

1ª EDIÇÃO



AVALIAÇÕES DE PRESENÇAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

Gustavo Soares Santos
Luiza Ignez Mollica Marotta
Diogo Plachi Lopes

ISBN 978-65-84809-00-0
2022


1ª edição

**Gustavo Soares Santos
Luiza Ignez Mollica Marotta
Diogo Plachi Lopes**


**AVALIAÇÕES DE PRESENÇAS PATOLÓGICAS EM
PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL:
MODULAÇÕES E EFEITOS**

ISBN 978-65-84809-00-0

2022

 <http://periodicorease.pro.br/>

 contato@periodicorease.pro.br

 +55(11) 94920-0020

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

S237a Santos, Gustavo Soares.
Avaliações de presenças patológicas em projetos de alvenaria estrutural [livro eletrônico] : modulações e efeitos / Gustavo Soares Santos, Luiza Ignez Mollica Marotta, Diogo Plachi Lopes. – São Paulo, SP: Ed. do Autor, 2022.
90 p. : il.

Inclui bibliografia
ISBN 978-65-84809-00-0

1. Construção civil. 2. Alvenaria estrutural. I. Marotta, Luiza Ignez Mollica. II. Lopes, Diogo Plachi. III. Título.

CDD 693.21

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

1ª Edição - Copyright© 2022 dos autores.

Direito de Edição reservado à Revista REASE.

O conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade do(s) seu(s) respectivo(s) autor(es).

As normas ortográficas, questões gramaticais, sistema de citações e referencial bibliográfico são prerrogativas de cada autor(es).

Editora-Chefe Dra. Patrícia S. Ribeiro
Revisão Os autores
Projeto Gráfico Ana Cláudia Néri Bastos/ Talita Tainá Pereira Batista

Conselho Editorial Alfredo Oliveira Neto, UERJ, RJ
José Faijardo, Fundação Getúlio Vargas
Jussara C. dos Santos, Universidade do Minho
María Valeria Albardonado, Universidad Nacional del Comahue, Argentina
Uaiana Prates, Universidade de Lisboa, Portugal
José Benedito R. da Silva, UFSCar, SP
Pablo Guadarrama González, Universidad Central de Las Villas, Cuba
Maritza Montero, Universidad Central de Venezuela, Venezuela

RESUMO

A modulação proposta no projeto de alvenaria estrutural terá reflexos em todas as fases do empreendimento pois, simplifica a execução do projeto, padroniza os tipos de materiais e os procedimentos que serão utilizados na construção, melhora o controle da produção e a precisão na execução da obra, além de diminuir problemas com a conexão entre os componentes, elementos e o sistema completo. Pensando nos problemas desse tipo de obra, o objetivo desse trabalho é apresentar as possíveis patologias que possam comprometer uma ou mais funções na alvenaria estrutural de uma edificação, e assim propor técnicas preventivas e mitigadoras relacionadas ao detalhamento modular da estrutura. Para realização desse trabalho foi estudado através de revisão da literatura a temática sobre as possíveis manifestações patológicas que possam comprometer uma ou mais funções na alvenaria estrutural de uma edificação. Para isso, recorreu-se a materiais em forma de livros, artigos e literatura cinzenta (teses, dissertações, trabalhos apresentados em congressos, relatórios, etc). Com o estudo realizado foi possível entender que no Brasil já existem muitas obras sendo executadas em alvenaria estrutural, e apesar desse sistema construtivo ser muito antigo, a utilização cada vez maior de novos materiais e técnicas construtivas nota-se uma grande frequência de aparecimento de defeitos nas edificações. A ocorrência dos problemas com anomalias nas estruturas causam diminuição da vida útil das edificações, que estão ligada no desempenho dos materiais ou componentes estruturais da obra. Estes problemas apresentam manifestações externas particulares, a partir da qual se pode entender qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como se podem estimar suas prováveis consequências. Entre as manifestações patológicas mais comuns na alvenaria estrutural estão a formação de eflorescência, a penetração de água em fachada, o deslocamento de revestimento e fissuração, sendo a última a mais frequente. É muito importante que o material e equipamentos usados na alvenaria estrutural sejam de boa qualidade, a mão de obra deve ser treinada e consciente da responsabilidade envolvida na execução da alvenaria. Outro fator fundamental é a constante fiscalização por partes dos mestres, encarregados, estagiários, auxiliares de engenharia e engenheiros.

Palavras-Chave: Alvenaria Estrutural. Manifestações Patológicas. Projeto.

ABSTRACT

The modulation proposed in the structural masonry project will have an impact on all phases of the project, as it simplifies the execution of the project, standardizes the types of materials and procedures that will be used in the construction, improves production control and precision in the execution of the work. , in addition to reducing problems with the connection between components, elements and the complete system. Thinking about the problems of this type of work, the objective of this work is to present the possible pathologies that may compromise one or more functions in the structural masonry of a building, and thus propose preventive and mitigating techniques related to the modular detailing of the structure. To carry out this work, it was studied through a literature review the theme about possible anomalies that may compromise one or more functions in the structural masonry of a building. For this, materials in the form of books, articles and gray literature (theses, dissertations, papers presented at congresses, reports, etc.) were used. With the study carried out, it was possible to understand that in Brazil there are already many works being carried out in structural masonry, and despite this construction system being very old, the increasing use of new materials and construction techniques shows a high frequency of defects. in buildings. The occurrence of anomalies problems in structures cause a reduction in the useful life of buildings, which are linked to the performance of materials or structural components of the work. These problems present particular external manifestations, from which it is possible to understand the nature, origin and mechanisms of the phenomena involved, as well as to estimate their probable consequences. Among the most common pathological manifestations in structural masonry are the formation of efflorescence, water penetration into the facade, displacement of coating and cracking, the last being the most frequent. It is very important that the material and equipment used in the structural masonry are of good quality, the workforce must be trained and aware of the responsibility involved in the execution of the masonry. Another fundamental factor is the constant inspection by the masters, supervisors, interns, engineering assistants and engineers.

Palabras clave: Structural Masonry. Pathology. Project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Central Parque da Lapa	17
Figura 2 – Exemplos de Elementos Estruturais	19
Figura 3 – Vigas	20
Figura 4 – Pilar.....	21
Figura 5 – Tiradentes.....	21
Figura 6 – Arco	22
Figura 7 – Representação de uma Placa	23
Figura 8 – Representação de uma Chapa	23
Figura 9 – Representação de uma Casca.....	24
Figura 10 – Parede de Alvenaria Estrutural, em Blocos de Cimento e Cerâmicos	27
Figura 11 – Modelos de Blocos Cerâmicos.....	35
Figura 12 – Bloco Sílico-Calcário.....	38
Figura 13 – Colocação da argamassa de assentamento.....	40
Figura 14 – Exemplo de Grauteamento.....	43
Figura 15 – Graute com Características no Estado Fresco.....	44
Figura 16 – Armadura vertical e horizontal.....	46
Figura 17 – Dimensões da unidade.....	50
Figura 18 – Fluxograma: Sistemática do Trabalho.....	55
Figura 19 – Principais Origens das Patologias na Alvenaria Estrutural no Brasil.. ..	59
Figura 20 – Alvenaria com juntas horizontais sem preenchimento.....	63
Figura 21 – Fissura vertical.....	65
Figura 22 – Fissura horizontal devido à movimentação higroscópica.....	65
Figura 23 – Fissura Diagonal - Devido à concentração de tensões no contorno dos vãos....	66
Figura 24 – Fissuras por Recalque Diferencial na Fundação.....	67
Figura 25 – Parede Fora de Prumo	69
Figura 26 – Parede com reboco por alvenaria fora de régua.....	71
Figura 27 – Alvenaria quebrada devido a não passagem de conduítes.....	72
Figura 28 – Infiltração e Umidade.....	73
Figura 29 – Eflorescências em Blocos de Concreto em Alvenaria Estrutural.....	74
Figura 30 – Degradação da Composição Química.....	74
Figura 31 – Reticulado modular e medida modular.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de Famílias de Blocos de Concreto	31
Tabela 2 – Blocos de Concreto comuns e especiais	32
Tabela 3 – Aplicação de acordo com a família de blocos	33
Tabela 4 – Dimensões dos Principais Blocos Utilizados na Alvenaria Estrutural	33
Tabela 5 – Dimensões dos Blocos Sílico-Calcários – Bloco modular de 12,5 cm	36
Tabela 6 – Dimensões dos Blocos Sílico-Calcários – Bloco modular de 20,0 cm	37
Tabela 7 – Resistência do bloco Sílico-Calcários	37
Tabela 8 – Classificação de Argamassas de acordo com as Normas Americanas	41
Tabela 9 – Classificação da fissura quanto à abertura	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C. – Antes de Cristo

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM – American Society for Testing and Materials

Cm – Centímetro

M – Metro

NBR – Norma Brasileira

Mm – Milímetro

MPa – Mega Pascal

SUMARIO

INTRODUÇÃO.....	13
OBJETIVO.....	15
OBJETIVO GERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
HISTÓRICO DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	16
ELEMENTOS ESTRUTURAIS.....	18
ELEMENTOS LINEARES.....	25
ELEMENTOS DE SUPERFÍCIES.....	28
ALVENARIA ESTRUTURAL.....	30
MATERIAIS UTILIZADOS NA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	38
BLOCOS.....	38
ARGAMASSA.....	42
GRAUTE.....	45
ARMADURA.....	47
PROJETOS.....	49
MODULAÇÃO DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	51
A MODULAÇÃO.....	53
ANOMALIAS NA ALVENARIA ESTRUT.....	55
MATERIAIS E MÉTODOS.....	55
CRONOGRAMA.....	58
APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E ANÁLISE.....	58
LEVANTAMENTO LITERÁRIO – MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	60
DESCREVER AS PRINCIPAIS ANOMALIAS NA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	61
FATORES QUE PODEM PROVOCAR APARECIMENTOS DE FALHAS ESTRUTURAIS NA ALVENARIA.....	62
LIGAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA DE CONCRETO E ALVENARIA.....	63
FISSURAS.....	68
DESAPRUMO.....	71
NECESSIDADE DA QUEBRA DE BLOCOS ESTRUTURAIS.....	72
INFILTRAÇÃO, UMIDADE, EFLORESCÊNCIA E DEGRADAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	75
SUGESTÃO DE TÉCNICAS PREVENTIVAS E MITIGADORAS RELACIONADAS AO DETALHAMENTO MODULAR DA ESTRUTURA.....	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
BIBLIOGRAFIA.....	82

INTRODUÇÃO

O Brasil conta com uma grande quantidade de edificações executadas em alvenaria estrutural, decorrência do melhoramento das técnicas e valor econômico relacionadas à produção da execução, racionalização dos materiais, bom desempenho, diminuição dos custos e prazos na execução. Aborda um sistema inserido no país aproximadamente em 1960, utilizando blocos vazados de concreto em prédios de até quatro pavimentos, em que os procedimentos de dimensionamento e execução eram baseados em normas americanas.

Tivemos uma mudança na escala dos projetos, com um grande aumento do número de unidades construídas por empreendimento, obrigando as construtoras a buscarem novas alternativas construtivas.

As incertezas que um engenheiro civil encontra ao projetar a estrutura de uma edificação são encontradas na aleatoriedade natural do processo envolvido, pois, tanto as ações consideradas como as resistências dos materiais são variáveis aleatórias.

Para evitar que as estruturas sofram problemas patológicos, além das normas americanas, também existem normas brasileiras com as especificações e procedimentos que garantem a qualidade de edificação. Logo com as informações dessas normas podemos entender as possíveis causas das principais anomalias no processo construtivo da alvenaria estrutural, encontrar medidas preventivas e mitigadoras quando surgem irregularidades nas edificações. A regularização e a modulação no

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

projeto estrutural contribuem em para a redundância e continuidade dessas estruturas.

A modulação no projeto de alvenaria estrutural terá reflexos em todas as fases do empreendimento pois, simplifica a execução do projeto, padroniza os tipos de materiais e os procedimentos que serão utilizados na construção, melhora o controle da produção, melhora a precisão na execução da obra, além de diminuir problemas com a conexão entre os componentes, elementos e o sistema como um todo.

Esse trabalho irá abordar as principais falhas na execução da alvenaria estrutural enfatizando sua modulação e detalhamento, pois é um dos principais motivos de surgimento das patologias, por isso é necessário além de uma boa mão de obra, observar a qualidade dos materiais e uma fiscalização adequada do serviço para evitar imprevistos no decorrer da construção.

1 OBJETIVO

1.1 Objetivo geral

O objetivo desse trabalho é apresentar as possíveis patologias que possam comprometer uma ou mais funções na alvenaria estrutural de uma edificação, e assim propor técnicas preventivas e mitigadoras relacionadas ao detalhamento modular da estrutura.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar levantamento literário sobre o assunto;
- Descrever as principais anomalias que acometem construções na alvenaria estrutural;
- Contribuir através de técnicas de intervenção estrutural empregadas para prevenções, reparos ou reforço estrutural nas edificações em alvenaria estrutural.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico da alvenaria estrutural

As primeiras alvenarias, em pedra ou em tijolo cerâmico seco ao sol, apresentavam grandes espessuras em suas obras mais imponentes, face ao desconhecimento das características resistentes dos materiais e de procedimentos racionais de cálculo. Valeu por muitos séculos a prática adquirida pelos construtores (CAVALHEIRO, 2018).

Os primórdios da alvenaria estrutural remota a antiguidade através do empilhamento de blocos de pedra. Segundo Reis (2016), é fácil verificar que a resistência e durabilidade desse sistema construtivo foram largamente comprovadas principalmente quando lembramos obras monumentais como as Pirâmides de Gizé, datada de aproximadamente 2600 a.c., a Muralha da China, que estima-se o início de sua construção em 700 a.c., o Parthenon na Grécia, iniciado em 447 a.c., o Coliseu de Roma (Figura 1), uma das maiores construções do império romano, e as impressionantes catedrais de Reims e Notre Dame do séc. XIII, todas tendo como característica básica em comum o uso da alvenaria como estrutura resistente.

De acordo com Kalil e Leggerin (2021), até o final do século XIX a alvenaria predominou como material estrutural, porém devido à falta de estudos e de pesquisas na área, não se tinha conhecimento de técnicas de racionalização. As teorias de cálculos eram feitas de forma empírica, com isso não se tinha plena garantia da segurança da estrutura, forçando um superdimensionamento das mesmas.

concreto ou cerâmicos os quais são coordenados através de juntas de argamassa de forma a constituir uma estrutura monolítica. (ASSIS, 2021).

No final do anos 40, se iniciaram estudos mais aprofundados sobre estruturas de alvenaria na Europa. Nos anos 50 nos Estados Unidos, iniciou-se o desenvolvimento de regras práticas para a alvenaria, resultando na publicação de códigos de construção (SCHMITZ e MARTINS, 2017).

Foi em 1966 que foram construídos os primeiros prédios em alvenaria estrutural no Brasil, com 4 pavimentos em alvenaria armada de blocos de concreto,

no conjunto habitacional “central Parque da Lapa” (Figura 1). E foi em 1980 que a alvenaria estrutural atingiu o auge no Brasil, disseminada a construção dos conjuntos habitacionais, onde ficou tida como um sistema para baixa renda (KALIL E LEGGERIN, 2021).

Figura 1 – Central Parque da Lapa



Fonte: Comurb (2013)

Segundo Carvalheiro (2018), entre os diversos sistemas construtivos alternativos introduzidos no país nas últimas décadas, com o objetivo de minimizar o déficit habitacional, sendo a maioria importados e mal adaptados à nossa realidade, parece ser a alvenaria estrutural o mais compatível com as condições de nossa cultura construtiva, tanto do ponto de vista de absorção e adequação de mão-de-obra, quanto das possibilidades de racionalização e diminuição de custos, mesmo sem garantia de demanda, pela ausência de uma política habitacional duradoura.

2.2 – Elementos estruturais

As estruturas ou sistemas estruturais são constituídas através da disposição racional e adequada de diversos elementos estruturais. Os elementos estruturais são os responsáveis por receber e transmitir as solicitações na estrutura, sofrendo como consequência deformações (SOUZA e RODRIGUES, 2008).

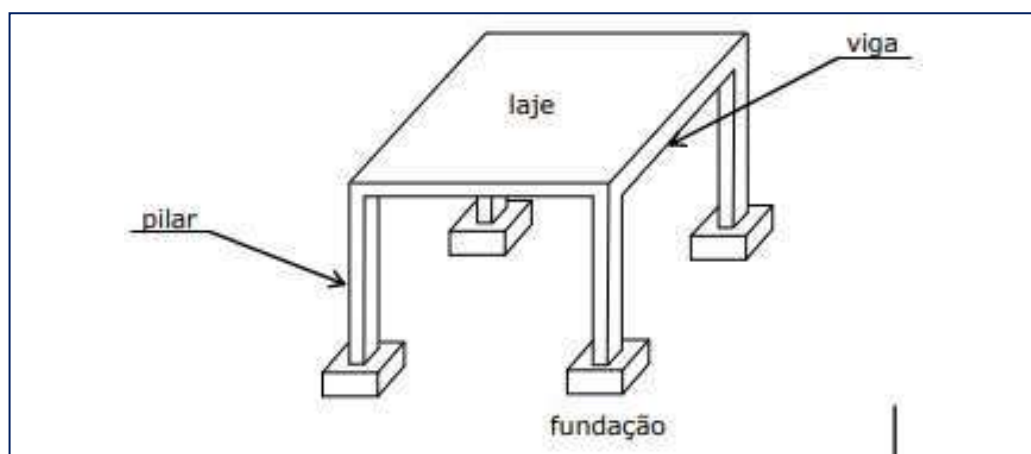
Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 6118 (2014), os elementos estruturais básicos são classificados e definidos de acordo com a sua forma geométrica e a sua função estrutural.

Em uma análise conjunta com os projetistas de estrutura e de instalações, devem ser definidas algumas questões, como os blocos a serem utilizados, os níveis e a espessura das lajes, se haverá pilotis ou não, como serão os shafts, caixas de escada e elevador, caixas d'água, barriletes, varandas, sacadas, chaminés, garagens e demais detalhes, arquetônios ou não, que possam necessitar de tratamento específico (TAUIL e NESSE, 2010).

De acordo com Sampaio (2010) a alvenaria estrutural é um processo construtivo no qual os elementos que desempenham a função estrutural são a própria alvenaria, dispensando o uso de pilares e vigas, o que acarreta redução de custos.

As edificações têm elementos construtivos para suportar a construção. Como demonstrado na Figura 2, os elementos estruturais básicos são as lajes, as vigas, os pilares e as fundações, mas também existem outros, como estruturas de escadas, vigas, paredes, estruturas de vãos de elevadores, entre outros (CHAER, 2021):

Figura 2 – Exemplos de Elementos Estruturais



Fonte: Chaer (2021)

3.2.1 – Elementos lineares

Os sistemas estruturais mais empregados nas construções residenciais, comerciais e industriais podem compreender: Estruturas Lineares, formadas predominantemente por elementos lineares alongados, constituindo reticulados e Estruturas Laminares, formadas por elementos laminares planos, funcionando como chapas, quando as

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

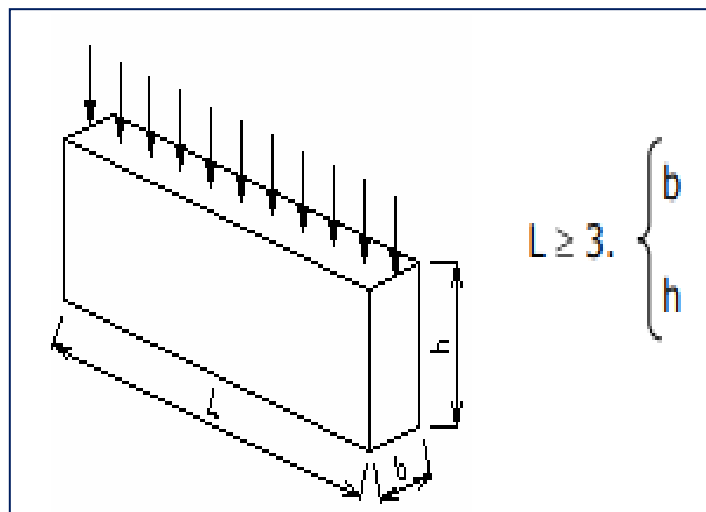
cargas atuam no seu plano médio ou placas, quando as cargas atuam perpendicularmente ao plano médio (CAVALHEIRO, 2018).

As estruturas lineares são aqueles em que o comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal, sendo também denominados barras (ABNT, 2014).

Exemplo de elementos Lineares:

- Laje: É um elemento de concreto que tem três medidas ao todo, sendo o comprimento e a largura que são os maiores valores e a espessura que costuma ser utilizada na horizontal. A laje é apoiada sobre as vigas e suporta ações (cargas) que geram cisalhamento e momento fletor. Já as vigas e pilares são elementos que têm uma das medidas com maior comprimento.
- Vigas: Elementos lineares em que a flexão é o esforço preponderante (Figura3). As vigas sofrem cisalhamento e flexão e costumam receber as cargas da laje. Elas são utilizadas em sua maioria na horizontal, onde repassam as cargas para os pilares e estes sofrem compressão, flexão e, algumas vezes, torção.

Figura 3 – Vigas

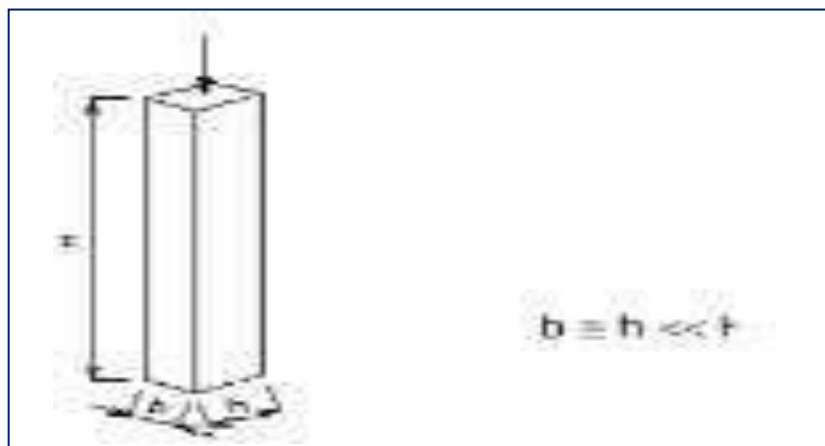


Fonte: Chaer (2021)

- Pilares: Elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos

na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes (Figura 4). São utilizados na vertical e repassam as cargas para as fundações, sendo que estas repassam a carga para o solo.

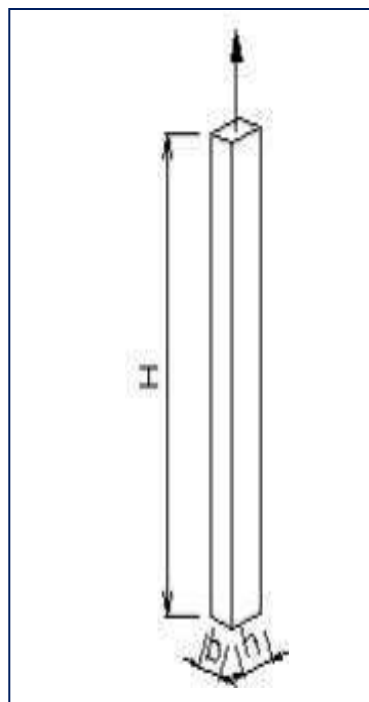
Figura 4 – Pilar



Fonte: Chaer (2021)

- Tiradentes: Elementos lineares de eixo reto em que as forças normais de tração são preponderantes (Figura 5).

Figura 5 – Tiradentes

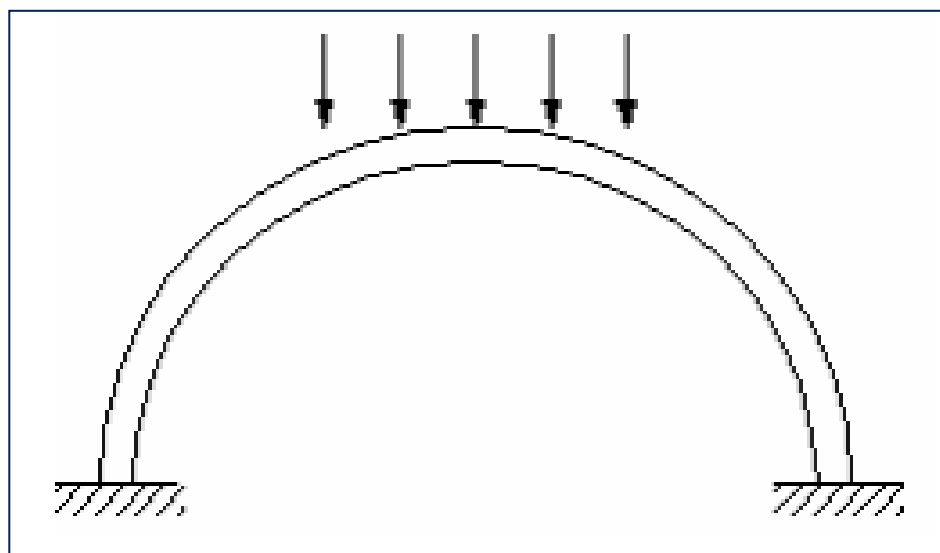


Fonte: Chaer (2021)

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

- Arcos: Elementos lineares de eixos curvos em que as forças normais de compressão são preponderantes, agindo ou não simultaneamente com esforços solicitantes de flexão, cujas ações estão contidas em seu plano (Figura 6).

Figura 6 – Arco



Fonte: Chaer (2021)

De acordo com Soares (2010), os arcos foi descoberto através dos tempos como alternativa para a execução dos vãos. Estes seriam obtidos através do arranjo entre as unidades. Assim foram executadas pontes e outras obras de grande beleza, obtendo maior qualidade à alvenaria estrutural. Um exemplo disso é a parte superior da igreja de Notre Dame, em Paris.

3.2.2 – Elementos de superfícies

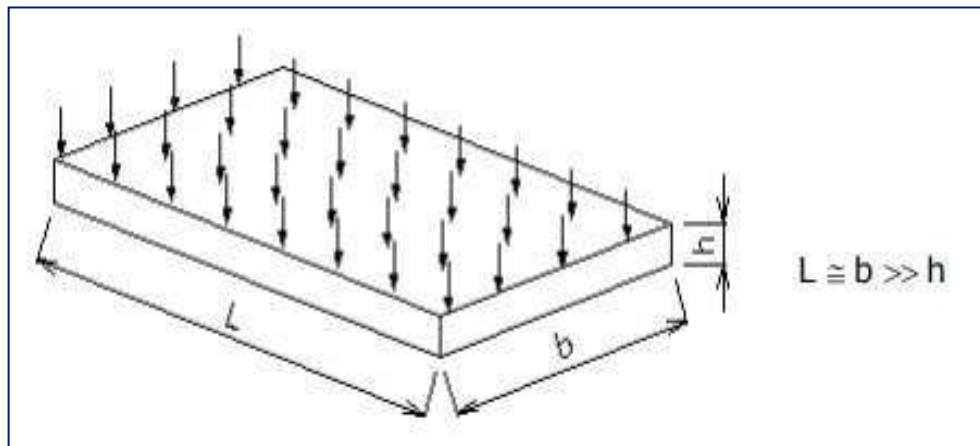
Elementos em que uma dimensão, usualmente chamada de espessura, é relativamente pequena em face das demais (ABNT, 2014).

Exemplos de elementos de superfícies:

- Placas: Elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações normais a seu plano. As placas de concreto são

usualmente denominadas lajes. Placas com espessura maior que 1/3 do vão devem ser estudadas como placas espessas (Figura 7);

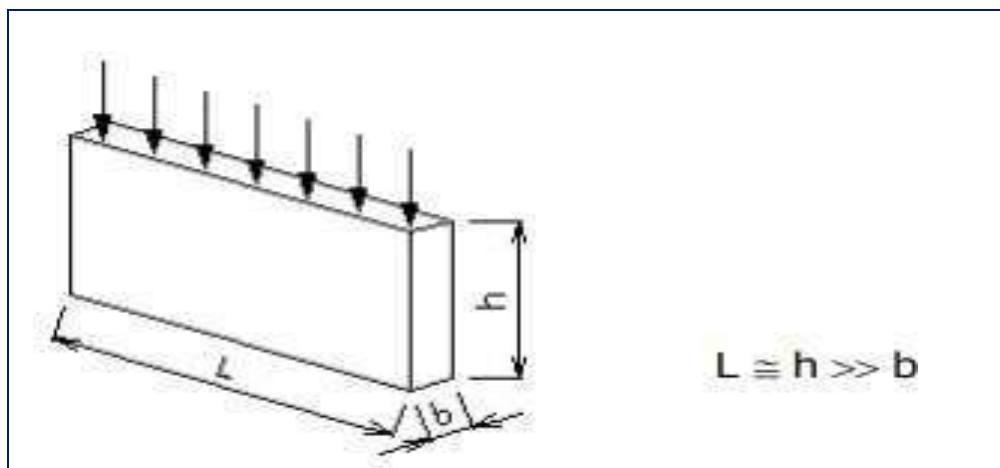
Figura 7 – Representação de uma Placa



Fonte: Chaer (2021)

- Chapas: Elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações contidas em seu plano. As chapas de concreto em que o vão for menor que três vezes a maior dimensão da seção transversal são usualmente denominadas vigas-parede (Figura 8);

Figura 8 – Representação de uma Chapa

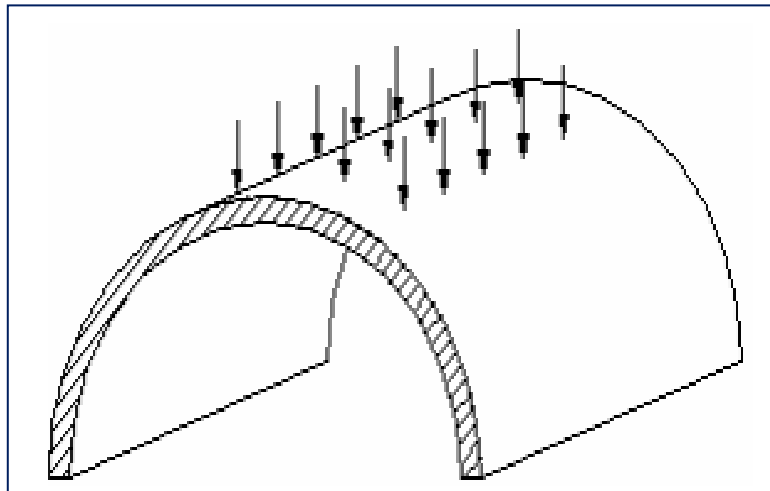


Fonte: Chaer (2021)

- Cascas: Elementos de superfície não plana. São estruturas de

delgadas de superfície, não planas, que recebem cargas distribuídas e reagem através de esforços solicitantes de tração e compressão (Figura 9).

Figura 9 – Representação de uma Casca



Fonte: Chaer (2021)

- Pilares-Paredes: Elementos de superfície plana ou casca cilíndrica, usualmente dispostos na vertical e submetidos preponderantemente à compressão. Podem ser compostos por uma ou mais superfícies associadas. Para que se tenha um pilar-parede, em alguma dessas superfícies a menor dimensão deve ser menor que $1/5$ da maior, ambas consideradas na seção transversal do elemento estrutural.

As paredes podem ser (SOARES,2010):

- a) As Paredes de vedação: são aquelas que resistem apenas ao seu próprio peso, e tem como função separar ambientes ou fechamento externo. Não tem responsabilidade estrutural;
- b) Paredes estruturais ou portantes: Tem a finalidade de resistir ao seu peso próprio e outras cargas advindas de outros elementos estruturais tais como lajes, vigas, paredes de pavimentos superiores, carga de telhado, etc.;
- c) Paredes de contraventamento ou enrijecedoras: São paredes estruturais projetadas para enrijecer o conjunto,

tornando-o capaz de resistir também a cargas horizontais como por exemplo o vento.

2.3 – Alvenaria estrutural

O uso da alvenaria estrutural como método construtivo traz um conjunto de vantagens as quais vem motivando o seu uso em edifícios de vários pavimentos. Esse sistema construtivo proporciona uma maior racionalização e industrialização da construção, fatores que tem impacto direto no custo da obra (PARSEKIAN, MEDEIROS e SIPP, 2018). Por outro lado o uso de elementos pré-moldados de concreto em conjunto com a alvenaria estrutural potencializa a sua característica de obra com maior grau de racionalização. Entre os elementos pré-moldados utilizados em conjunto com a alvenaria estrutural pode-se citar escadas, vergas, lages entre outros (ASSIS, 2021).

No processo criativo de uma edificação em alvenaria estrutural é fundamental a perfeita integração entre Arquiteto e Engenheiro Estrutural, objetivando a obtenção de uma estrutura economicamente adequada para suportar todos os esforços previstos sem prejuízo das demais funções: compartimentação, vedação, isolamento termo-acústico, instalações hidráulicas, elétricas, telefônicas e ter função estética (KALIL E LEGGERIN, 2021).

A alvenaria estrutural trata-se, portanto, de um processo construtivo, no qual as paredes têm função estrutural, ou seja, são autoportantes. Dessa maneira, fica encarregada da transmissão das cargas até a fundação. Diferentemente da alvenaria convencional, na qual esta é utilizada como elemento de vedação. Na alvenaria estrutural,

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

a resistência depende unicamente das unidades de alvenaria argamassadas. Todos com grande capacidade resistente à compressão. Essas unidades devem agir como uma combinação íntegra para resistir aos esforços de compressão e, de acordo com a conveniência do projeto, podem ser usadas barras de aço. Estas se ligam à alvenaria por meio de grauteamento, para resistir a esforços de tração e propiciar maior homogeneidade ao conjunto monolítico (NETO, PELUSO e CARVALHO, 2015).

De acordo com Cavalheiro (2018), entre os processos de construção industrializada pode-se citar: os que produzem todas as peças da estrutura reticulada, em concreto armado ou protendido, em usinas de pré-fabricados, para posterior montagem no local da obra; os que utilizam formas metálicas tipo túnel, com concretagem simultânea de paredes e lajes na obra; os sistemas totalmente industrializados que “depositam” no local da obra módulos totalmente acabados, com aberturas, vidros, etc.; as estruturas metálicas, utilizando perfis de aço montados no local e outros processos ditos inovadores, muitos deles apresentando, no entanto, sérios problemas patológicos e mesmo inadequação ao uso habitacional. Alguns destes sistemas foram importados sem a devida adaptação à realidade brasileira.

Ainda segundo o mesmo autor, a alvenaria estrutural se situa entre os sistemas industrializados, uma vez que o componente básico de seus elementos estruturais, o bloco ou o tijolo, é uma peça modular, feita em usina ou indústria cerâmica e o sistema construtivo é racionalizado

Figura 10 – Parede de Alvenaria Estrutural, em Blocos de Cimento e Cerâmicos



Fonte: Pixabay (2021)

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção — CBIC (2020), o conjunto de normas ABNT NBR 16868, que tratam de alvenaria estrutural foram elaboradas pela Comissão de Estudo Alvenaria Estrutural (CE-002:123.010) do Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002). As três partes cancelam e substituem as normas ABNT NBR 15812-1:2010, ABNT NBR 15961-1:2011, ABNT NBR 15812-2:2010, ABNT NBR 15961-2:2011, ABNT NBR 15812-3:2017 e ABNT NBR 16522:2016.

- ABNT NBR 16868-1/2021 — Alvenaria estrutural - Parte 1 — Projeto: Esta norma estabelece os requisitos para o projeto de estruturas de alvenaria e à análise do desempenho estrutural de elementos de alvenaria inseridos em outros sistemas estruturais;
- ABNT NBR 16868-2 — Alvenaria estrutural — Parte 2 — Execução e controle de obras: Esta norma estabelece os requisitos para execução e controle de obras de alvenaria estrutural;
- ABNT NBR 16868-3 — Alvenaria estrutural — Parte 3 —

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

Métodos de Ensaio: Esta norma estabelece os métodos de ensaio de elementos em alvenaria construídos com blocos de concreto (prisma, pequena parede e parede), submetidos a esforços de compressão axial, cisalhamento, flexão e flexocompressão.

A ABNT NBR 16868, sob o título geral “Alvenaria estrutural”, também contará com mais duas partes (CBIC, 2020):

— ABNT NBR 16868-4 – Alvenaria estrutural – Parte 4 – Estruturas em situação de incêndio: Esta norma ainda está em elaboração pelo comitê de normatizada da ABNT.

— ABNT NBR 16868-5 – Alvenaria estrutural – Parte 5 – Projeto para ações sísmicas: Esta norma ainda está em elaboração pelo comitê de normatizada da ABNT.

Ainda de acordo com o mesmo autor, um projeto arquitetônico em alvenaria estrutural será mais econômico na medida em que for mais repetitivo e tiver paredes coincidentes nos diversos pavimentos, dispensando elementos auxiliares ou estrutura de transição.

2.4 – Materiais utilizados na alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural e o concreto armado são dois métodos de estrutura muito utilizados na construção civil brasileira há muito tempo e que possuem algumas similaridades. Quando se fala de alvenaria é preciso considerar que existem dois tipos diferentes: o primeiro é a parede de alvenaria estrutural, que é essencial para reforçar a estrutura da edificação. Já o segundo tipo de parede de alvenaria é o de fechamento ou vedação, que tem como função apenas a obrigação de “fechar” espaços no imóvel e não de sustentar a estrutura da edificação (ROCHA, 2020);

atingir requisitos de uso tais como estanqueidade, conforto térmico e conforto acústico. Nesse caso, não se considera as paredes de alvenaria como elementos capazes de suportar as cargas de utilização. Assim utiliza-se pórtico estrutural de aço ou concreto armado o qual além de suportar as cargas utilização também deve suportar o peso da alvenaria. Por outro lado, a alvenaria estrutural é caracterizada pelo uso de paredes portantes, as quais são dimensionadas para suportar as solicitações de uso da edificação bem como o seu peso, por isso a importância na produção e qualidade de blocos, no projeto e na execução da alvenaria é importante (ASSIS, 2021).

Aos materiais componentes da alvenaria estrutural, algumas características são buscadas nestes para que sejam incorporados junto ao sistema construtivo. Por exemplo, no caso das unidades, os materiais constituintes devem apresentar resistência à compressão adequada, bem como boa capacidade de aderência à argamassa e dimensões uniformes. Apesar do pouco conhecimento existente acerca deste sistema construtivo em situações de incêndio, outra característica relevante às unidades se refere à elevada resistência ao fogo (SOARES, 2010).

Segundo Carvalho (2019), a alvenaria estrutural é constituída por componentes, os quais são considerados como unidades básicas do sistema. A união dos componentes compõem a estrutura, sendo que os principais deles são as unidades (blocos e/ou tijolos), a argamassa, o graute e a armadura.

compressão, sendo os blocos os elementos com maior contribuição nessa resistência. Isto não exclui a relevância dos demais elementos constituintes da alvenaria estrutural, sendo primordial o conhecimento das funções e características de cada qual para obtenção do melhor desempenho estrutural do sistema construtivo.

2.4.1 – Blocos

De acordo com a NBR 15270-2, os requisitos para a identificação dos blocos e o não atendimento destes em qualquer corpo de prova da amostragem é suficiente para a rejeição de todo o lote. Desta forma, os blocos são marcados contendo no mínimo (ABNT, 2015):

- A identificação da empresa;
- Dimensões de fabricação na sequência (largura, altura e comprimento em centímetros);
- As letras EST indicando que se trata de um componente estrutural; e
- A rastreabilidade, que possibilita ao fabricante identificar o lote;

Além destes requisitos de identificação, os blocos não devem apresentar defeitos como quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam seu emprego na função especificada.

O bloco é o componente básico e principal contribuinte para a resistência à compressão dos elementos estruturais. Usualmente, estas unidades (blocos) podem ser de concreto, cerâmica ou sílico-calcáreas, sendo os dois primeiros os mais utilizados no Brasil (FERNANDES, 2020).

De acordo com Campos (2016), os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com as

normas da ABNT NBR 5706 e NBR 5726. Os principais blocos M15 disponíveis no mercado para as famílias 29 e 39 são os apresentados na Tabela 01:

Tabela 1 – Exemplos de Famílias de Blocos de Concreto








Família 29 (L X H X C)	Família 39 (L X H X C)
14 X 19 X 29	14 X 19 X 39
14 X 19 X 14	14 X 19 X 19
14 X 19 X 44	14 X 19 X 34
	14 X 19 X 54

Fonte: Campos (2016)

Na Tabela 2 apresenta que, na NBR 6136 – item 3.8 – Família de blocos é o conjunto de componentes de alvenaria que integram modularmente entre si e com outros elementos construtivos (CAMPOS, 2016):

**AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA
ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS**

Tabela 2 – Blocos de Concreto comuns e especiais

Bloco Inteiro	Bloco Jota	Bloco 1/2
		
Bloco Canaleta	Bloco Especial 14x34	Bloco Especial 14x44
		
Bloco Especial 14x54		
		

Fonte: Campos (2016)

Os blocos de concreto normalizados possuem formato e dimensões padronizadas, que proporcionam um sistema construtivo limpo, prático, rápido, econômico e eficiente. Além disso, o material concreto possui um módulo de elasticidade similar ao da junta de argamassa, aproximando a resistência da alvenaria à do bloco (RIVERS, 2021).

A Tabela 3 apresenta a família de blocos de acordo com a NBR 6136/2007 (Campos, 2016):

**AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL:
MODULAÇÕES E EFEITOS**

Tabela 3 – Aplicação de acordo com a família de blocos

Aplicação		Acima de 2 pavimentos			Até 2 pavimentos			1 pavimento		
Designação	Nominal	20	15		12,5			10		
	Módulo	M-20	M-15		M-12,5			M-10		
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3
	Linha	20X40	15X40	15X30	12,5X40	12,5X25	12,5X37,5	10X40	10X30	10X30
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-

Fonte: Campos (2016)

A Norma NBR 6136/2007 especifica as características dos blocos de concreto para alvenaria estrutural, sendo que os principais blocos com função estrutural comercializados atualmente apresentam as seguintes dimensões (Tabela 4):

Tabela 4 – Dimensões dos Principais Blocos Utilizados na Alvenaria Estrutural

Designação	Dimensões (mm)		
	Largura	Altura	Comprimento
M-20 (Blocos de 20 cm Nominais)	19	19	39
	19	19	19
	19	19	9
	14	19	54
	14	19	44
M-15 (Blocos de 15 cm Nominais)	14	19	39
	14	19	34
	14	19	29
	14	19	19
	14	19	14

Fonte: Rivers (2021)

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

Os blocos vazados de concreto devem atender, quanto ao seu uso, às seguintes classes (SINDUSCONMG, 2014):

- Classe A: Com função estrutural, para o uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;
- Classe B: Com função estrutural, para o uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
- Classe C: Com e sem função estrutural, para o uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
- Classe D: Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

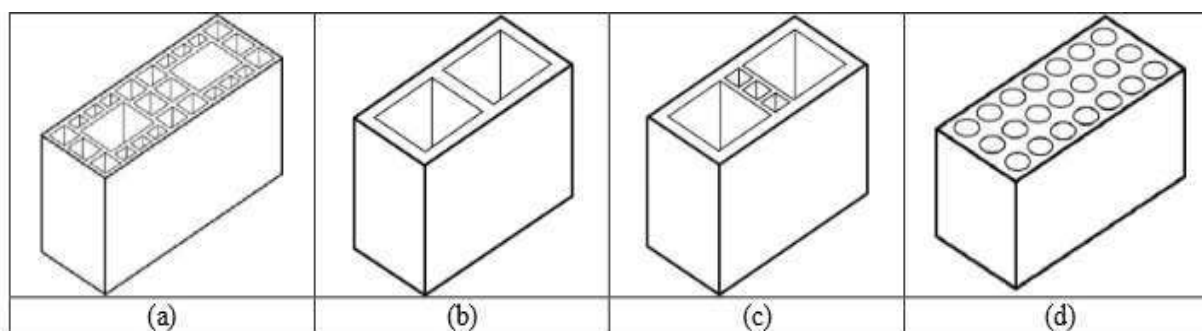
Segundo Rivers (2021), em geral, quanto mais denso o bloco, menor será a sua absorção. Para ambas as classes (estrutural e não estrutural) a absorção deve ser $< 10\%$ e a retração por secagem deve ser sempre $< 0,065\%$. A retração por secagem é uma redução de volume resultante da evaporação da água excedente.

Com o crescimento do processo construtivo em alvenaria estrutural, ocorreu também o aumento da utilização de blocos cerâmicos estruturais, principalmente pelo desenvolvimento e incentivos de seus fabricantes, o que ocasionou a criação da norma de projeto, execução e controle de obras de alvenaria estrutural específica para blocos cerâmicos, colocada em vigor no ano de 2010. Com isso o bloco cerâmico estrutural se consolidou como uma alternativa na construção em alvenaria estrutural (MIRANDA, 2012).

Segundo Rizzatti *et al.* (2018), os blocos cerâmicos estruturais são componentes da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares à face que os contêm, sendo os mesmos produzidos para serem assentados com furo na vertical, são eles (Figura 11):

- a. Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas;
- b. Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças;
- c. Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (paredes internas vazadas);
- d. Bloco cerâmico estrutural perfurado.

Figura 11 – Modelos de Blocos Cerâmicos



Fonte: Rizzatti *et al.* (2018)

Atualmente contamos com normas da ABNT para cálculo, execução e controle de obras em alvenaria estrutural e o sistema encontra-se difundido e aprimorado (RIVERS, 2014). Abaixo seguem as normas que atualmente balizam o sistema:

- ABNT NBR 15812-1 Alvenaria Estrutural – Blocos Cerâmicos/Parte 1: Projetos;
- ABNT NBR 15812-2 Alvenaria Estrutural – Blocos Cerâmicos/Parte 2: Execução e controle de obras.

Além das normas do sistema de alvenaria estrutural, contamos com normas para determinação das características dos blocos cerâmicos, tanto estruturais quanto de vedação (RIVERS, 2014):

- ABNT NBR 15270-2 Componentes cerâmicos/Parte 2: Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural – Tipologia e requisitos;
- ABNT NBR 15270-3 Componentes Cerâmicos/ Parte 3: Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de Ensaio.

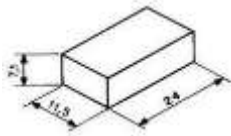
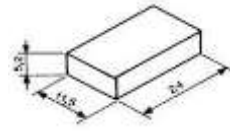
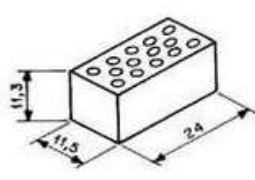
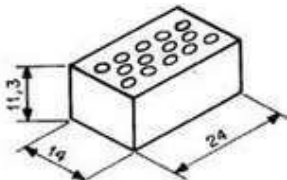
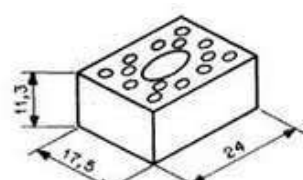
AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

De acordo com a NBR 14974-1, os blocos e/ou tijolos sílico-cálcareos, são blocos prismáticos, fabricados com cal e agregados finos, de natureza predominantemente quartzo, que depois da mistura íntima são moldados em peças, por pressão e compactação, sofrendo posteriormente endurecimento sob ação de calor e pressão de vapor (ABNT, 2003).

Segundo Désir (2021), esse tipo de bloco tem a vantagem de dispensar chapisco e emboço no revestimento, não é preciso regularizar a parede, e sendo um material bem pouco poroso e bastante nivelado, pode ficar aparente ou receber uma fina camada de revestimento. Isso significa economia de mão-de-obra e material de acabamento.

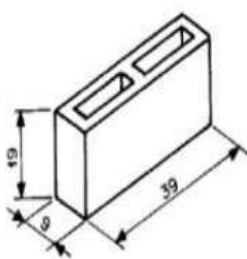
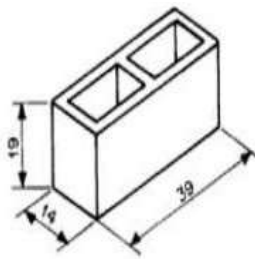
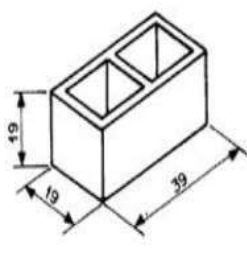
Os blocos sílico-calcários, menos populares em comparação ao bloco de concreto e o cerâmico, também são citados na norma brasileira, que estabelece as formas e dimensões conforme as Tabelas 5 e 6 abaixo, para os blocos modulares de 12,5 cm e 20,0 cm (ABNT, 2003):

Tabela 5 – Dimensões dos Blocos Sílico-Calcários – Bloco modular de 12,5 cm

Bloco Maciço (a)		Bloco Maciço (b)	
			
Bloco Furado ou Perfurado tipo (c)	Bloco Furado ou Perfurado tipo (d)	Bloco Furado ou Perfurado tipo (e)	
			

Fonte: (ABNT, 2003)

Tabela 6 – Dimensões dos Blocos Sílico-Calcários – Bloco modular de 20,0 cm

Bloco Vazado Tipo (a)	Bloco Vazado Tipo (b)	Bloco Vazado Tipo (c)
		

Fonte: (ABNT, 2003)

Na Tabela 7 mostra que os blocos são divididos em classes de resistência em função de sua resistência:

Tabela 7 – Resistência do bloco Sílico-Calcários

Classes	Resistência à compressão
Classe A	4,5 MPa
Classe B	6,0 MPa
Classe C	7,5 MPa
Classe D	8,0 MPa
Classe E	10,0 MPa
Classe F	12,0 MPa
Classe G	15,0 MPa
Classe H	20,0 MPa
Classe I	25,0 MPa
Classe J	35,0 MPa

Fonte: (ABNT, 2003)

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

Segundo Souza *et. al.* (2016), a alvenaria estrutural realizada com o bloco de sílcio-calcário na Construção Civil possui grandes vantagens, por suas qualidades em relação aos blocos cerâmicos ou de concreto, porém, tem o custo mais elevado e por esse motivo ele não é utilizado com muita frequência na construção de alvenaria estrutural, pois o ponto crucial para se utilizar a alvenaria estrutural é a economia que se tem em relação ao custo benefício da obra (Figura 12).

Figura 12 – Bloco Sílcio-Calcário



Fonte: Désir (2021)

2.4.2 – Argamass

A principal função da argamassa é ser um adesivo que une os blocos, servindo para transferir esforços entre eles e acomodar pequenas deformações do conjunto, o que torna a resistência uma característica secundária.

Principais funções da argamassa (NONATO, 2013):

- Unir os blocos;
- Vedar o conjunto para prevenir a entrada de água e vento nas edificações. Por isso é importante logo após o assentamento, observarmos se não ficaram fendas entre os blocos, devemos proceder ao fechamento das mesmas com utilização da própria

argamassa de assentamento;

- Compensar imperfeições;
- Distribuir cargas
- Absorver deformações.

A empresa Pauluzzi Blocos Cerâmicos (2021), fala que para definição da argamassa de assentamento devem ser realizados ensaios com antecedência adequada, em laboratório, com os materiais dos mesmos fornecedores selecionados para a obra, comprovando o atendimento dos requisitos estabelecidos no projeto estrutural através de ensaios realizados de acordo com as normas pertinentes. Estes procedimentos devem ser atendidos tanto pelas argamassas não industrializadas quanto as industrializadas (sem adição de cimento ou qualquer outro componente na obra).

A argamassa de assentamento, de acordo com a ABNT NBR 13281:2005, é definida como elemento utilizado na ligação entre os blocos de concreto, a qual garante a distribuição uniforme de esforços, e é composta por cimento, agregado miúdo, água e cal ou outra adição destinada a conferir plasticidade e retenção de água de hidratação à mistura. O principal componente que confere resistência mecânica à argamassa é o cimento devido às suas reações pozolânicas. A cal reage com o gás carbônico formando compostos que promovem o endurecimento mas possui resistência muito menor se comparado ao concreto (RIVERS, 2014).

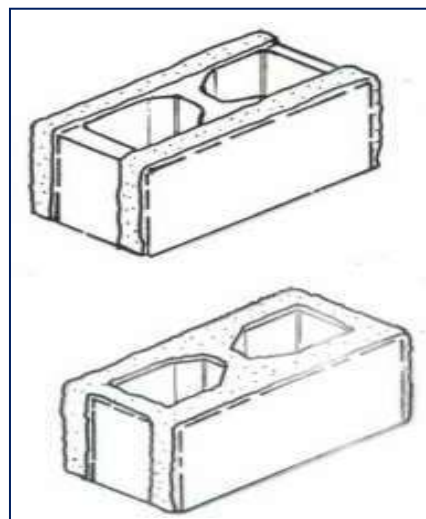
AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

De acordo com Nonato (2013), as principais características da argamassa são:

- Boa trabalhabilidade;
- Capacidade de retenção de água para que uma elevada sucção do bloco não prejudique suas funções primárias;
- Obtenção rápida de alguma resistência para resistir aos esforços da própria construção do elemento (parede);
- Adequada aderência para absorver esforços de cisalhamento;
- Ser durável e não afetar a durabilidade de outros materiais;
- Baixo módulo de deformação, para acomodar as variações de volumes naturais da retração por secagem, deformações de origem térmica e movimentos estruturais de pequena amplitude.

Os mecanismos de ruptura da alvenaria estão intimamente ligados à interação entre as unidades e a junta de argamassa (Figura 13). O desenvolvimento de unidades (blocos) de maiores resistência à compressão requer um aumento na resistência da argamassa, entretanto, este aumento de resistência da argamassa gera um aumento menos significativo na resistência da alvenaria do que o ocasionado pela maior resistência dos blocos (RIZZATTI *et al.*, 2018)

Figura 13 – Colocação da argamassa de assentamento



Fonte: Campos (2016)

De acordo com Carvalho (2019), as argamassas possuem diversos tipos de classificação. Quanto aos tipos de argamassas utilizadas em alvenaria estrutural, podem ser citadas as mistas, semiprontas e industrializadas. As normas americanas subdividem as argamassas mistas, ainda, de acordo com o local de uso, havendo variação de sua resistência. As argamassas semiprontas são usinadas de cal e areia, sendo adicionado em obra, o cimento para mistura. As argamassas industrializadas são classificadas em dois grupos: As prontas, entregues em baldes ou contêineres, e argamassa em que é necessário o acréscimo de água, no qual são entregues em sacos ou agranel.

Ainda de acordo com o mesmo autor, a Tabela 8 apresenta a divisão realizada pela Norma Americana ASTM C 270:2014 na classificação de argamassas:

Tabela 8 – Classificação de Argamassas de acordo com as Normas Americanas

Argamassa	Indicação
M	Alvenaria sujeita a altas forças de compressão, ação severa do frio, altas forças laterais de pressão do solo, vento, terremotos, estruturas de fundação, alicerce, poço, muros de arrimo.
S	Estruturas que requerem alta resistência à flexão, e sujeitas a vargas laterais e de compressão.
N	Uso geral nas alvenarias acima. Base de resistências, paredes internas. Porão.
O	Paredes de vedação.

Fonte: ASTM C 270, 2014

Não existe um método direto para medir a trabalhabilidade da argamassa. Na prática é determinada pelo assentador da alvenaria. É definida em critérios subjetivos, tais como, a facilidade de manuseio e de espalhamento sobre a superfície das unidades, adesão, manutenção da consistência durante o assentamento de algumas unidades consecutivamente (tempo em aberto), facilidade para se alcançar a espessura de junta desejada e manutenção da espessura da junta após o assentamento das camadas subsequentes (SOARES, 2010).

2.4.3 – Graute

O Graute é a mistura do concreto com agregados miúdos destinado ao preenchimento do vazio dos blocos, nos locais especificados pelo projeto (Figura 14).

A preparação e o lançamento é feito na betoneira na obra ou usinado e enviado à obra por meio de caminhões betoneira (CAMPOS, 2016).
Pode-se resumir o destino do graute na sequencia abaixo:

1. Componentes: cimento, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedrisco), água e cal ou outra adição destinada a conferir trabalhabilidade.
2. Finalidade: Aumentar a área da seção transversal dos blocos ou promover a solidarização entre a armadura e os blocos.
3. Conjunto: bloco + graute + armadura (envolvida por groute), trabalhadas monoliticamente.

Figura 14 – Exemplo de Grauteamento



Fonte: Masetto (2017)

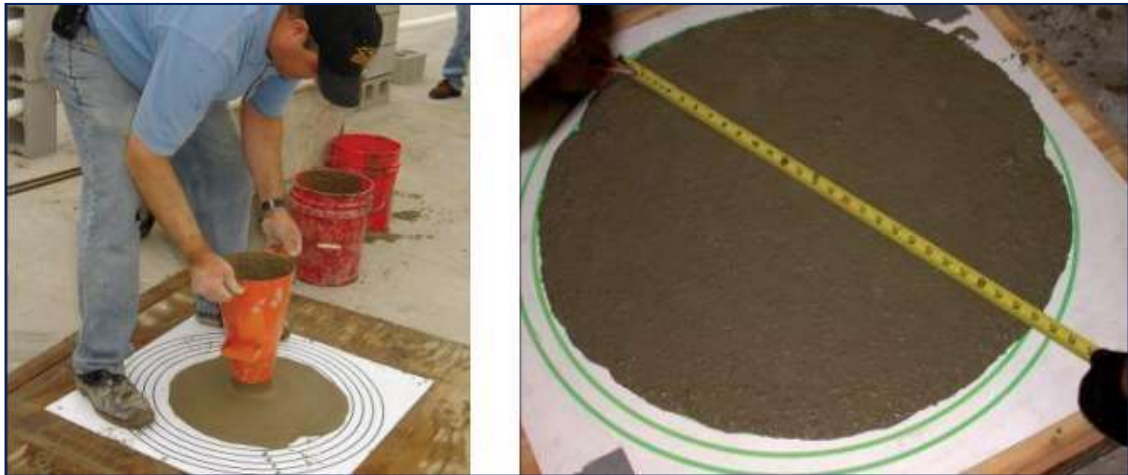
O grauteamento em uma única etapa propiciado pela introdução das barras após a elevação da alvenaria pode representar uma racionalização significativa no processo de execução da parede de alvenaria, inclusive com redução do ciclo de produção do pavimento, desde que seja garantida a eficiência da ligação entre as barras emendadas (MAIA, 2017).

A empresa Paulizzi Blocos Cerâmicos (2021), diz que o graute é utilizado para preenchimento de espaços vazios de blocos com a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar sua capacidade resistente. O graute deve ter resistência à compressão de modo que a resistência do prisma grauteado atinja a resistência especificada pelo projetista. Deve ter características no estado fresco que garantam o completo preenchimento dos furos e não apresentar retração que provoque o descolamento do graute das paredes dos blocos

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

(Figura 15). Quando o graute for produzido em obra, devem ser realizados ensaios com antecedência adequada, comprovando o atendimento das características descritas acima.

Figura 15 – Graute com Características no Estado Fresco



Fonte: Masetto (2017)

Segundo Manzione (2004), a resistência do graute é determinada de acordo com a resistência do bloco. O graute deve ter sua resistência característica duas vezes maior que a resistência do bloco, essa recomendação é fácil de ser entendida uma vez que a resistência característica do bloco é referida à área bruta e que o índice de vazios para os blocos é usualmente de 50%.

A resistência do graute pode ser determinada por ensaio. Entretanto a resistência recomendada para o graute é tomada como uma função da resistência da unidade a ser utilizada. A resistência mínima permitida para um graute é 15 MPa pelo requisito de aderência com a armadura. Como recomendação geral, considera-se para o graute uma resistência (DÉSIR, 2021):

$$f_g = \frac{A_b}{A_l} f_{bk} \quad \text{Podendo ser:} \quad \frac{A_b}{A_l} f_{bk} \leq f_g < 1,5 \frac{A_b}{A_l} f_{bk}$$

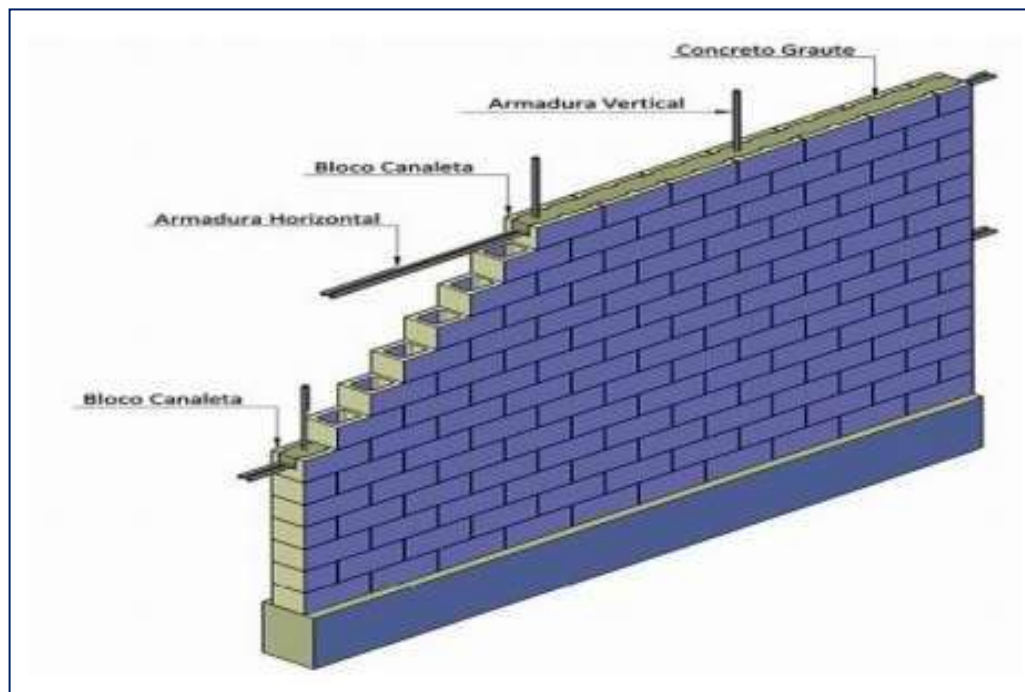
2.4.4 – Armadura

A alvenaria não-armada é alvenaria que não recebe graute. Utilizam armadura apenas por aspectos construtivos tais como vergas, contravergas, usados para evitar patologias como trincas e fissuras provenientes da acomodação da estrutura (NONATO, 2013).

O sistema em alvenaria estrutural é resistente em grande capacidade a compressão. Devido a essa resistência é possível executar alvenaria não armada, chamada de alvenaria de vedação (Figura 16). Porém, ainda sim, forças laterais, como vento, ou excentricidade das cargas, podem incidir sobre as paredes, gerando esforço de tração. Nesse caso faz-se necessário o uso da armadura, devidamente calculada, inserida nos blocos de cimento, que por sua vez são vazados, justamente por esse motivo (RIOS e BARRETO, 2017).

Segundo Maia (2017), as alvenarias não armadas são comumente utilizadas em edifícios de baixa e média altura, nos quais as tensões de tração e cisalhamento são de magnitude muito baixa ou inexistentes e, por isto, podem ser resistidas sem o emprego de armaduras pelo elemento de alvenaria: bloco, argamassa de assentamento e, eventualmente o graute. Alvenarias que requerem o uso de armaduras para resistir às tensões de tração e cisalhamento ou aumento de ductilidade são denominadas armadas.

Figura 16 – Armadura vertical e horizontal



Fonte: Tauli e Nesse (2010)

De acordo com Nonato (2013), a alvenaria que recebe reforços de aços em determinadas regiões por causa das exigências estruturais. São utilizadas armaduras passivas dentro dos vazios dos blocos para posterior grauteamento, também são preenchidas todas as juntas verticais.

Segundo Rios e Barreto (2017), na alvenaria armada, as paredes são calculadas e projetadas para resistir aos esforços devido as cargas usuais atuantes nos edifícios de andares múltiplos, em substituição dos sistemas convencionais usualmente empregado.

A empresa Pauluzzi Blocos Cerâmicos (2021) explica como utilizar essa etapa de maneira correta:

- As armaduras devem ser colocadas de tal forma que se mantenham na posição especificada durante o grauteamento e

para tal finalidade podem ser utilizados arames, espaçadores, estribos, tarugos de aço e tarugos de massa. Em nenhum caso o cobrimento de materiais sujeitos à corrosão pode ser inferior ao especificado em projeto.

- Em nenhum caso é permitido o contato de metais de naturezas diferentes. Os fios, barras e telas de reforço imersos em juntas de argamassa deverão ser de aço galvanizado ou de metal resistente à corrosão.
- Os vazados não podem ter rebarbas de argamassa e as dimensões mínimas recomendadas são de 50 mm x 70 mm;
- A altura máxima de lançamento do graute deverá ser de 1,6 m. Recomenda-se a concretagem em duas etapas para os pés direito convencionais de 2,80 m, sendo a altura da primeira etapa definida pela altura das contra-vergas das janelas. Se o graute for devidamente aditivado, garantida a coesão sem segregação, a altura de lançamento máximo permitido é de 2,80 m;

Segundo Nonato (2013), também pode-se trabalhar com a alvenaria Protendida. É um tipo de alvenaria reforçada por uma armadura ativa, que submete a alvenaria a esforços de compressão. Pouco utilizada, pois os itens utilizados para pretensão tem elevado custo.

2.5 – Projetos

As decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são as mais importantes, atribuindo-lhes a principal participação na redução dos custos e de falhas dos edifícios. Por isso, possui fundamental importância para o sucesso de qualquer empreendimento (HAMMARLUND e JOSEPHSON (1992).

Por ser uma das etapas iniciais do processo da construção, possui influência decisiva na execução da obra e determina o desempenho da obra, pois é nessa fase que são definidas as características da edificação e são considerados os aspectos relacionados a sua qualidade e custos (PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS, 2021).

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

Em termos ideais, o projeto pode assumir o encargo fundamental de agregar eficiência e qualidade ao produto. Contudo, o projeto torna-se uma ferramenta eficaz para a interface projeto-obra somente na medida em que apresenta um bom nível de detalhamento, clareza e objetividade, ou seja, quando há a preocupação de projetar para produzir (PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS, 2021).

Um dos aspectos que é de fundamental importância na alvenaria estrutural no que tange o método construtivo em si é o planejamento logístico da obra como um todo. Portanto, elaborando maneiras racionais e pensadas se consegue aproveitar de maneira plena o grande potencial que essa tecnologia construtiva oferece (NETO, PELUSO e CARVALHO, 2015).

Segundo Machado (2014), a qualidade do projeto está diretamente relacionada com os lucros do empreendimento. Se um projeto for bem concebido e detalhado, é possível prever e solucionar problemas que poderiam surgir durante a fase de execução. Dessa forma, há um aumento do controle de materiais e serviços, proporcionando a redução de custos global da edificação.

O autor ainda fala que tanto o projetista quanto o responsável pela execução da obra devem estar conscientizados que no sistema construtivo de alvenaria estrutural é proibido rasgar ou remover as paredes estruturais. Assim, é na fase de projeto que se deve levar em conta qualquer tipo de interferência e incompatibilidade que possa implicar no comprometimento da estrutura e empecilhos na fase de execução.

2.6 – Modulação de compatibilização de projetos

A racionalização se inicia no projeto. Para isto, o projeto arquitetônico já deve ser elaborado seguindo os conceitos de alvenaria estrutural.

De acordo com a ABNT NBR 6118, o objetivo da análise estrutural é determinar os efeitos da efetuar verificações de estados limites últimos e de serviço. A análise estrutural permite estabelecer as distribuições de esforços internos, tensões, deformações e deslocamentos, em uma parte ou em toda a estrutura (ABNT, 2014)

A modulação e a compatibilização dos projetos são etapas fundamentais para o desempenho adequado do sistema construtivo, e para isso precisa dessas fases (PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS, 2021):

- Instalações: São executadas paralelamente a alvenaria, sendo assim, seus projetos devem estar compatibilizados com os de alvenaria desde o início da obra.
- Projeto arquitetônico: Deve ser concebido com uma visão global do sistema de alvenaria estrutural, compatibilizado com as instalações a serem executadas.
- Sistema estrutural: As paredes são a estrutura da edificação, impossibilitando a sua remoção.
- Reticulado de referência: Uma malha de 15x15 cm evita o uso de peças complementares.

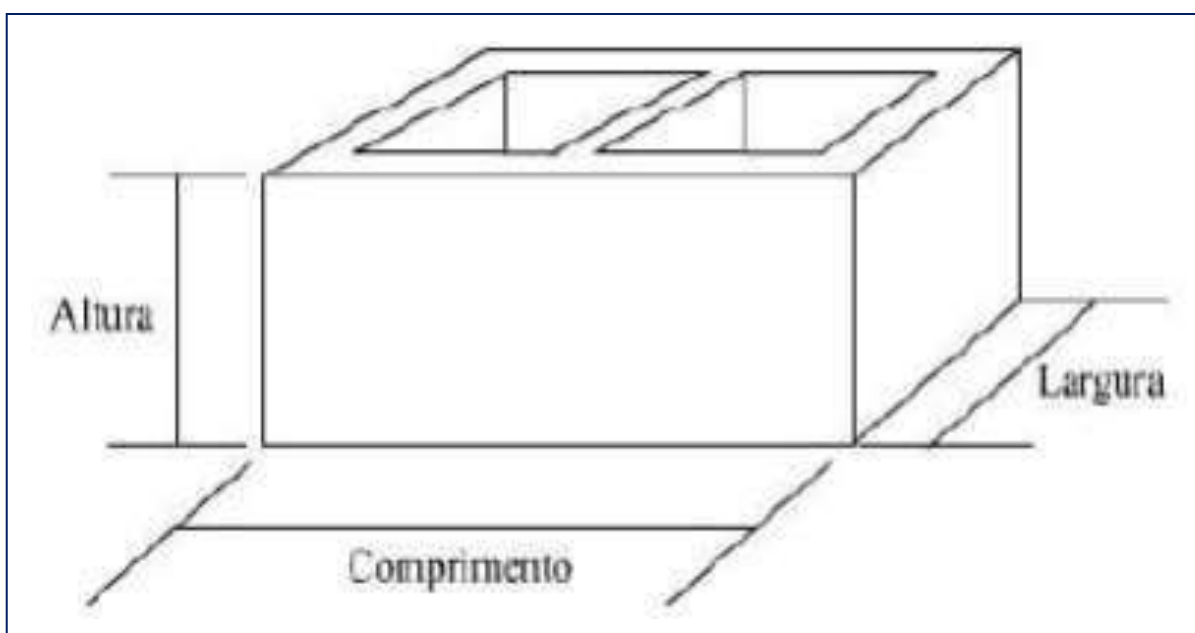
A compatibilização do projeto é definida como atributo do projeto, cujos componentes dos sistemas, ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, os dados compartilhados tenham consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra (GRAZIANO, 2003).

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

Segundo Roman *et. al.* (1999), a modulação é a base do sistema de coordenação dimensional utilizado nas edificações de alvenaria estrutural. A coordenação modular só pode ser lograda se os blocos forem padronizados e se os projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações forem compatibilizados.

De acordo com Sampaio (2010), a modulação deve ocorrer tanto na vertical quanto na horizontal. O módulo de referência tem como base a unidade a ser utilizada na construção, onde o comprimento e a largura definem o módulo horizontal e a altura define módulo vertical, como mostra a Figura 17.

Figura 17 – Dimensões da unidade



Fonte: Sampaio (2010)

A grande dificuldade de um projetista é adequar a modulação ao projeto arquitetônico, pois na alvenaria estrutural existem diversas famílias de blocos em quais as modulações dependem das dimensões dessas unidades. O mesmo autor afirma que tanto a planta baixa quanto

os cortes devem ser baseados na família de blocos que será utilizada na construção. Portanto, é importante que o arquiteto defina essa família como ponto de partida para o projeto (MOHAMAD, 2015).

Ainda de acordo com o mesmo autor, os principais objetivos da coordenação de projetos e do agente responsável pela coordenação são:

- Promover a integração entre os participantes do projeto, garantindo a comunicação e a troca de informações entre os integrantes as diversas etapas do empreendimento;
- Controlar as etapas de desenvolvimento do projeto, de tal forma que seja executado conforme as especificações e os requisitos previamente definidos (custos, prazos e especificações técnicas);
- Coordenar o processo de modo que solucione as interferências entre as partes do projeto elaboradas pelos distintos projetistas;
- Garantir a coerência entre o produto projetado e o modo de produção, com especial atenção para a tecnologia do processo construtivo utilizado.

2.7 – A modulação

A modulação da alvenaria é o acerto das dimensões em planta e pé direito da edificação, em função das dimensões dos blocos, de modo a evitar cortes ou ajustes na execução das paredes (PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS, 2021).

De acordo com o site Comunidade da Construção (2021), quando se utiliza a alvenaria estrutural, a modulação torna-se imprescindível ao projeto. Modular a alvenaria é projetar utilizando uma unidade modular, que é definida pelas medidas dos blocos, que podem ou não ser múltiplas umas das outras. Quando as medidas não são múltiplas, a modulação é “quebrada” e para compensá-la precisamos lançar mão de elementos especiais pré-fabricados ou fabricados em canteiro, chamados

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

de elementos compensadores da modulação, como as “bolachas” ou blocos cortados, necessários para o ajuste das paredes às cotas.

De acordo com Sampaio (2010), a coordenação modular consiste na concordância das dimensões horizontais e verticais da edificação com as dimensões da unidade. Com o objetivo de reduzir ao máximo os cortes e ajustes na execução das paredes.

Segundo Manzione (2004), coordenação modular é uma técnica que permite, a partir de um módulo básico, estabelecer as dimensões dos ambientes. O módulo adotado na maioria das literaturas sobre alvenaria estrutural é o $M=100$ mm, ou seja, M é a menor unidade de medida modular da quadrícula de referência igual a 100×100 mm.

Para Melo (2021) a modulação é a parte mais importante do projeto em alvenaria estrutural, pois garante a racionalização da produção e permite alto índice de produtividade. A modulação adequada produz reflexo em praticamente todas as fases do empreendimento, simplificando a execução do projeto, permitindo a padronização de materiais e procedimentos de execução, conseqüentemente facilitando o controle da produção.

Para se obter vantagens na qualidade da obra, deve-se pensar a modulação de um projeto tanto na direção horizontal quanto na vertical, tendo como ponto de partida a definição da unidade modular. Para iniciar a modulação em planta baixa, é necessário definir a família de blocos a ser utilizada e a largura deles. Esta escolha definirá qual unidade modular será usada para o lançamento em planta baixa (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2021).

2.8 – Anomalias na alvenaria estrutural

De maneira geral a alvenaria estrutural apresenta uma boa resistência à compressão, porém para satisfazer a resistência do conjunto é necessário estar associada ao bom desempenho de alguns fatores isolados, tais como resistência dos blocos e das argamassas, grauteamento correto, execução do prumo e das espessuras das juntas correta (SAMPAIO, 2010).

O estudo dos problemas patológicos a partir de suas manifestações características permite um conhecimento mais aprofundado das causas, subsidia os trabalhos de recuperação e manutenção, contribuindo para um maior entendimento de cada uma das etapas, possibilitando a adoção de medidas preventivas (IOSHIMOTO, 1988).

Segundo Mohamad (2015), a desconsideração de alguns princípios e a negligência de certas regras básicas para a execução e controle de obras em alvenaria estrutural, certamente debilitam a confiabilidade do sistema construtivo. Contribuem para o surgimento de anomalias em edificações em alvenaria estrutural:

- Aplicação de carregamento excessivo na estrutura;
- Ação do vento ou forças adicionais decorrentes de eventos sísmicos;
- Recalques diferenciais de fundações, equívocos na concepção estrutural;
- Eventos não previstos, como impactos e explosões, além da natural degradação dos materiais constituintes.

Os mecanismos de deterioração das estruturas são todos aqueles efeitos relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação (SANTOS E KLIMPEL, 2010).

Os reforços em elementos de alvenaria estrutural são executados comumente em casos de existência de manifestações patológicas, mudanças de utilização, necessidade de suportar cargas adicionais paralelas ou perpendiculares às paredes, devido a erros de projeto, ou da necessidade de suportar cargas sísmicas, de vento ou impacto (MOHAMAD, 2015).

A manifestação patológica mais comum em elementos de alvenaria são as fissuras, as quais podem ocorrer por diversos motivos e possuir diferentes configurações. Podemos citar as fissuras causadas por carregamento excessivo, retração, movimentação térmica, movimentações higroscópicas, recalque diferencial, carregamentos desbalanceados e reações químicas.

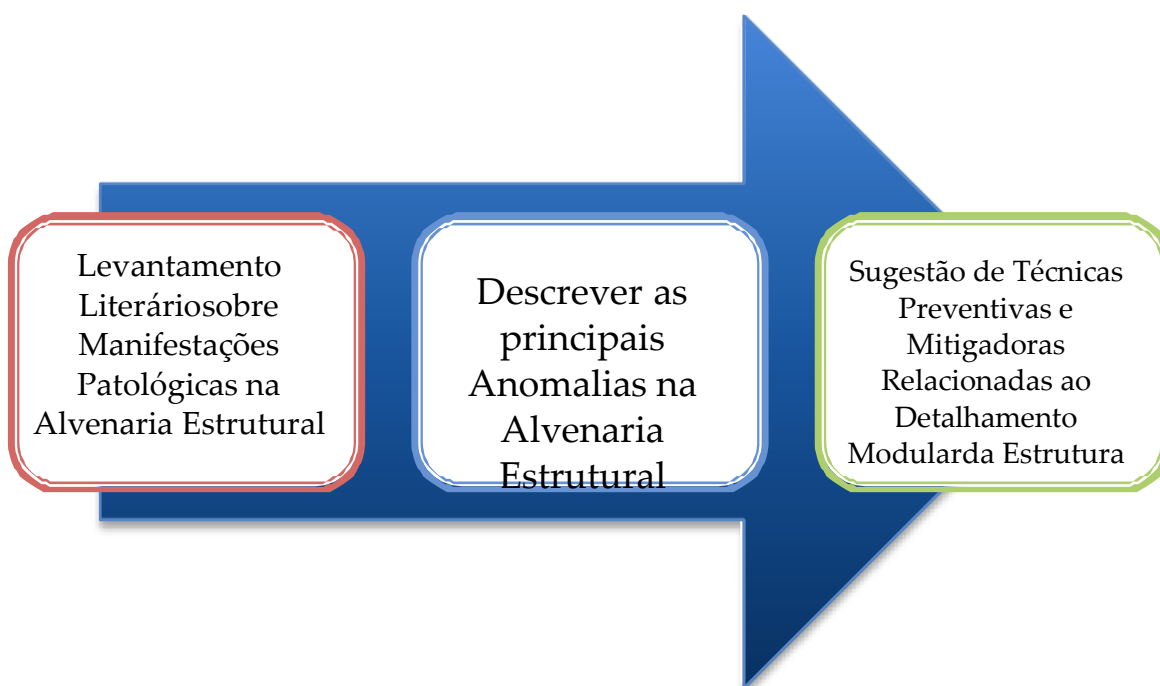
3 MATERIAIS E MÉTODOS

A realização desse trabalho deu-se através de revisão da literatura a respeito da temática sobre as possíveis anomalias que possam comprometer uma ou mais funções na alvenaria estrutural de uma edificação. Para isso, recorreu-se a materiais em forma de livros, artigos e literatura cinzenta (teses, dissertações, trabalhos apresentados em congressos, relatórios, etc).

3.1 – Cronograma

Na Figura 18 está representado o fluxograma das etapas desse estudo, como já mencionado nos objetivos específicos:

Figura 18 – Fluxograma: Sistemática do Trabalho



LEVANTAMENTO LITERÁRIO- PATOLOGIAS NA ALVENARIA ESTRUTURAL

Em relação à pesquisa bibliográfica, Amaral expõe que:

É uma etapa fundamental em todo trabalho científico que influenciará todas as etapas de uma pesquisa, na medida em que der o embasamento teórico em que se baseará o trabalho. Consistem no levantamento, seleção, fichamento e arquivamento de informações relacionadas à pesquisa (AMARAL, 2007, p.1).

Nesse tópico será abordado de forma simples o que são as manifestações patológicas existentes na alvenaria estrutural.

Pode-se dizer que a Alvenaria Estrutural é um tipo de construção muito mais ágil e econômica. Admite que várias etapas sejam executadas ao mesmo tempo, dispensa-se as fôrmas, diminui a utilização do aço, pode ter acabamentos de espessuras menores, gera menos entulho, a mão de obra pode ser menos variada e apresenta mais segurança ao operário.

Nesse tipo de sistema a qualidade do trabalho dos profissionais que trabalham de forma direta na alvenaria estrutural somada com o conhecimento dos fiscais de obra (mestre de obra, engenheiros, etc.) são extremamente necessárias para uma execução de uma obra de boa qualidade.

DESCREVER AS PRINCIPAIS ANOMALIAS NA ALVENARIA ESTRUTURAL

A ocorrência dos problemas patológicos nas estruturas causa diminuição da vida útil das edificações, que estão ligadas no

desempenho dos materiais ou componentes estruturais da obra. Estes problemas apresentam manifestações externas particulares, a partir da qual se pode entender qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como se podem estimar suas prováveis consequências.

Nesse tópico pretende-se analisar as principais anomalias que tem origem na Alvenaria Estrutural. Geralmente os defeitos podem se manifestarem nas formas de fissuras, trincas, umidades, flechas excessivas e deterioração do concreto.

SUGESTÃO DE TÉCNICAS PREVENTIVAS E MITIGADORAS RELACIONADAS AO DETALHAMENTO MODULAR DA ESTRUTURA

Nesse tópico será proposto técnicas preventivas e corretivas, objetivando mitigar ou anular possíveis problemas na estrutura modular da obra.

As melhorias durante as fases estruturais do processo construtivo podem se desenvolver fazendo um controle detalhado no canteiro de obra, com o intuito de melhorar a matéria prima e os procedimentos utilizados, fazendo com que não se torne recorrente o aparecimento de fenômenos patológicos nas edificações estruturais.

Essas informações desenvolvem-se desde os dados teóricos e práticos dos profissionais e através do planejamento de procedimentos que serão aplicados no tratamento das falhas encontradas, através de coletas de elementos fundamentais, onde é capaz de existir análises de aprofundamento dos processos e tecnologias utilizadas ao longo do procedimento de resolução e prevenção das falhas.

4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E ANÁLISE

4.1 Levantamento literário – manifestações patológicas na alvenaria estrutural

O sistema construtivo em alvenaria estrutural está presente no Brasil, por ser uma metodologia versátil e eficiente. Pode-se observar que esse sistema está sendo escolhido por várias construtoras para a execução de prédios residenciais, especialmente as que fazem parte do Programa Habitacional Popular — Minha Casa Minha Vida, que objetiva atender as necessidades de habitação da população de baixa renda, garantindo uma moradia digna com padrões básicas de qualidade (SOUZA, 2010).

Existem no Brasil muitas obras sendo executadas em alvenaria estrutural, e apesar desse sistema construtivo ser muito antigo, a utilização cada vez maior de novos materiais e técnicas construtivas tem se tornado muito frequente o aparecimento de defeitos nas edificações (RITCHER *et. al.*, 2010).

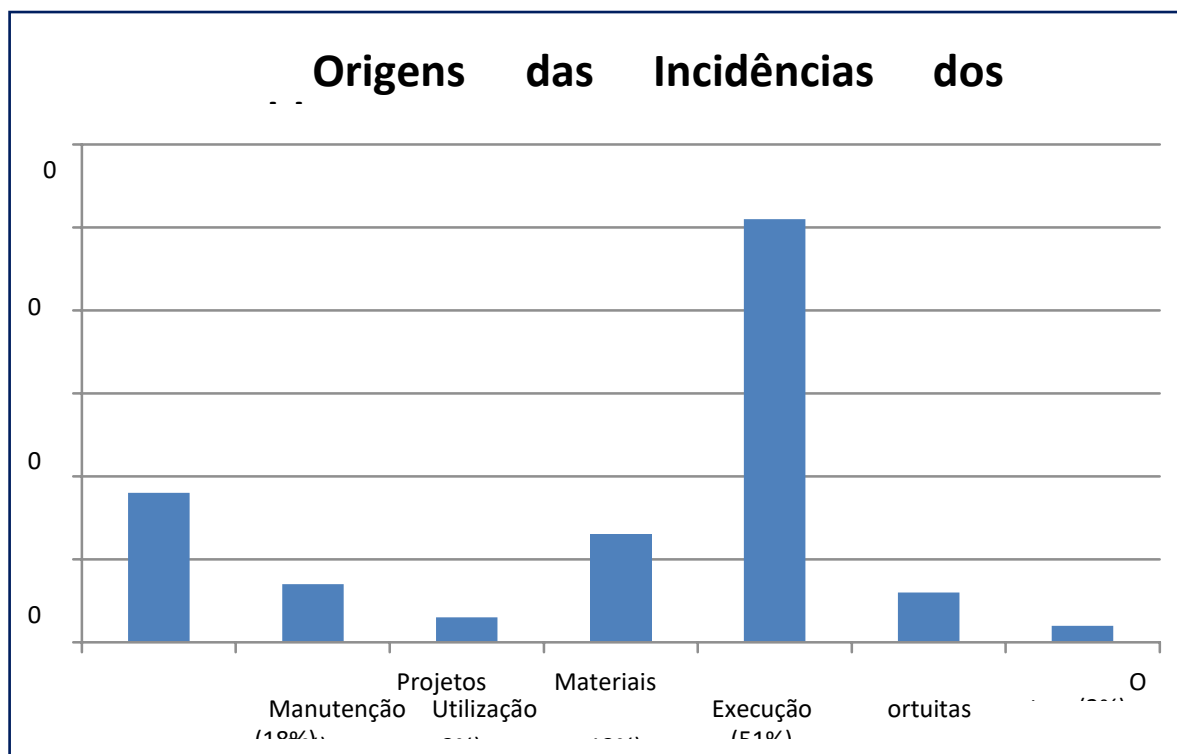
Esses defeitos podem ser entendidos como a parte da engenharia que estuda patogenias (doenças) que se instalam nas construções civis, que precisam receber uma profilaxia (tratamento) para serem erradicadas e que na sua evolução, pode ocorrer uma deterioração das partes afetadas e até mesmo a ruptura, comprometendo a estabilidade da edificação.

Segundo Helene (2003), as patologias que acontecem nas edificações não aparecem de forma isolada e sem motivo, comumente têm origem relacionada a erros cometidos em alguma das fases do

processo da edificação, sendo muito importante saber a origem do problema e o histórico da construção para que se possa apontar em qual processo aconteceu o erro.

Como referência, para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, tem-se uma estimativa para a vida útil de projeto de paredes de vedação recomendada pela norma NBR 15575: para as paredes internas, mínimo de 20 anos e para as externas, mínimo de 40 anos. Para outros tipos de edifícios, podem ser exigidos valores distintos de vida útil de projeto, segundo estimativas do projetista e exigências do empreendedor, variando de acordo com cada projeto (THOMAZ *et.al.*, 2009). Podemos observar na Figura 19, que mostra as principais origens de incidências de patologia no Brasil.

Figura 19 – Principais Origens das Patologias na Alvenaria Estrutural no Brasil



Fonte: Silva e Jonov (2011)

O interessante na discussão sobre essas manifestações, é que, durante o planejamento do projeto, se deveria pensar sobre a „vida útil“ da construção, e a possibilidade de aparecimento de tais manifestações sem erros e falhas, somente pelo desgaste do tempo e do ambiente (ARIVABENE, 2015).

4.2 Descrever as principais anomalias na alvenaria estrutural

O termo “patologia”, no contexto da Construção Civil, está alinhado com a definição encontrada na medicina, na qual estudam - se as origens, os sintomas e a natureza das doenças. Patologias são todas as manifestações cuja ocorrência no ciclo de vida da edificação venha prejudicar o desempenho esperado do edifício e suas partes: subsistemas, elementos e componentes (GONÇALVES, 2015, p. 18).

Degussa (2003) entende que essas anomalias fazem parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, e o tratamento cabe estudar a correção e a solução desses problemas, inclusive aqueles devidos ao envelhecimento natural.

De acordo com Veloso (2008) as Patologias Mecânicas podem conter as seguintes características:

- **Abrasão:** Deterioração da estrutura por movimentação de objetos ou materiais sobre a superfície;
- **Fadiga:** É o fenômeno de ruptura progressiva de materiais sujeitos a ciclos repetidos de tensão ou deformação;
- **Impacto:** Acontece pela absorção de energia transferida por choque, podendo causar, a depender da escala de energia transferida, de fissura localizada ao colapso;

- **Sobrepeso:** Adição de carga superior à prevista em projeto, seja por meio de alteração física do espaço ou por alteração do uso da estrutura (NBR 6118:2014);
- **Movimentação:** A movimentação da estrutura ou de suas partes pode gerar alteração do equilíbrio mecânico e prejudicar seu funcionamento. Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a óticas da Norma EM 1504-9;
- **Explosão:** O efeito de explosão sobre uma estrutura é definido a partir do deslocamento de ar, durante um tempo atuante em cada uma das superfícies da estrutura. Os danos provocados por explosão podem ser desde o colapso completo da estrutura até apenas algumas janelas trincadas, dependendo da distância do ponto de explosão e da quantidade de carga explosiva acionada. Ressalta-se que o efeito de explosão pode gerar fogo, logo, os problemas provocados por explosão também estão associadas aos efeitos de exposição ao fogo;
- **Vibração:** A vibração gera, em pequena escala, o aumento da movimentação das partículas o que pode gerar de pequenas desagregações de substrato atéo colapso da estrutura.

4.2.1 Fatores que podem provocar aparecimentos de falhas estruturais na alvenaria

A ausência de capacidade técnica, a execução do projeto de maneira errônea, a utilização de materiais sem qualidade e também falhas nas dosagens, são os principais erros que causam patologias durante a fase da construção (PINA, 2013).

Ainda de acordo com o mesmo autor, apesar de serem elementares, eles podem ocasionar problemas sérios na construção, como é o caso de infiltração que permite que a água infiltre na estrutura originando uma corrosão na estrutura e no esqueleto da edificação. Além disso, várias outras anomalias, que tem as suas origens na fase de construção, podendo ser as principais causas de problemas graves, como:

- Falta de condições nos locais de trabalho, tais como cuidados e motivação;

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

- Erro de interpretação dos projetos, levando a não conformidade entre o projeto e execução;
- Falta de capacitação profissional qualificada;
- Deficiência no controle de qualidade de execução e/ou fiscalização;
- Má gestão da qualidade dos materiais e componentes;
- Negligência e sabotagens;
- Falta de prumo, de esquadro e de alinhamento dos elementos;
- Desnívelamento de pisos e/ou falta de caimento em pisos molhados;
- Argamassas de assentamento de revestimentos com espessuras diferentes;
- Flechas e/ou rotações excessivas;
- A baixa qualidade dos materiais fornecida pelas indústrias;
- A ausência de normatização de diversos materiais e procedimentos, acrescida pela falta de fiscalização daqueles já normalizados.

4.2.2 – Ligação entre a estrutura de concreto e alvenaria

Uma falha muito comum na execução da alvenaria é a variação e o preenchimento irregular das juntas de argamassas na alvenaria (Figura 20). De acordo com Ramos *et. al.* (2002) *apud* Silva (2013), o não preenchimento das juntas verticais afetam negativamente a resistência à flexão e ao cisalhamento da parede, afetando também a deformabilidade das paredes. Já o preenchimento inadequado das juntas horizontais tem como consequência a diminuição da resistência à compressão da alvenaria.

Figura 20 – Alvenaria com juntas horizontais sem preenchimento



Fonte: Souza (2011)

A correta ligação entre a estrutura de concreto e a alvenaria de vedação é muito importante no que diz respeito a prevenção de fissuras, pois essa interface é um ponto susceptível ao aparecimento desta manifestação patológica devido a presença de materiais diferentes e a ocorrência da deformação das estruturas de concreto (MUCI, NETTO e SILVA, 2014).

4.2.3 – Fissuras

Entre as anomalias mais comuns na alvenaria estrutural tais como formação de eflorescência, penetração de água em fachada, deslocamento de revestimento e fissuração, sendo a última a mais frequente.

Isso ocorre pois, a cerâmica, o concreto e as demais matérias primas utilizadas na fabricação de blocos e tijolos, assim como a argamassa de assentamento são materiais frágeis e de baixa resistência a

tração. As fissuras podem ser causadas por diversos fatores (SAMPAIO, 2010), tais como:

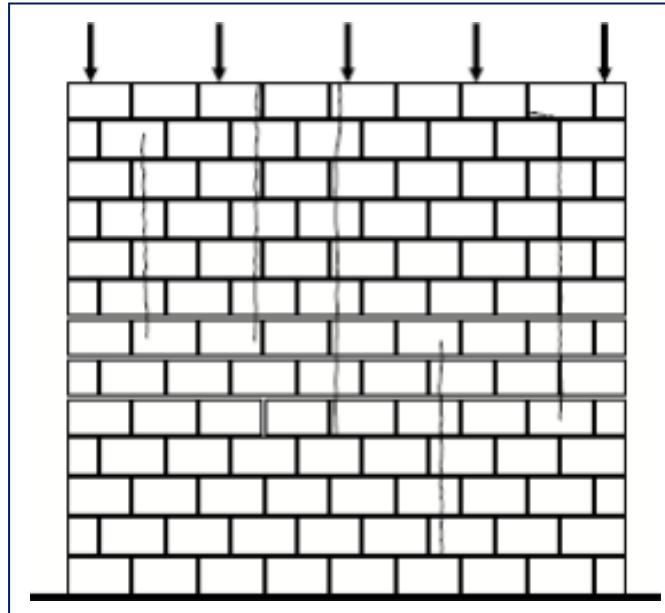
- Baixo Desempenho às solicitações de tração;
- Flexão e Cisalhamento;
- Diferenças entre as propriedades (resistência mecânica, módulo de deformidade longitudinal, coeficiente de Poisson, dilatação térmica, etc) dos materiais constituintes, recalque de fundação, entre outros.

Sob o ponto de vista econômico, a presença de fissuras pode causar gastos elevados na tentativa de recuperação, sendo eles constantes no pós-obra, gerando um prejuízo dos materiais e métodos utilizados na recuperação, pois é comum haver casos de reincidência (MUCCI, NETTO e SILVA, 2014).

De acordo com a empresa Votorantim Cimentos (2019), para atuar no sentido de buscar soluções para essas deformidades, é preciso, primeiro, identificar quais as causas de cada tipo de fissura :

— **Fissuras verticais:** podem aparecer na espessura de argamassa vertical entre os blocos ou se desenvolver na vertical, atravessando argamassa e blocos (Figura 21). Suas possíveis causas são: argamassa com resistência insuficiente ou bloco e argamassa com resistência insuficiente. Se a fissura é devida ao próprio peso da alvenaria, a mesma deverá ser refeita. Caso a fissura tenha aparecido e não evoluído, ou seja, foi interrompido, é possível executar um reparo na alvenaria. Para isso, a tarefa é remover os revestimentos até acessar a camada da alvenaria, preparar sua superfície com chapisco e inserir a argamassa de regularização com tela inserida, devidamente ancorada. Em seguida, basta proceder para o acabamento;

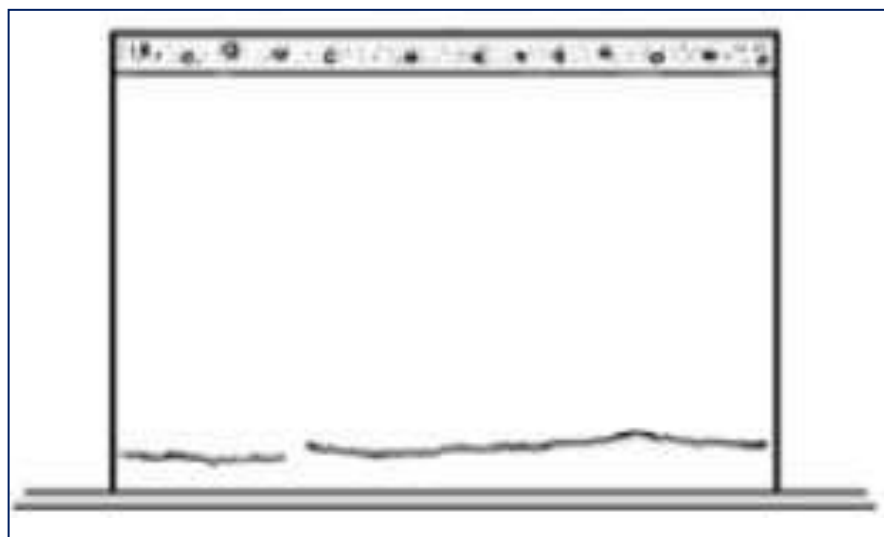
Figura 21 – Fissura vertical



Fonte: Bauer (2006)

- **Fissuras Horizontais:** A umidade é a principal responsável pelas fissuras horizontais em alvenaria devido à variação de suas dimensões (contração e expansão). Essa variação prossegue a autora, ocasiona deformação excessiva de lajes ancoradas nas paredes acarretando esforços de flexão lateral, e assim, favorecendo o surgimento das fissuras (Figura 22);

Figura 22 – Fissura horizontal devido à movimentação higroscópica

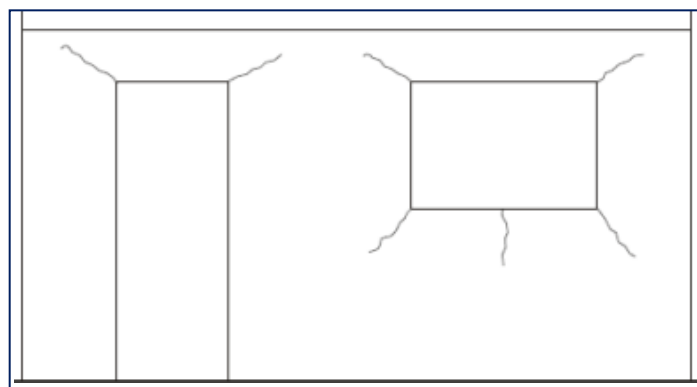


Fonte: Bauer (2006)

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

- **Fissuras na diagonal:** Se desenvolvem a partir dos vértices das aberturas de portas e janelas (Figura 23). As possíveis causas são vergas e contravergas insuficientes, inexistentes ou carga aplicada na alvenaria maior do que a estrutura poderia suportar. No caso de insuficiência ou ausência das vergas e contravergas, as mesmas deverão ser dimensionadas e providenciadas adequadamente. No caso de sobrecargas, as mesmas deverão ser retiradas. Só assim, será possível providenciar o reforço com telas na alvenaria;

Figura 23 – Fissura Diagonal - Devido à concentração de tensões no contorno dos vãos

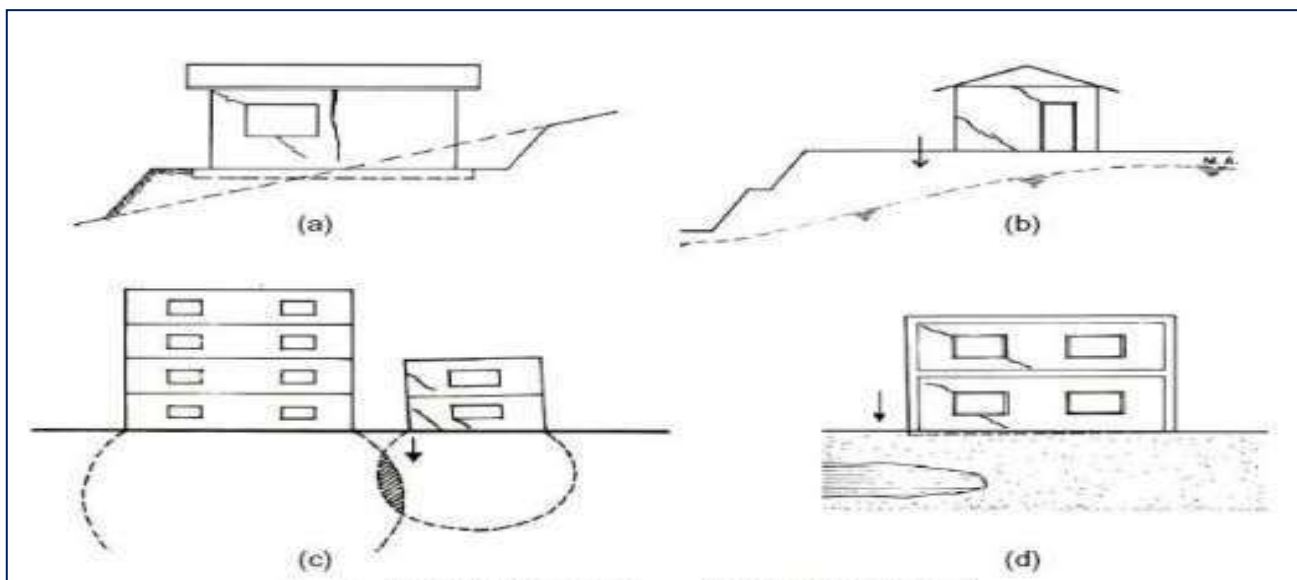


Fonte: Sampaio (2010)

- **Fissuras por recalque diferencial na fundação:** Segundo Thomaz (2001) apud Sampaio (2010), afirma que os fatores que provocam recalques nas fundações, e conseqüentemente fissuras nas edificações (Figura 24), são:
 - a) Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro;
 - b) Rebaixamento do lençol freático em função de corte na lateral inclinada do terreno;
 - c) Interferência de fundações vizinhas no bulbo de pressões; e
 - d) Falta de homogeneidade do solo.

Para a recuperação da fundação recomenda – se fazer escoramento nas paredes, criar vigas de fundação interligadas com brocas, devido as brocas serem uma peça e estrutural mais prática.

Figura 24 – Fissuras por Recalque Diferencial na Fundação



Fonte: Thomaz (2000) apud Richter (2007)

- **Fissuras com deformação dos elementos estruturais:** pode ter como causa principal a estrutura subdimensionada. A estrutura pode ter apresentado uma deformação excessiva e, ainda, carga atuante maior do que a prevista no cálculo estrutural. Detectada a causa, a carga adicional deve ser retirada. A estrutura precisa ser diagnosticada, reparada e, se necessário, até mesmo reforçada, para que não volte a necessitar de alvenaria de vedação. Só então será possível prosseguir com o reparo na alvenaria, de acordo com os casos anteriores.

No caso de alvenarias de vedação, é importante mencionar que o desenvolvimento das fissuras será decorrente não só da grandeza da flecha, mas também de diversas características da alvenaria, como dimensões dos blocos, tipo de junta, características do material de assentamento e dimensões e localização dos vãos inseridos na parede. Contudo, na previsão da flecha de um componente fletido, é essencial considerar as parcelas das flechas instantâneas (antes e após fissuração) e das flechas provenientes da deformação lenta do concreto.

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

Quando as alvenarias não são dimensionadas para suportar as flechas excessivas das estruturas de concreto, estas tendem a introduzir esforços de tração e cisalhamento, causando fissuras em diversas configurações.

Como sabemos, as fissuras podem ocorrer em alvenaria, vigas, pilares, lajes e outros elementos da construção. Suas causas geralmente estão relacionadas com as tensões dos materiais, que quando solicitados a uma aplicação maior que a resistente sofre uma abertura que é classificada de acordo com sua espessura. Ou seja, as fissuras maiores receberão nomenclaturas diferentes, como: trinca, rachadura, fenda ou brecha. A Tabela 9 demonstra a classificação fissuras quanto à abertura (OLIVEIRA, 2012).

Tabela 9 – Classificação da fissura quanto à abertura

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

Fonte: Oliveira (2012)

4.2.4 – Desaprumo

Nos casos em que o prumo de uma parede não é mantido, além de aparecem excentricidades nesta parede, o que acarretará uma redução da

resistência à compressão da alvenaria, ainda tem-se um gasto maior nas etapas sucessoras, onde será feita a “correção” pelo incremento na espessura do revestimento (SOUZA,2011).

Para o Mohamad (2015), o desaprumo das paredes de alvenaria (Figura 25) é um erro de execução que produz excentricidades as quais reduzem a resistência à compressão da parede, além de provocar um aumento na espessura do revestimento proporcional ao valor da excentricidade.

O desaprumo é uma inclinação da parede diferente de 90 graus em relação ao chão. Essa patologia é um problema bastante comum em obras e pode, demandar refação, causando desperdícios e gastos desnecessários. No entanto, o erro pode ser evitado com cuidados desde a preparação do lote até o levantamento da alvenaria.

Figura 25 – Parede Fora de Prumo



Fonte: O próprio autor (2022)

De acordo com Ambrósio e Carvalho (2018), um pedreiro ou servente utilizando um fio de prumo novo ou pelo menos em boas condições ao conferir o alinhamento vertical dos tijolos e desprendendo um pouco mais de tempo no assentamento dos tijolos de uma parede de alvenaria, para que a mesma possa ficar o mais próximo do prumo perfeito, diminui os custos finais de uma obra agindo diretamente na redução da quantidade de argamassa na regularização de paredes com desaprumo e abaulamento para que as paredes não apresentem aspecto deformado e desvalorizem a construção.

Segundo França (2012), outro problema muito comum em obras é o reboco, se esse foi executado com uma argamassa fraca ou contaminada, o melhor é refazê-lo. Porém, se é muito áspero, decorrente da utilização de uma areia muito grossa, o defeito pode ser corrigido com o lixamento, usando uma lixa mais grossa. É muito importante limpar bem a superfície antes da aplicação da massa corrida. E se o reboco ruim tiver com irregularidades, pode ser corrigido com um consumo maior de massa corrida, porém corre-se o risco de ocorrerem trincas no emassamento por causa da espessura excessiva da camada. Caso essas irregularidades forem muito acentuadas, o melhor é fazer o apicoamento (processo manual ou mecânico que usa o picão, ferramenta própria para desgastar pedras, por meio de impactos. Confere um aspecto furadinho ou poroso de textura uniforme no reboco e aplicar uma camada fina de argamassa de cimento e areia para regularizar a parede e depois aplicar a massa corrida. O custo será menor do que tentar regularizar a superfície com massa corrida (Figura 26).

Figura 26 – Parede com reboco por alvenaria fora de régua



Fonte: O próprio autor (2022)

4.2.5 – Necessidade da quebra de blocos estruturais

Uma prática inaceitável na alvenaria estrutural é a quebra de blocos estruturais para a passagem das instalações elétricas, hidráulicas ou qualquer outra que trabalhe de forma embutida (Figura 27), decorrente da falta de compatibilidade entre a estrutura e os projetos complementares, gera uma diminuição da capacidade resistente da alvenaria à compressão. Para mitigar problemas como esse, devem ser previstas paredes de vedação ou shafts para a passagem das instalações hidráulicas sobre pressão (MOHAMAD, 2015).

Para Souza (2011), os cuidados com as instalações elétricas em alvenaria estrutural são fundamentais para o desempenho adequado da mesma. Deve-se evitar que sejam efetuados rasgos posteriores, que

AVALIAÇÕES DE PRESENÇAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

causam desperdício e redução na resistência da alvenaria, podendo comprometer seriamente o desempenho desta.

Figura 27 – Alvenaria quebrada devido a não passagem de conduítes



Fonte: O próprio autor (2022)

4.2.6 – Infiltração, umidade, eflorescência e degradação da composição química

Alguns tipos de manifestações patológicas muito comuns são as presenças de eflorescências e infiltrações de água nos componentes de alvenaria ou nas juntas de assentamento. Geralmente, as infiltrações causam manchas de umidade como mostrado na Figura 28, corrosão desenvolvimento de fungos, algas e até eflorescências (MOHAMAD,2015).

Figura 28 – Infiltração e Umidade



Fonte: O próprio Autor (2022)

De acordo com Mohamad (2015), as eflorescências estão relacionadas a fatores como: defeitos ou não execução de detalhes construtivos como pingadeiras e peitoris, geometria das fachadas que permita que o fluxo se dirija a pontos vulneráveis, falta de isolamento térmico e impermeabilização nas lajes, inclinação inadequada nas superfícies horizontais (Figura 29).

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

Figura 29 – Eflorescências em Blocos de Concreto em Alvenaria Estrutural



Fonte: O próprio autor (2022)

Pode-se observar na Figura 30 um acúmulo dos carbonatos de cálcio e magnésio, que seriam os produtos curados dos hidróxidos, os quais foram lixiviados e solubilizados pela passagem de água de dentro para fora. Também é possível verificar o início da degradação da composição química da argamassa de assentamento e encunhamento lateral.

Figura 30 – Degradação da Composição Química



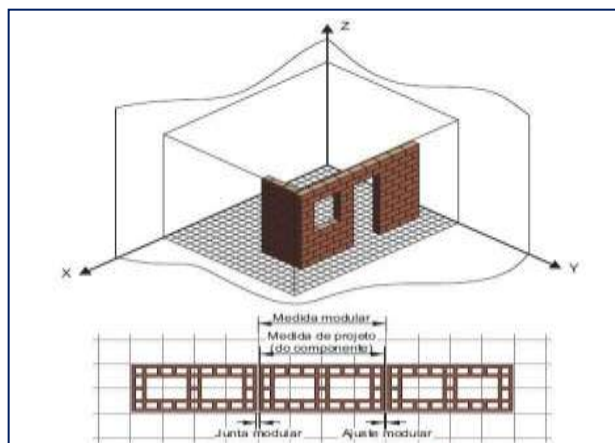
Fonte: O próprio autor (2022)

Segundo Veloso (2018), a carbonatação manifesta-se inicialmente por depósitos brancos na superfície do concreto e fica mais evidente quando surgem fissuras na peça e deslocamento da camada de concreto de recobrimento. A profundidade e a velocidade do fenômeno dependem de características do próprio concreto, como o teor de concreto e o PH. Também dependem das condições de exposição, como alta concentração de gás carbônico e umidade relativa do ar na faixa de 50% a 75%.

4.3 – Sugestão de técnicas preventivas e mitigadoras relacionadas ao detalhamento modular da estrutura

Recomenda-se que o posicionamento dos componentes da construção (blocos, esquadrias, etc.), das juntas e dos acabamentos seja feito conforme o reticulado modular de referência (Figura 31), nesse caso, a medida dos componentes, vãos e/ou distância entre partes da construção deve ser igual a um módulo ou a um múltiplo inteiro do módulo (THOMAZ *et. al.*, 2009).

Figura 31 – Reticulado modular e medida modular



Fonte: Thomaz *et. al.* (2009)

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

É necessário que haja no canteiro, espaço reservado para a armazenagem com segmentação dos blocos por tipos e classes de resistência. A verificação deve ser realizada visualmente antes e durante o descarregamento. Os blocos devem ser homogêneos, compactos, terem os cantos vivos, sempre livres de trincas e imperfeições que possam prejudicar o assentamento, ou afetar a resistência e a durabilidade da construção.

É necessário ter um extremo cuidado com o prumo e o nível em todas as fiadas. Em particular, deve-se ter extrema atenção com a primeira fiada, pois dela depende a correta confecção das paredes. É necessário dar treinamento especial à mão-de-obra.

As dimensões dos blocos, a forma da seção transversal, a presença de revestimento, a relação altura / espessura da parede, as características da argamassa de assentamento, as características de rigidez da estrutura e a presença de vãos de portas e janelas influenciam significativamente o desempenho das alvenarias.

É preferível que os blocos sejam fornecidos em paletes, sendo os mesmos embalados com o auxílio de fitas metálicas ou de plástico, dessa maneira os paletes podem ser transportados em carrinhos porta-paletes até o local de aplicação dos blocos, com considerável redução na mão-de-obra e risco de quebra ou danos.

É recomendável que o fornecedor também disponha de plataformas acopláveis à estrutura dos pavimentos, facilitando o transporte dos paletes por meio de guas. Qualquer que seja o sistema de transporte dos blocos cerâmicos, deve-se evitar que os mesmos sofram impactos que venham a provocar lascamentos, fissuras, etc.

O aço deve ser armazenado em local coberto, protegido de intempéries e afastado do solo, para que não fique em contato com umidade. O armazenamento deve ser feito em feixes separados para cada bitola, facilitando o uso.

O cimento, a cal hidratada e eventuais argamassas industrializadas, materiais fornecidos em sacos, devem ser armazenados em locais protegidos da ação do clima e da umidade do solo, devendo as pilhas ficarem afastadas das paredes ou do teto do depósito. Não se recomenda a formação de pilhas com mais de 15 sacos. No caso do emprego de cal virgem, recomenda-se sua extinção imediatamente após chegada na obra, podendo ser armazenada em tonéis ou no próprio “queimador”.

A estocagem da areia deve ser feita em local limpo, de fácil drenagem e sem possibilidade de contaminação por materiais estranhos que possam prejudicar sua qualidade. As pilhas devem ser convenientemente cobertas ou contidas lateralmente, de forma que a areia não seja arrastada por enxurrada.

A adoção de um adequado programa de controle da qualidade minimiza a possibilidade de ocorrência de falhas durante o processo de execução da obra mostrando-se de grande valia para o não surgimento de manifestações patológicas. O controle de qualidade deve acontecer durante todas as etapas da construção, não somente na fabricação e usinagem das matérias primas utilizadas no canteiro. Os processos construtivos bem como a utilização de um manual de uso e manutenção da edificação previnem em grande parte o surgimento de manifestações (CBIC, 2013).

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

Existem alguns cuidados básicos, durante a execução da obra, durante a execução da alvenaria que vão definir o sucesso final da obra:

- Ter um projeto de alvenaria estrutural, onde o projetista define a marcação da alvenaria , onde cada bloco vai ser colocado, e também a marcação da armação que passará por dentro da alvenaria, tanto a armação vertical (pilares) dentro dos gomos, como uma cinta com bloco canaleta que vai servir como uma cinta horizontal (vigas), entre outros detalhes;
- Preencher completamente os espaços dentro dos blocos, evitando que o pedreiro coloque muita argamassa de assentamento, e essa, caia dentro do bloco, formando uma camada, deixando espaços na sua alvenaria que não tem concreto, ou seja, o aço esta solta por dentro do bloco minimizando sua função estrutural;
- Evitar a passagem de água ou umidade, evitando desde o início todo o processo de formação da anomalia. Então, impermeabilizar, além de ser um procedimento muito simples, ajuda também na limpeza e conservação do material, mantendo a estética impecável e com baixa demanda de manutenção;
- Aplicar adequadamente impermeabilizante antes da colocação de revestimentos em lajes, paredes e pisos;
- A vedação apropriada de portas e janelas;
- O cuidado com as telhas e calhas, assim como nas fundações para que a água não entre pela parte inferior e superior das parede;
- A impermeabilização da viga baldrame é algo crucial, fazendo com que a parede fique protegida da umidade que vem do solo por capilaridade;
- Entre outros cuidados na obra para evitar tais transtornos no futuro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um estudo teórico sobre as principais anomalias nas estruturas da alvenaria estrutural, pontuando seus possíveis problemas que possam aumentar o custo de uma edificação e que, podem ser reduzidos caso sejam notados com maior atenção na concepção de seus projetos, especificações e utilização de materiais de boa qualidade e até mesmo no uso adequado da estrutura e na sua manutenção preventiva.

Conseguimos ver que, as manifestações patológicas têm suas origens tanto na fase de projeto quanto na falta de verificação em sua execução, acarretando consequências graves na qualidade e na durabilidade das estruturas, fazendo com que apareçam quase todas as falhas estudadas nesse trabalho.

Como forma de auxiliar na prevenção e mitigação dessas falhas, foram mencionadas e propostas algumas medidas mitigadoras para prevenir e até anular esses problemas relacionadas ao detalhamento modular da Alvenaria Estrutural.

Podemos considerar que, se o Projeto estiver bem detalhado, os materiais utilizados seja de boa qualidade, a execução for feita com profissionais treinados e todos operadores forem auxiliados pelos supervisores, possivelmente essas falhas e patologias se reduziram numa porcentagem muito alta, não reduzir-se-iam a zero pois, essas estruturas ainda teriam interferências naturais como a umidade da chuva, vento, insolação entre outros fenômenos naturais que poderiam

AVALIAÇÕES DE PRESENCAS PATOLÓGICAS EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: MODULAÇÕES E EFEITOS

afetar a estrutura, porém haveria muito mais economia e qualidade da obra.

BIBLIOGRAFIA

AMBROSIO, D. D.; CARVALHO, L. C. **CÁLCULO DE DESPERDÍCIOS EM OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL: perdas de argamassa no processo de reboco em paredes de alvenaria. Perdas de argamassa no processo de reboco em paredes de alvenaria.** 2018. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/622/1/Dauto%20Daniel.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2022.

ARIVABENE, A. C. Patologias em Estruturas de Concreto Armado Estudo de Caso. **Revista Especialize On-Line Ipog**, Goiânia - GO, v. 1, n. 10, dez. 2015. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/381357532/antonio-cesar-arivabene-14121142-1-pdf>. Acesso em: 19 jan. 2022.

AMARAL, J. J. F. **Como fazer uma pesquisa bibliográfica.** 2007. Disponível em: <http://200.17.137.109:8081/xiscano/courses-1/mentoring/tutoring/Como%20fazer%20pesquisa%20bibliografica.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C270: Standard Specification for Mortar for Unit Masonry**, West Conshohocken, Pennsylvania, 2014

ASSIS, E. B. de. **Análise numérica da fixação de escadas pré-moldadas leves em alvenaria estrutural sob incêndio.** 2021. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.18.2021.tde-24062021-191741>. Acesso em: 21 out. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** 3 ed. Rio de Janeiro RJ: ABNT, 2014. 221 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT . **NBR 14974-1**: Bloco sílico- calcário para alvenaria. Rio de Janeiro RJ: ABNT, 2003. 9 p.

BAUER, R. J. F. **Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. 2006. Revista Prisma: Caderno Técnico Alvenaria Estrutural, São Paulo, v. 5, p. 33–38.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Novas normas de alvenaria estrutural corrigem antiga distorção**. 2020. Disponível em: https://cbic.org.br/inovacao/es_ES/2020/08/12/novas-normas-de-alvenaria-estrutural-corrigem-antiga-distorcao/. Acesso em: 21 out. 2021.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de Edificações Habitacionais: Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575/2013**. 2ª ed. Brasília, Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CAMPOS, J. C. de. **Alvenaria Estrutural: especialização em engenharia de estruturas**. Especialização em Engenharia de Estruturas. 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/19995737-Alvenaria-estrutural-especializacao-em-engenharia-de-estruturas.html>. Acesso em: 22 out. 2021.

CARVALHO, P. R. O. de. **Análise numérica de pequenas paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto em situação de incêndio: ênfase no comportamento térmico e termoestrutural**. 2019. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.18.2019.tde-02082019-114958>. Acesso em: 21 out. 2021.

CAVALHEIRO, O. P. **ALVENARIA ESTRUTURAL: Tão Antiga e Tão Atual.** 2018. Disponível em: https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Alvenaria- Estrutural_T%C3%A3o-antiga-e-t%C3%A3o-atual_cavalheiro1.pdf. Acesso em: 26 out.2021.

CHAER, A. V. **Estruturas de Concreto Armado.** 2021. Disponível em:http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/3922/material/c01_elementos%20estruturais.pdf.. Acesso em: 26 out. 2021.

Comurb Sociedade de Projetos Urbanísticos LTDA. **Central Parque Lapa.** 2013. Disponível em: <https://comurb.com.br/?portfolio=central-parque-lapa>. Acesso em: 21 out. 2021.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Modulação.** 2021. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/modulacao/projeto/16/modulacao.html>. Acesso em: 24 out. 2021.

DEGUSSA. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto.** 2003. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/460554187/Manual-de-Reparo-Protacao-e-Reforco-de-Estruturas-de-Concreto-Paulo-Helene-Red-Rehabilitar-pdf>. Acesso em: 19 jan.2022.

DÉSIR, J. M. **Blocos e Tijolos Sílico-Cálcareos.** 2021. Disponível em: https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/blocos_calcareos.php. Acesso em: 31 out. 2021.

DÉSIR, J. M.. **Resistência à Compressão do Graute**. 2021. Disponível em: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/creditos.php>. Acesso em: 23 out. 2021.

FRANÇA, L. E. C. **O reboco da parede não está muito bom**. 2012.

Disponível em: https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/dicas/2012/12/09/interna_dicas,46778/o-reboco-da-parede-nao-esta-muito-bom-o-que-fazer.shtml. Acesso em: 21 jan. 2022.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT, São Paulo.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de Patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 2015. 174 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P. E. **Qualidade: cada erro tem seu preço**. 1992. Tradução de Vera M. C. Revista *Téchne*.

IOSHIMOTO, E. Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais.

Anais Epusp. Serie a: Engenharia Civil, São Paulo, v. 1 , n. pt.5, p. 361-77, 1988.

KALIL, S. M. B. e LEGGERIN, M. R. **Alvenaria Estrutural**. 2021.

Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disc>

iplinas/construcaocivil-ii-1/alvenaria- estrutural.. Acesso em: 21 out. 2021.

MACHADO, J. F.. **DIRETRIZES PARA PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL MODULAÇÃO E DETALHAMENTOS**. 2014. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.

MAIA, F. T. V. **Eficiência de emendas por traspasse em armaduras verticais da alvenaria estrutural de blocos de concreto**. 2016. Dissertação (Mestrado em Inovação na Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo SP, 2016. doi:10.11606/D.3.2017.tde-13032017-112353. Acesso em: 24 out. 2021.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa Editora, 2004. 116 p.

MIRANDA, L. A. de. **Estudo do efeito do não preenchimento das juntas verticais e eficiência do graute na resistência da alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos SP, 2012. doi:10.11606/D.18.2012.tde-10122012-090028. Acesso em: 24 out. 2021.

MASSETTO, L. T. **ALVENARIA ESTRUTURAL: a etapa de grauteamento sob o ponto de vista “da obra”**. 2017. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.comunidadeconstrucao.com.br%2Fupload%2Fativos%2F376%2Fanexo-deg.pdf&psig=AOvVaw2yZWobwOfjt8L322biGWPB&ust=16358593&cd=vfe&ved=0CAkQjhxqFwoTCIj8xJGh9_MCFQAAAAAdAAAAABAJ. Acesso em: 23 out. 2021.

MELO, M.. **Modulação**. 2021. Disponível em: <https://acervir.com.br/modulacao-eng-marcia-melo/>. Acesso em: 27 out. 2021.

MOHAMAD, G. **CONSTRUÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL: materiais, projeto e desempenho**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/31909442/Constru%C3%A7%C3%B5es_em_Alvenaria_Estrutura_l_Material_projetos_e_desempenho. Acesso em: 21 out. 2021.

MUCI, D. W. S.; NETTO, J. R. B.; SILVA, R. A. de. **SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE FISSURAS DA INTERFACE ALVENARIA DE VEDAÇÃO ESTRUTURA DE CONCRETO: COMPARATIVO ENTRE OS PROCESSOS EXECUTIVOS E ANÁLISE DE CUSTO**. 2014.

98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, GoiâniaGO, 2014.

NETO, A. P. P. do; PELUSO, E. O. de; CARVALHO, V. T. A. de. **ALVENARIA ESTRUTURAL: empreendimento flora park ii**. 2015. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia Go, 2015. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/ALVENARIA_ES TRUTURAL_EMPREENDIMENT O_FLORA_PARK_II.pdf. Acesso em: 24 out. 2021.

NETO, J. A. D. F. **Estudo experimental do comportamento de elementos de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos em situação de incêndio**. 2020. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos SP, 2020. doi:10.11606/D.18.2020.tde-10082020-084728. Acesso em: 24 out. 2021.

NONATO, L. F. C. "**ALVENARIA ESTRUTURAL E SUAS IMPLICAÇÕES**". 2013. 74 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte MG, 2013.

OLIVEIRA, A. M. de. **FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS CAUSADAS POR RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÕES**. 2012. 96 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão em Avaliações e Perícias, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte MG, 2012.

PARSEKIAN, G. A.; MEDEIROS, W. A.; SIPP, G. High-rise concrete and clay block masonry building in Brazil. *Mauerwerk*, v. 22, n. 4, p. 260-272, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/dama.201800010>. Acesso em: 21 out. 2021.

PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS. **Alvenaria Estrutural**. 2021. Disponível em: <https://pauluzzi.com.br/alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 30 out. 2021.

PINA, G. L. de. **PATOLOGIA NAS HABITAÇÕES POPULARES**. 2013. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

PIXABAY. **Alvenaria estrutural como solução construtiva**. 2021. Disponível em: <https://www.universidadetrisul.com.br/solucoes-construtivas/alvenaria-estrutural-como-solucao-construtiva>. Acesso em: 22 out. 2021.

REIS, W. C. dos. **ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO VAZADOS**. 2016. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro de

Ciências Tecnológicas, Universidade Estadual do Maranhão, São Luis — MA, 2016. Disponível em: <http://www.arquitetura.uema.br/wp-content/uploads/2018/08/UEMA-AU-TCC-2016-REIS-Alvenaria-estrutural-com-blocos-de-concreto-vazados.pdf>.. Acesso em: 21 out. 2021.

RICHTER, C., MASUERO, Â. B., FORMOSO, C. T. Manifestações patológicas de alvenaria: uma análise de causa e efeito. In: VI Congreso Internacional sobre Patología Y Recuperación de Estructuras. **Anais...** Córdoba, Argentina. 2010.

RIOS, J. H. BARRETO, F. S. **ALVENARIA ESTRUTURAL: Aspectos Executivos.** 2017. Disponível em: https://semanaacademica.com.br/system/files/artigos/artigo_julianarios_0.pdf.. Acesso em: 20 out. 2021.

RIVERS, C. **Alvenaria Estrutural.** 2021. Disponível em: <https://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstitutivos/1/materiais/qualidade/9/materiais.html#bloco-concreto>. Acesso em: 30 out. 2021.

RIZZATTI, E.; ROMAN, H. R.; MOHAMAD, G. and NAKANISHI, E. Y. Tipologia de blocos cerâmicos estruturais: influência da geometria dos blocos no comportamento mecânico da alvenaria. **Matéria**, v. 16, n. 2, p. 730-746, 22 set. 2011.

ROCHA, C.. **Alvenaria estrutural: entenda como funciona.** 2020. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capitacao/alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 20 out. 2021.

ROMAN, H.R. MUTTI, C.N. ARAÚJO, H.N. **Construindo em alvenaria estrutural.** 1999. 1ª Ed .Editora da UFSC, Florianópolis.

SAMPAIO, B. M. **Fissuras em Edifícios Residenciais em Alvenaria Estrutural**. Tese de mestrado. Universidade Estadual de São Paulo, São Carlos, 2010.

SANTOS, P.R.C. KLIMPEL, E.C. **Levantamento das Manifestações Patológicas Presentes em Unidades do Conjunto Habitacional Moradias Monteiro Lobato**. Monografia. Instituto IDD. Curitiba, 2010.

SCHMITZ, G. A. e MARTINS, W.. **ALVENARIA ESTRUTURAL: diretrizes para detalhamento de projeto em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. 2017. 134 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina - Unisul, Palhoça – SC, 2017. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4628/1/TCC%20WILLIAN%20e%20%20GUILHERME%20.pdf> .. Acesso em: 21 out. 2021.

SILVA, L. B. **Patologias em alvenaria estrutural: Causas e Diagnóstico**. 2013. 76 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora MG, 2013.

SILVA A. P., JONOV C.M.P. **Curso de especialização em construção civil**. Departamento de engenharia de materiais e construção. Minas Gerais, 2011. (Notas de Aula). Disponível em: http://www.demc.ufmg.br/adriano/Manifest_%20Pat_2016.pdf . Acesso em: 16 jan.2022.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS - SINDUSCON-MG. **BLOCO VAZADO DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL: Manual de Recebimento e Controle**. 2014. Disponível em: <https://www.sinduscon->

mg.org.br/wcontent/uploads/
de_Concreto_para_Alvenaria_.pdf. Acesso em: 30 out. 2021.

SOARES, S. M. B. **Alvenaria Estrutural**. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: https://www.politecnica.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_-_Alvenaria_Estrutural/Alvenaria_1_NOVA_VERSAO.pdf.. Acesso em: 31 out. 2021.

SOUSA, M. W. S. **Levantamentos de Erros Executivos em Edifícios em Alvenaria Estrutural de Bloco Cerâmico**. 2011. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2011.

SOUZA, C. O. de; SOUTO, L. W. O.; LOPES, P. D. S.; DARNE, W. O. **O ESTUDO COMPARATIVO DA ALVENARIA ESTRUTURA COM BLOCOS SÍLICO-CALCÁRIO**. 2016. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/alvenaria-estrutural-com-bloco-de-silicio-calcario/148065>. Acesso em: 20 out. 2021.

SOUZA, M. F. S. M. de; Rodrigues, R. B.. **Sistemas estruturais de edificações e exemplos**. 2008. Disponível em: http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf. Acesso em: 25 out. 2021.

TAUIL, C. A.; NESSE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. 1ª Ed. São Paulo: Pini Ltda., 2010. THOMAZ, E.; Filho, C. V. M.; Cleto, F. R. da; Cardoso, F. F. **CÓDIGO DE PRÁTICAS Nº 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCOS CERÂMICOS**. 2009. Disponível em: https://www.ipt.br/download.php?filename=113-Codigo_de_Praticas_n_01.pdf.. Acesso em: 20 jan. 2022.

THOMAZ, E; HELENE P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios.** 2000. Boletim técnico Universidade de São Paulo –USP.

VELOSO, S. G. **Inspeção e Reabilitação de Estruturas em Concreto Armado sob a ótica da Norma EN 1504.** 2018. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2018.

VOTORANTIM CIMENTOS. **Fissura:** como resolver essa patologia em paredes. como resolver essa patologia em paredes. 2019. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/fissura-paredes/>. Acesso em: 16 jan. 2022.