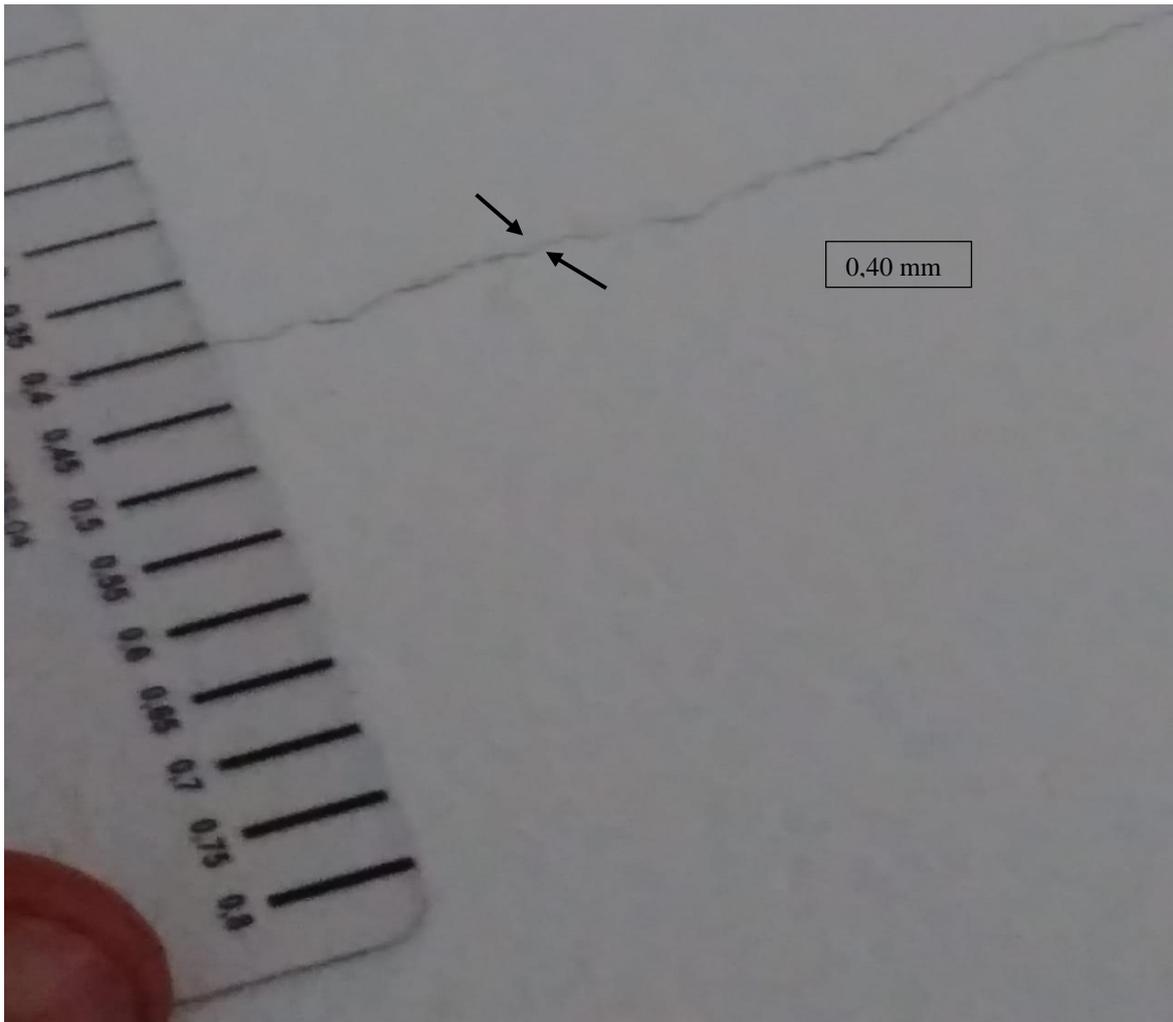
Foi possível encontrar fissuras também na área interna de um dos apartamentos visitado e, por meio do auxílio da régua de medição pode-se conferir a largura de cada uma das patologias, como pode ser verificado na Figuras 59 a 65.

Figura 59: Medição da largura da fissura, na alvenaria interna de um dos apartamentos do condomínio.



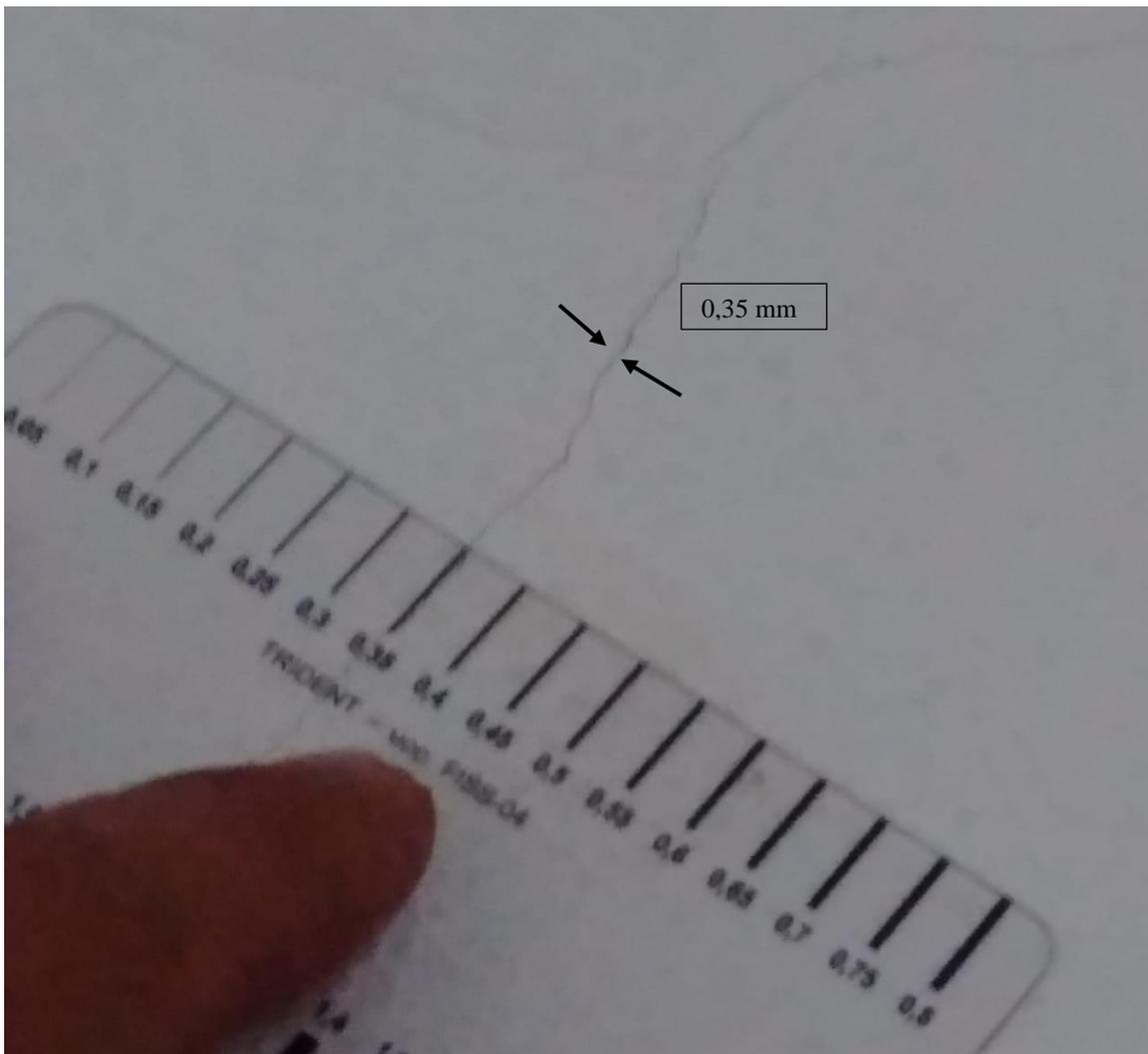
Fonte: O Autor.

Figura 60: Medição da largura da fissura.



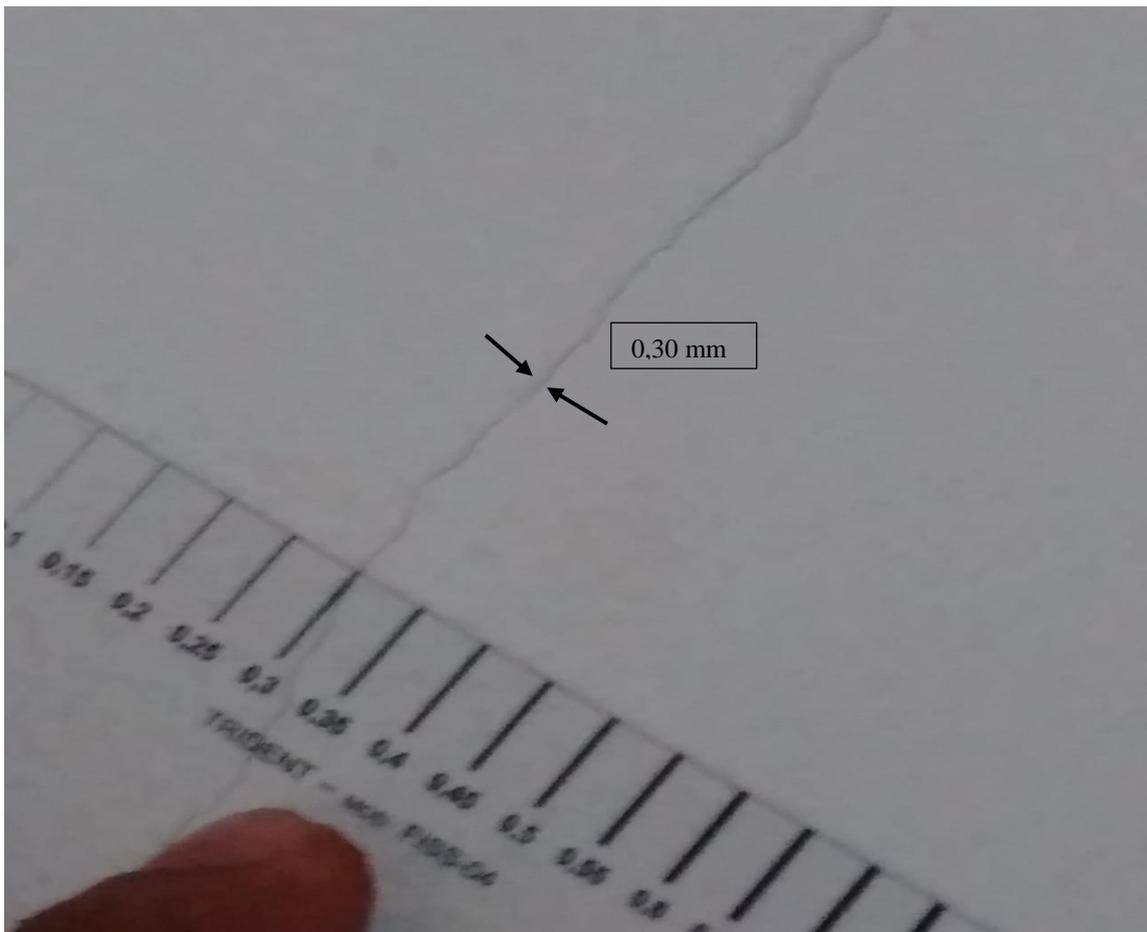
Fonte: O Autor.

Figura 61: Medição da largura da fissura em um dos quartos do apartamento.



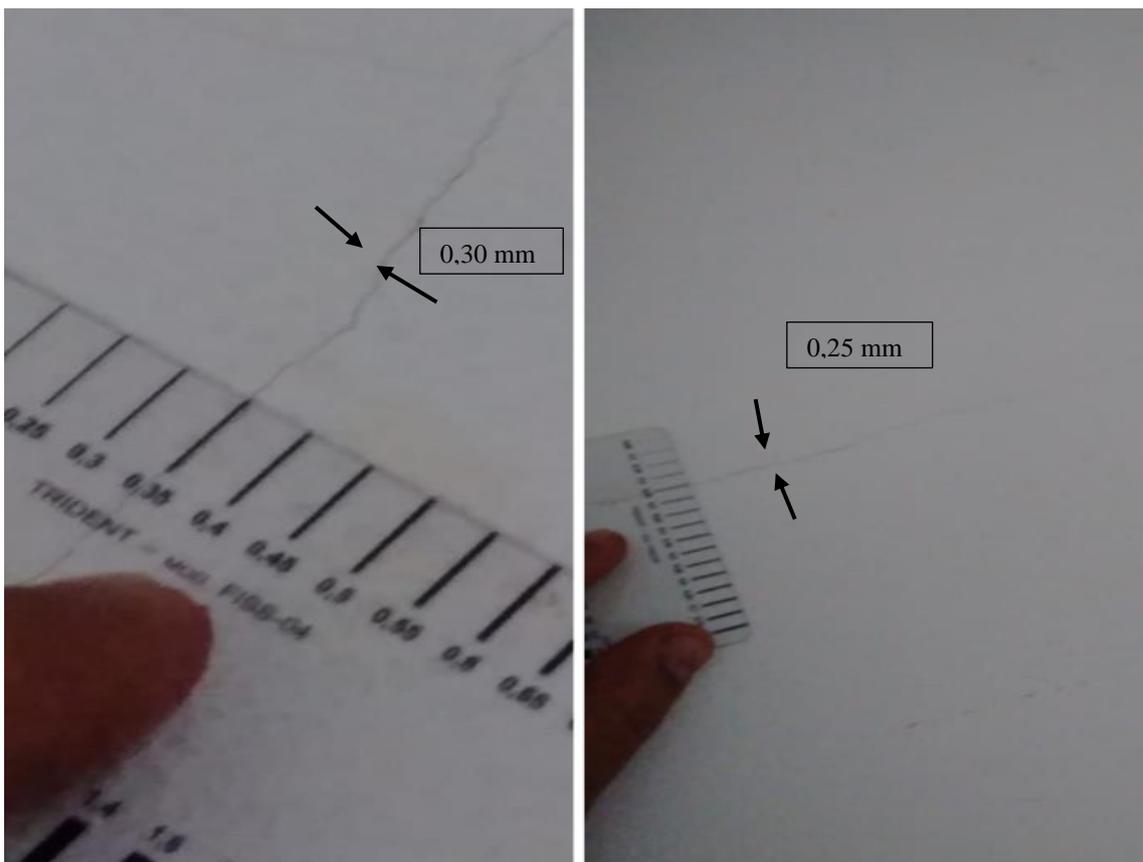
Fonte: O Autor.

Figura 62: Medição da largura da fissura em um dos quartos do apartamento.



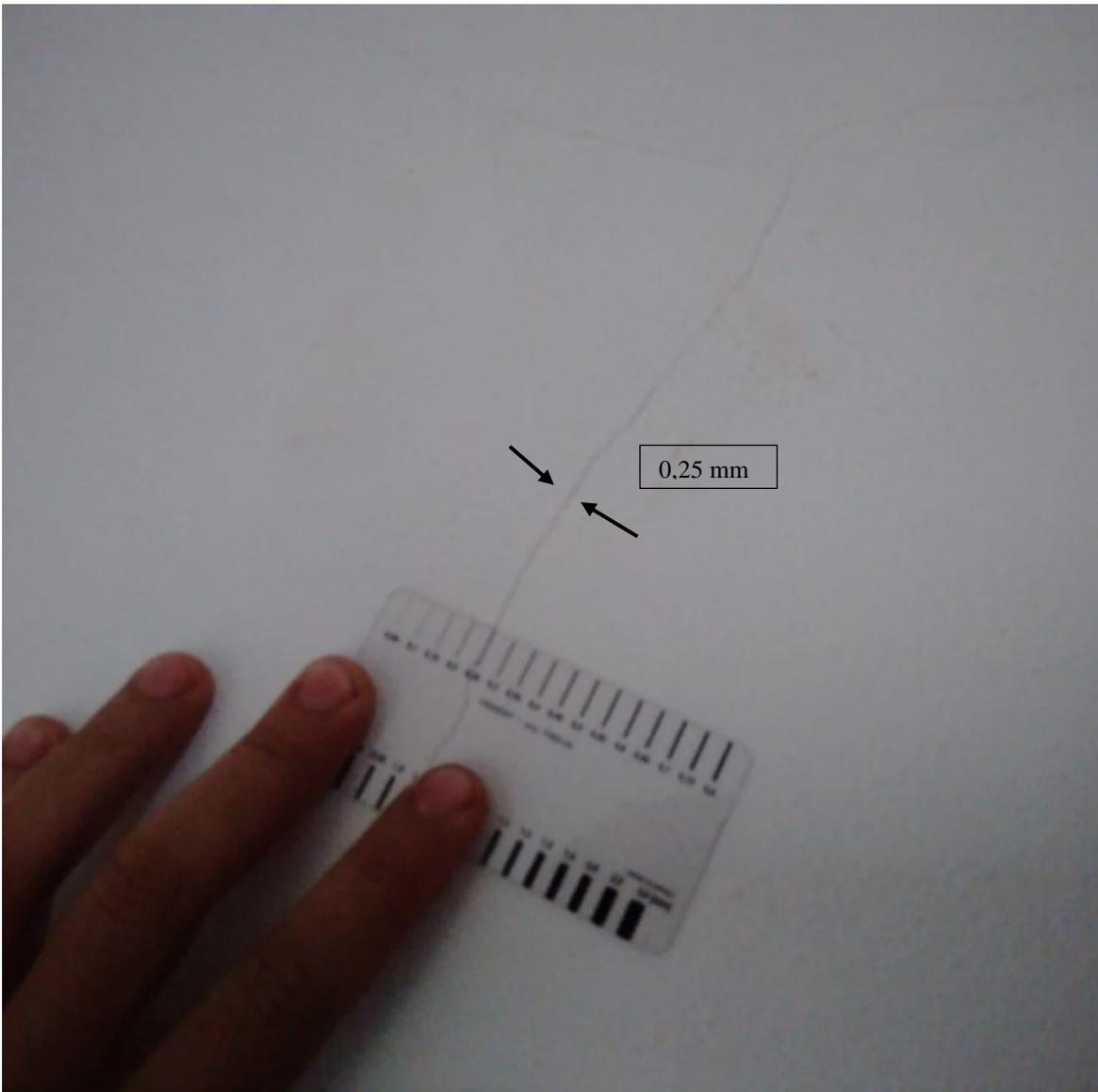
Fonte: O Autor.

Figura 63: Medição da largura da fissura em um dos quartos do apartamento.



Fonte: O Autor.

Figura 64: Medição da largura da fissura.



Fonte: O Autor.

Como foi descrito ao longo do trabalho, as fissuras são manifestações patológicas de maior ocorrência nas edificações. É muito importante identificar o problema e suas causas, para conseguir estabelecer uma tomada de decisão a fim de recuperar a alvenaria. As fissuras podem ocorrer em vigas, pilares, lajes e alvenaria, ou seja, em todos os elementos da construção. Suas causas são geralmente ligadas às tensões dos materiais, que quando solicitados pela a distribuição de cargas acabam sofrendo aberturas, as quais podem ser classificadas de acordo com a largura em (mm), (Tabela 6). Conforme Oliveira (2012) elas podem ser:

Tabela 6: Classificação das fissuras segundo sua largura em mm.

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

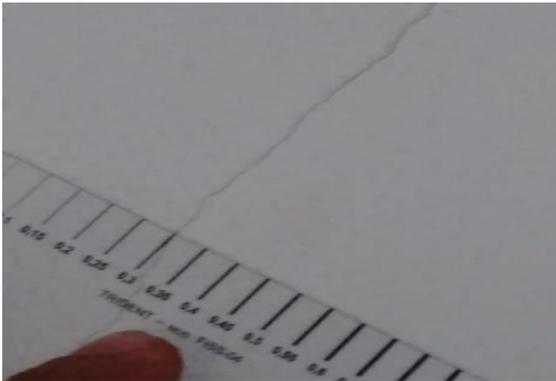
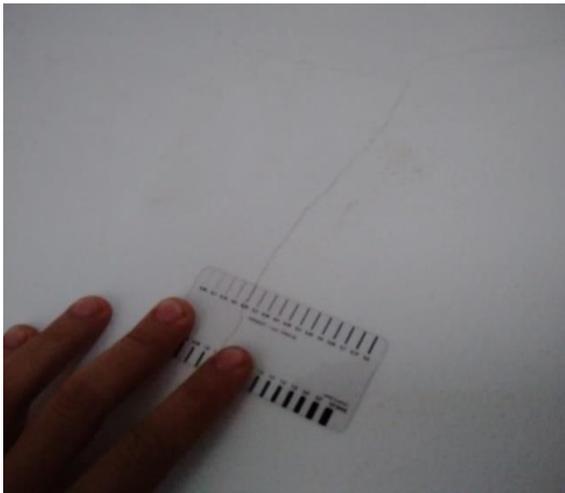
Fonte: Oliveira (2012).

Conforme identificado pelas fotografias, todas as patologias encontradas na edificação em estudo, ficaram na ordem de até 0,5 mm. Portanto, todas são classificadas como fissuras.

Entre todas as patologias que uma edificação em alvenaria estrutural pode apresentar, foram encontradas anomalias por fissuras, patologia proveniente pela expansão da argamassa de assentamento, patologia por falta de verga ou contraverga, ou ainda pela má execução delas; patologia por conta da expansão da laje, patologia por retração da laje, patologia em decorrência da resistência a tração e infiltrações.

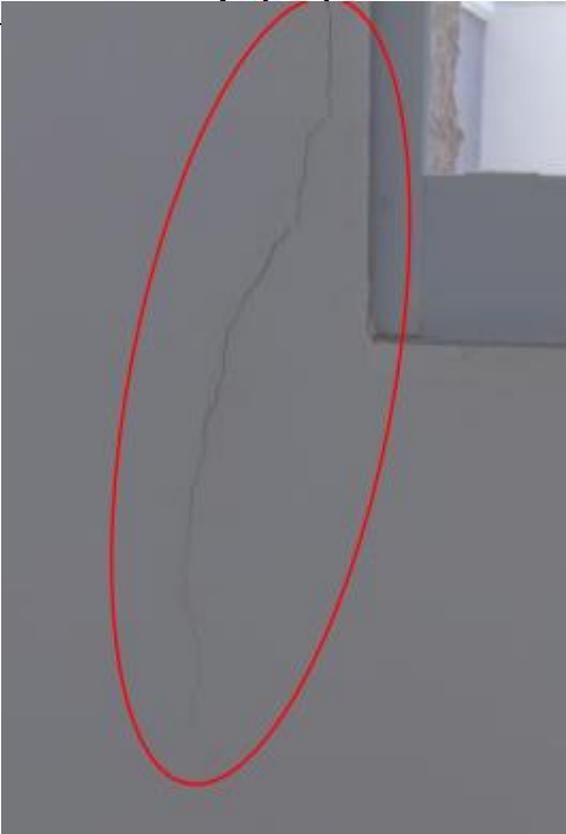
De acordo com o estudo de caso, foi possível a elaboração do Quadro 3, 4 e 5 que contém as patologias e suas prováveis causas:

Quadro 3: Patologias e suas prováveis causas das fissuras verticais.

Figura representativa – Fissuras Verticais	Prováveis Causas
	<p>Ocorre quando a resistência à tração do bloco vazado é superior à resistência à tração da argamassa</p>
	<p>Quando a resistência a tração dos blocos é igual ou inferior à resistência a tração da argamassa, ou ainda sob ação de cargas uniformemente distribuídas, que geram deformação transversal da argamassa de assentamento e eventuais fissuras em alvenaria de trechos contínuo, causadas pela flexão local.</p>
	<p>Por ser constituída de materiais porosos, o comportamento das alvenarias acaba sendo influenciado pelas movimentações higroscópicas dos materiais. A expansão das alvenarias por higroscopicidade ocorrerá de forma mais intensa em regiões onde a ação da umidade, é maior, como: em cantos desabrigados, platibandas, base das paredes, entre outros.</p>

Fonte: O Autor.

Quadro 4: Patologias e suas prováveis causas das fissuras inclinadas.

Figura representativa – Fissuras	Prováveis Causas
	<p>Próximo aos vãos de esquadrias haverá consideráveis concentrações de tensões no seu contorno. No caso da inexistência ou subdimensionamento de vergas e contravergas, as fissuras se desenvolverão a partir dos vértices das aberturas.</p> <p>Devido a cargas verticais concentradas, sempre que não houver uma correta distribuição dos esforços através de coxins ou outros elementos, poderão ocorrer esmagamentos localizados e formação de fissuras a partir do ponto de transmissão da carga.</p>
	<p>Fissuras próximas a base com inclinação, pode ser possível aviso sobre recalques diferenciais, sendo provenientes, por exemplo, de falhas de projetos, rebaixamentos do lençol, falta de homogeneidade do solo ao longo da construção, compactação diferenciadas de aterro e influência de fundações vizinhas (bulbo de tensões).</p>

Fonte: O Autor.

Quadro 5: Patologias e suas prováveis causas das fissuras inclinadas.

<b>Figura representativa – Fissuras</b> <b>Horizontais</b>	<b>Prováveis Causas</b>
	<p>As fissuras com orientação na horizontal, podem estar associadas às sobrecargas verticais atuando axialmente no plano da parede, pelo esmagamento da argamassa das juntas de assentamento. Tais fissuras, contudo, não são muito raras em paredes submetidas à flexocompressão.</p> <p>As fissuras da base também podem ocorrer quando a parede é pouco carregada e ocorre a expansão diferenciada entre fiadas de blocos.</p>
	<p>A ocorrência de fissuras na vertical próximo as janelas no último andar da edificação também foi observado, e este tipo de patologia está relacionado com a retração por secagem das lajes de concreto armado, que ficam sujeitas à forte insolação. Nesse caso, há um encurtamento da laje que acaba provocando uma rotação nas fiadas de blocos próximos à ela. Também foi observado áreas de infiltração e má execução de vergas e contravergas.</p>
	<p>Devido as movimentações térmicas, surgiram fissuras idênticas aquelas relatadas para a movimentação higroscópica e retração por secagem. Nesse caso, elas foram mais intensas nas lajes de cobertura. Isso poderia ser evitado com um cintamento muito rígido ou sistema de apoio deslizante.</p>

Fonte: O Autor.

Conforme o que foi apresentado no estudo de caso, é possível compreender que a resistência da alvenaria estrutural está diretamente ligada com a qualidade dos materiais empregados na execução. As fissuras encontradas na edificação foram causadas por reações químicas dos materiais componentes, que levaram à expansão de juntas da argamassa. Dessa forma, a má qualidade dos materiais usados na edificação acaba sendo uma possível “geradora” de patologias. Essas fissuras também são aparentes na horizontal, principalmente das fachadas, por causa do maior índice de umidade.

A maneira como as edificações foram executadas também é outro fator que pode ter contribuído para evidenciar as manifestações patológicas. A qualidade da mão de obra, a falta de prumo, o preenchimento de juntas de forma incorreta, e o grauteamento mal executado; são algumas falhas comuns que podem ter ocorrido. Por ser um condomínio multifamiliar do programa governamental Minha Casa Minha Vida, todas as questões patológicas ficam ainda mais evidentes, visto que esses condomínios são executados em série, em um curto prazo, visando a quantidade de blocos executados e não propriamente a qualidade, ou seja, sem um controle rigoroso de qualidade.

O carregamento excessivo de compressão acaba gerando fissuras na vertical, as quais também foram observadas nas edificações do condomínio em estudo. Algumas fissuras acabam possuindo uma inclinação, geralmente no canto das aberturas. Já as fissuras encontradas na horizontal são provenientes de carregamentos uniformemente distribuídos.

A variação de temperatura também é fator decisivo no aparecimento de fissuras, as quais podem assumir diferentes configurações. As mais encontradas foram na horizontal, próximas às lajes da edificação, onde existe a maior incidência de raios solares. Quando este tipo de fissura aparece de maneira transversal às lajes, com uma inclinação de 45° aproximadamente, podem ser provenientes de recalque de fundação. Esse fato não pode ser confirmado, pois a incidência de fissuras com esta característica foi muito baixa.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Mediante ao exposto nesta pesquisa analisou-se a importância da adoção de uma série de medidas no decorrer da elaboração do projeto e também posteriormente às fases de execução da obra, para que a edificação seja segura e durável. Esses conjuntos de

decisões e procedimentos, são capazes de garantir um resultado satisfatório ao longo da vida útil da construção. Por isso, ao longo do presente trabalho foi evidenciada a importância de investir na prevenção, verificação e controle dessas etapas, podendo ser resumidas a algumas fases: contratação de profissionais capacitados para elaboração do planejamento e projeto; realização de projetos sempre pautados por normas técnicas; treinamento de uma equipe qualificada que irá executar toda as fases; adoção de técnicas racionalizadas; tomar todas as medidas de segurança; selecionar bons materiais; preparar planos de controle e vistorias na obra; realizar manutenção e orientação dos usuários da edificação.

No estudo de caso as causas ocorridas no condomínio multifamiliar visitado, com o objetivo de obter os possíveis diagnósticos que provocaram o aparecimento de fissuras na alvenaria estrutural. No quadro apresentado foi descrito algumas falhas que levaram as manifestações patológicas, como processos físicos, químicos e mecânicos, retração da laje, humidade, falta de verga e contraverga, e/ou má qualidade na execução e uma possível falha na obtenção do traço da argamassa. Pode-se dizer que as fissuras encontradas no estudo de caso, aparecem de forma quase que aleatória.

Por isso, é importante ressaltar a necessidade do acompanhamento de um profissional na checagem periódica das etapas construtivas, o conhecimento sobre o comportamento dos materiais de construção que serão utilizados na obra, quais as deficiências e as incompatibilidades que pode ocorrer, para que algumas patologias sejam minimizadas a níveis aceitáveis. Caso a edificação já esteja precisando de qualquer tipo de intervenção, deve-se procurar um profissional qualificado para investigar e solucionar qualquer problema patológico.

Portanto, é possível afirmar que a metodologia empregada no processo de alvenaria estrutural, quando executada de forma correta torna-se eficaz, lucrativa, limpa e com pouca ou nenhuma patologias ao longo do tempo. É válido destacar também a importância da realização de manutenções ao longo da vida útil, bem como, orientar os usuários quanto ao uso da edificação, por meio de manuais de utilização o que garante total segurança e conforto em toda e qualquer edificação.

Sendo assim, para continuidade deste trabalho propõe-se a elaboração de um manual de acompanhamento técnico, com apresentação de ensaios e/ou técnicas mais eficientes, tendo como estudo de caso o condomínio multifamiliar aqui abordado, na cidade de Varginha-MG, para que seja possível daqui alguns anos a verificação de como estará essas manifestações patológicas.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E632-1: standard practice for developing accelerated tests to aid prediction of the Service Life of building components and materials**. Philadelphia, 1981.

ARAÚJO, Josemar; COSTA, Paulo. **Alvenaria estrutural e suas anomalias**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: < [http://demc.ufmg.br/dalmo/08\\_Alvenaria/](http://demc.ufmg.br/dalmo/08_Alvenaria/) > . Acesso em: 20 junho de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas**. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos**. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 14974: Bloco sílico-calcário para alvenaria Parte 1: Requisitos, dimensões e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-2 Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575: Edifícios Habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 16868-1: Alvenaria Estrutural – Parte 1: Projeto**. Rio de Janeiro, 2020.

AZEREDO, H.A. **O Edifício até sua cobertura**. 2ª Ed. Editora: Edgard Blucher, 1997. São Paulo.

BAUER, R. J. F. **Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Revista Prisma. Caderno Técnico Alvenaria EstruturalCT5. Artigo Técnico. p. 33-38. 2008.

BOLINA, F.L.; TUTIKIAN, B.F.; HELENE, P.R.L. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

CAMACHO, Jefferson S. **Projetos de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. 2001. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

CAMACHO, J.S. **Concreto Armado: Estados Limites de utilização**, 2005. Notas de aula - Universidade Estadual Paulista.

FREITAS, Alexandre Alves de. **Análise numérica e experimental do comportamento de prismas e miniparedes submetidos à compressão**. 2008 Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

FREITAS JÚNIOR, José de Almendra. **Construção civil II: alvenaria estrutural**. Curitiba: UFPR, 2013. Disponível em: <[http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/7/70/TC025\\_>](http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/7/70/TC025_>). Acesso em: 20 junho de 2020.

GALLEGOS, H., Casabonne, C. **Albañilería Estructural**. 3ª Ed. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica do Peru. 2005.

HELENE, P.R.L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 6241/1984**: Performance standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered. Genebra, 1984.

\_\_\_\_\_. **ISO 13823:** General principles on the design of structures for durability. Genebra, 2008.

LIMA, Helder. **A geometria do reboco.** Revista Construção. São Paulo, nº 2206, maio, 1990.

MEDEIROS, M.H.F.; ANDRADE, J.J.O.; HELENE, P. **Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto.** In: ISAIA, G.C. Concreto: ciência e tecnologia v. 1. São Paulo: ipsis, 2011. Cap. 16, p. 773-808.

MEDEIROS, J. S., SABBATINI, F. H. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** Boletim Técnico – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

MOHAMAD, G.; MACHADO, D.W.N.; JANTSCH, A.C.A. **Alvenaria estrutural: construindo o conhecimento.** São Paulo: Blucher, 2017.

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

PARSEKIAN, G.A.; HAMID, A.A.; DRYSDALE, R.G. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural.** 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

PEREIRA, F.; HELENE, P. Guía para el diagnóstico y la intervención correctiva. In: HELENE, P.; PEREIRA, F. **Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto.** São Paulo: Paulo Helene & Fernando Pereira, 2007. p. 93-140.

PRUDÊNCIO, Luiz R.; OLIVEIRA, Alexandre L., BEDIM, Carlos A. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto,** Associação Brasileira de Cimento Portland, Florianópolis. 2002 (p.121),

RAMALHO, M.A; CORRÊA, M.R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2003.

RICHTER, C. Qualidade da **alvenaria estrutural em habitações de baixa renda : uma análise de confiabilidade e da conformidade**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul ,2007.

ROMAN, Humberto; PARIZOTTO FILHO, Sergio. **Manual de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos**. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/manual-alvenaria-estrutural/4796410/>. Acessado em 14 julho de 2020.

SABBATINI, Fernando H. et al. **Patologia das construções: conceitos iniciais e metodologia**. São Paulo: Escola Politécnica da Usp, 2003. 54 p.

SAMPAIO, M.B. **Fissuras em edifícios residências em alvenaria estrutural**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SILVA, M.A.C.; FROLLINI, C.B. **Manual de desempenho do sistema de alvenaria de blocos cerâmicos City**. 2018. Disponível em: <https://materiais.ceramicacity.com.br/manual-de-desempenho-para-obras-residenciais-nrb15-575>. Acessado em 14 julho de 2020.

SILVA, S.A. **A evolução dos edifícios em alvenaria auto-portante**. Seminário - Universidade de São Paulo, 2004.

TAUIL, C.A.; NESE, F.J.M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2010.

TAN, Raykun R., LU, Yaw-Guang. **On the quality of construction engineering design projects: criteria and impacting factors**. *International Journal of Quality & Reability Management*, Vol. 12, nº 5, MCB University Press, 1995, p. 18-37

TAVARES, J. H. **Alvenaria Estrutural: Estudo bibliográfico e definições**. 2011. 58 f. Monografia - Curso de Ciência e Tecnologia, Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

THOMAZ, Érico. **Trincas em Edifícios – causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: PINI, 1989.

UEDA, T.; TAKEWAKA, K. Performance-based Standard Specifications for Maintenance and Repair of Concrete Structures in Japan. **Structural Engineering International**, v. 4, p. 359-366, 2007.