



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO- UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS- CCT
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

YAGO LUCAS LEAL MELO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL
CONSTRUÍDAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO**

São Luís – MA

2019

YAGO LUCAS LEAL MELO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL
CONSTRUÍDAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Esp. João Aureliano de Lima Filho

São Luís – MA

2019

Melo, Yago Lucas Leal.

Manifestações patológicas em habitações de interesse social construídas em alvenaria estrutural: um estudo de caso / Yago Lucas Leal Melo. – São Luís, 2019.

124 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Esp. João Aureliano de Lima Filho.

1.Alvenaria estrutural. 2.Fissuras. 3.Habitações de interesse social. 4.Manifestações patológicas. 5.Programa Minha Casa Minha Vida. I.Título

CDU: 693

YAGO LUCAS LEAL MELO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL
CONSTRUÍDAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL: UM ESTUDO DE CASO**

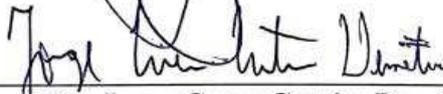
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 11 / 12 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. João Aureliano Lima Filho (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr. Fernando Jorge Cutrim Demétrio
Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTOS

A Deus por minha vida, família e amigos.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que me deram oportunidade de aprendizado como aluno, homem e ser humano.

Ao professor João Aureliano de Lima Filho, pela orientação, apoio e confiança.

Ao meu pai, José Carlos Quaresma de Melo, por ser meu maior espelho, me ajudar de todas as formas possíveis, com suas conversas e conselhos de vida que sempre me inspiram a ser melhor.

A minha mãe, Tereza Cristina Leal de Souza, por acreditar no meu potencial, pelo seu amor, carinho e apoio incondicional.

A minha melhor amiga Brenda Beserra, por estar sempre solícita as minhas dificuldades tentando sempre à medida do possível ajudar.

Aos meus amigos de curso Nayanderson, Wanderson e Lucas Couto pelas várias noites juntos sem dormir em prol de atividades acadêmicas.

A Marcos, Bruno, Wellysson, Judah, Ícaro, Vinicius, Nudson, João Pedro, Jordan, Pietro, Acazias, Amanda e tantos outros que fizeram dessa jornada acadêmica muito mais prazerosa de ser vivida.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte do término de mais um ciclo, o meu muito obrigado.

“Honra a teu pai e a tua mãe, para que se prolonguem os teus dias na terra que o Senhor teu Deus te dá.”

(Êxodo 20:12)

RESUMO

Com o intuito de mitigar a problemática déficit habitacional no Brasil, que de acordo com dados da Fundação Getúlio Vargas (2017) ultrapassa os 7,7 milhões de domicílios, foi criado a programa federal Minha Casa Minha Vida, instituído pela Lei nº 11.977, de 2009. Com as facilidades de financiamento para construtoras e compradores, o programa obteve muito sucesso com a entrega de mais de 4 milhões de domicílios em 10 anos de criação (2009 à 2019), dados da Associação Brasileira de Incorporadores Imobiliários (2019). A construção dessas Habitações de Interesse Social (HIS) pelo programava Minha Casa Minha Vida (MCMV), embora em termos de quantidade, tenham sido excepcionais, no quesito qualidade tem demonstrado algumas falhas e anomalias de forma precoce segundo a Controladoria Geral da União (2017). Devido as vantagens posteriormente citadas nos tópicos deste trabalho, o sistema construtivo em alvenaria estrutural foi amplamente difundido na construção dessas Habitações de Interesse Social pois promove economia financeira (menor custo de execução em curto espaço de tempo) e menor desperdício de materiais. Devido aos programas habitacionais, visarem construir em grande quantidade e em curto espaço de tempo, acabam levando à construções mal executadas, com vícios construtivos e com inúmeras patologias. Nesse sentido o presente trabalho tem como objetivo fazer uma pesquisa bibliográfica dos principais detalhes construtivos de construções em alvenaria estrutural, além abordar as principais causas das manifestações patológicas com enfoque em fissuras e suas configurações típicas. Foram realizados dois estudos de casos envolvendo Habitações de Interesse Social entregues pelo programa Minha Casa Minha Vida com faixa 1 de financiamento pela Caixa Econômica Federal no intuito de colocar-se em prática o embasamento teórico estudado para caracterizar-se essas manifestações patológicas e indicar suas possíveis causas. Dessa forma, conhecendo-se os problemas que ocasionam trinca e fissuras na alvenaria estrutural, pode-se colaborar com o meio acadêmico informações relevantes a fim de garantir a entrega de um produto final de melhor qualidade.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Fissuras. Habitações de interesse social. Manifestações patológicas. Programa Minha Casa Minha Vida.

ABSTRACT

In order to mitigate the problem of housing deficit in Brazil, which according to data from the Getúlio Vargas Foundation (2017) exceeds 7,7 million households, the federal program *Minha Casa Minha Vida* was created, established by Law No. 11.977, 2009. With the financing facilities for construction companies and buyers, the program was very successful with the delivery of more than 4 million households in 10 years of creation (2009 to 2019), data from the Brazilian Association of Real Estate Developers (2019). The construction of these Social Interest Dwellings (SID) by the program *Minha Casa Minha Vida* (MCMV), although in terms of quantity they were exceptional, in terms of quality has demonstrated some failures and anomalies early. Due to housing programs aimed to build in large quantities and in a short period of time, they end up leading to poorly executed constructions, with constructive vices and numerous pathologies. In this context, the construction system in structural masonry was widely disseminated in the construction of these Social Interest Dwellings since it promotes financial savings (lower cost of execution in a short time) and less waste of materials. The present work carried out a bibliographic research of the main constructive details of constructions in structural masonry, in addition to addressing the main causes of pathological manifestations focusing on cracks and their typical configurations. Two case studies involving Social Interest Dwellings delivered by the *Minha Casa Minha Vida* program with a fund range 1 by *Caixa Econômica Federal* were conducted, in order to put into practice the theoretical basis studied for characterize these pathological manifestations and indicate their possible causes. Thus, knowing the problems that cause crackand cracks in structural masonry, one can collaborate with the academic environment relevant information in order to ensure the delivery of a final product of better quality.

Keywords: Structural masonry. Cracks. Social Interest Dwellings. Pathological manifestations. Minha Casa Minha Vida Program.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCI - Associação Brasileira de Construção Industrializada
ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland
ABESCB - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
Abrainc - Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias
Art. - Artigo
BNH - Banco Nacional da Habitação
CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEF - Caixa Econômica Federal
CDC - Código de Defesa do Consumidor
EUA - Estados Unidos da América
FCP - Fundação Casa Popular
FDS - Fundo de Desenvolvimento Social
FGTS - Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FGV - Fundação Getúlio Vargas
FJP - Fundação João Pinheiro
HIS - Habitação de Interesse Social
IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
MCidades - Ministério das Cidades
NBR - Norma Brasileira Regulamentadora
OGU - Orçamento Geral da União
PAC - Programa de Aceleração do Crescimento
PBQP-H - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat
PMCMV - Programa Minha Casa Minha Vida
UEMA - Universidade Estadual do Maranhão

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Investimentos do programa Minha Casa Minha Vida.	21
Figura 2: As três pirâmides do Egito.	33
Figura 3: Grampos utilizados em construções gregas.	34
Figura 4: Cidade construída em adobe, Ait-Bem-Haddou, Marrocos.	34
Figura 5: Panteão de Roma.	35
Figura 6: Ruínas das Termas de Nero, Pisa.	35
Figura 7: Igreja de Santa Maria dei Frari, Itália.	36
Figura 8: Ilustração cartão Postal de Chicago, EUA: Edifício Monadnock.	37
Figura 9: Forte de Santo Antônio, São Luís - MA.	39
Figura 10: Conjunto habitacional Central Park Lapa, São Paulo/SP.	40
Figura 11: Edifício Muriti, São José dos Campos/SP.	41
Figura 12: Conjunto habitacional Central Park Lapa, São Paulo/SP.	41
Figura 13: Edifício Jardim Prudência, em São Paulo/SP.	42
Figura 14: Edifício Solar dos Alcântaras, em São Paulo/SP.	42
Figura 15: Exemplos de (a) alvenaria armada, (b) alvenaria não armada e (c) alvenaria protendida.	45
Figura 16: Exemplo de amarração direta em “L”.	47
Figura 17: Exemplo de amarração indireta com junta a prumo grampeada.	47
Figura 18: Exemplo de blocos (a) de concreto, (b) cerâmico e (c) sílico-calcário.	49
Figura 19: (a) lançamento do graute e (b) furos de visita.	57
Figura 20: Exemplo de elevação de parede com aberturas e detalhamento das armaduras.	58
Figura 21: Verga e contraverga.	59
Figura 22: Cintas intermediárias.	59
Figura 23: Cinta de amarração superior.	60
Figura 24: Coxins.	61
Figura 25: Principais elementos utilizados no ensaio em prisma.	62
Figura 26: Modulação da alvenaria com bloco de módulo 15, família 39.	64
Figura 27: Método de amarração direto e indireto.	65
Figura 28: Exemplos de amarração direta.	65
Figura 29: Projeto de elevação de alvenaria com detalhamento.	67
Figura 30: Instalação elétrica embutida verticalmente nos furos do bloco ainda em assentamento.	69

Figura 31: Shaft hidráulico.	70
Figura 32: Tubulação de piso.	71
Figura 33: Junta de dilatação em execução.	73
Figura 34: colher de pedreiro utilizada na distribuição de argamassa de assentamento dos blocos de primeira fiada.	74
Figura 35: Palheta utilizada no assentamento de argamassa.	74
Figura 36: Bisnaga para assentamento de argamassa.	75
Figura 37: Esticador de linha profissional.	75
Figura 38: Fio traçante.	76
Figura 39: Argamassadeira metálica.	76
Figura 40: Régua de prumo e de nível.	77
Figura 41: Esquadro metálico.	77
Figura 42: Escantilhão metálico.	78
Figura 43: Nível alemão.	78
Figura 44: Andaime metálico com guarda-corpo.	79
Figura 45: Medição das diagonais para verificação do esquadro.	80
Figura 46: Marcação das direções e alinhamento das paredes com o fio traçante.	81
Figura 47: Fixação dos escantilhões e demarcação de nível com o fio de náilon e prumo.	81
Figura 48: Umedecimento da superfície do pavimento para posterior assentamento de primeira fiada.	82
Figura 49: Elevação da alvenaria utilizando castelo como referência.	83
Figura 50: Vãos de portas e posicionamento das instalações na execução de primeira fiada.	83
Figura 51: Preenchimento de juntas de forma inadequada.	85
Figura 52: Limites máximos para o desaprumo e desalinhamento das paredes.	86
Figura 53: Exemplo de rasgos em alvenaria de bloco cerâmico.	86
Figura 54: Vazio mostrando as deficiências de concretagem da coluna de graute, deixando a armadura descoberta ou sem proteção.	87
Figura 55: Configurações típicas das fissuras.	90
Figura 56: Fatores que causam recalques diferenciais em fundações.	92
Figura 57: Fissuras verticais devido à sobrecarga de carregamento.	94
Figura 58: Fissuras horizontais devido à sobrecarga de carregamento.	95
Figura 59: Fissuras inclinadas.	95
Figura 60: Fissura inclinada provenientes de carga concentrada.	96
Figura 61: Movimentação da laje de cobertura devido à variação de temperatura.	97

Figura 62: Fissuras inclinadas em parede de alvenaria devido variação térmica da laje.	98
Figura 63: Fissura no revestimento devido à presença de sais expansivos.	99
Figura 64: Fissuras ocasionadas por reações químicas provenientes do ataque de sulfatos. ...	99
Figura 65: Fissuras em parede externa, causadas pela retração de lajes intermediárias.	101
Figura 66: Fissura mapeada, causadas pela retração da argamassa de revestimento	101
Figura 67: Fissuras horizontais provocadas por expansão vertical.	102
Figura 68: Trinca horizontal na base da alvenaria devido à umidade do solo.....	103
Figura 69: Fissura horizontal na interface peitoril/esquadria.	103
Figura 70: Etapas da metodologia de levantamento de subsídios para o diagnóstico manifestações patológicas utilizadas na investigação do edifício.	104
Figura 71: Planta baixa estudo de caso I.	106
Figura 72: Fachada da casa do estudo de caso I.	108
Figura 73: Fissuras e bolor na parede externa dos fundos.....	108
Figura 74: Fissuras entre escápula de rede e esquadria na parede interna do quarto 02.	109
Figura 75: Fissuras inclinadas no canto inferior de janela.	Erro! Indicador não definido.
Figura 76: Fissuras inclinadas no canto inferior de esquadria do quarto 01.	110
Figura 77: Planta baixa apartamento-tipo estudo de caso II.....	112
Figura 78: Croqui de localização do apartamento.	113
Figura 79: Fachada estudo de caso II.	113
Figura 80: Fissura horizontal sob a esquadria da cozinha.	114
Figura 81: Fissura em canto superior de esquadria.	115
Figura 82: Fissura Horizontal e inclinada em parede externa ao apartamento.....	116
Figura 83: Trincas por recalque diferencial de fundação.	117

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Déficit Habitacional no Brasil.....	19
Gráfico 2: Distribuição relativa do Déficit Habitacional por Faixa de Renda Familiar.....	20
Gráfico 3: Déficit habitacional relativo por Unidades Federativas (UFs) do Brasil.	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Prazos de garantia mínimos sugeridos.	31
Quadro 2: Vantagens x desvantagens da alvenaria estrutural.	43
Quadro 3: Classificação dos blocos quanto à área.	50
Quadro 4: Blocos de família 29.....	51
Quadro 5: Blocos de família 39.....	52
Quadro 6: Blocos especiais.....	54
Quadro 7: Junta seca e junta total.....	72
Quadro 8: Conceitos em estudos sobre manifestações patológicas.....	89
Quadro 9: Resumo das configurações típicas de fissuras devido a recalque diferencial de fundação.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Déficit habitacional e seus componentes.....	25
Tabela 2: Custos aproximados entre estruturas convencionais e alvenaria estrutural no Brasil.	44
Tabela 3: Classificação do bloco de concreto quanto ao uso.	50
Tabela 4: Dimensões reais dos blocos.....	53
Tabela 5: Resistência característica à compressão axial do bloco de concreto aos 28 dias.	55
Tabela 6: Tipos de argamassa.....	56
Tabela 7: Efeitos de forma e altura na rigidez do prédio.....	68
Tabela 8: Classificação das fissuras quanto a abertura.....	91
Tabela 9: Classes de agressividade ambiental.....	107

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Justificativa	21
1.2 Objetivos.....	22
1.2.1 Objetivo Geral	22
1.2.2 Objetivos Específicos	22
1.3 Limitações da pesquisa.....	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 Habitação de Interesse Social (HIS)	24
2.1.1 Considerações iniciais	24
2.1.2 Déficit habitacional.....	24
2.1.3 Déficit habitacional no Maranhão	26
2.1.4 Breve histórico das HIS	27
2.1.5 Faixas de financiamento pelos órgão financiadores	28
2.1.6 Exigências dos órgãos financiadores quanto a manifestações patológicas nas HIS.....	29
2.2 Aspectos históricos do sistema construtivo em alvenaria estrutural	33
2.2.1 Alvenaria estrutural moderna	36
2.2.1.1 Cronologia da alvenaria estrutural moderna.....	38
2.2.2 Alvenaria no Brasil.....	39
2.2.2.1 Cronologia da alvenaria estrutural moderna no Brasil	40
2.3 Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural	43
2.4 Definições.....	44
2.4.1 Elemento de alvenaria	45
2.4.2 Parede	46
2.4.3 Área bruta, líquida e efetiva	46
2.4.4 Amarração direta ou indireta	46
2.5 Materiais: componentes e elementos	48
2.5.1 Bloco.....	48
2.5.1.1 Bloco de concreto	49

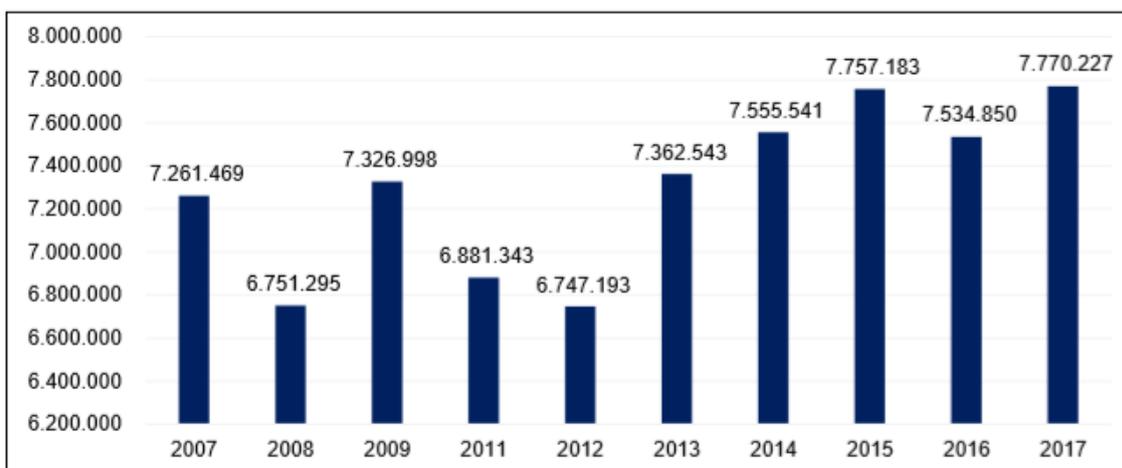
2.5.1.2 Famílias de blocos de concreto.....	51
2.5.1.3 Blocos especiais.....	53
2.5.1.4 Principais tipos de ensaios em blocos de concreto exigidos por norma.....	54
2.5.2 Argamassa	55
2.5.3 Graute	56
2.5.4 Armadura	57
2.5.4.1 Vergas e contravergas.....	58
2.5.4.2 Cintas de amarração superior	60
2.5.4.3 Coxins.....	60
2.5.5 Ensaios de compressão axial	61
2.5.5.1 Ensaio em prisma	62
2.6 Projeto em alvenaria estrutural	63
2.6.1 Modulação e paginação	63
2.6.2 Elevações	66
2.6.3 Forma do prédio	68
2.6.4 Projetos complementares	68
2.6.4.1 Instalações elétricas	69
2.6.4.2 Instalações hidrossanitárias	70
2.6.4.2.1 Shafts	70
2.6.4.2.2 Tubulação de piso.....	71
2.6.5 Juntas verticais e horizontais	71
2.6.6 Juntas de dilatação	72
2.7 Execução da alvenaria estrutural.....	73
2.7.1 Ferramentas	73
2.7.2 Técnicas e procedimentos para execução.....	79
2.7.3 Erros e cuidados necessários para obras em alvenaria estrutural	84
2.7.3.1 Espessura e preenchimento das juntas vertical e horizontal.....	85
2.7.3.2 Desaprumo.....	85
2.7.3.3 Cortes na alvenaria	86
2.7.3.4 Grauteamento incorreto	86
2.7.3.5 Ausência de ferramentas adequadas	87

2.7.3.6 Qualidade da mão-de-obra	87
2.8 Patologias em alvenaria estrutural	88
2.8.1 Considerações Iniciais	88
2.8.2 Origem das fissuras	89
2.8.3 Classificação das fissuras	90
2.8.4 Classificação das fissuras quanto às causas.....	91
2.8.4.1 Recalque diferencial de fundação.....	91
2.8.4.2 Sobrecarga de carregamento.....	94
2.8.4.3 Movimentação térmica	96
2.8.4.4 Reações químicas	98
2.8.4.5 Retração	100
2.8.4.6 Movimentação higroscópica.....	101
3 METODOLOGIA.....	104
4 ESTUDOS DE CASO.....	105
4.1 Estudo de caso I	105
4.1.1 Caracterização da habitação	105
4.1.2 Manifestações Patológicas observadas e suas possíveis causas	107
4.2. Estudo de caso II.....	111
4.2.1 Caracterização da habitação	111
4.2.2 Manifestações Patológicas Observadas e suas possíveis causas	112
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
REFERÊNCIAS	121

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um déficit habitacional de cerca de 7,8 milhões de domicílios de acordo com um levantamento feito pela Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (Abrainc) em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), dados de 2017. A Gráfico 1 mostra a evolução do déficit habitacional no Brasil em milhões de domicílios nos anos de 2007 a 2017.

Gráfico 1: Déficit Habitacional no Brasil.



Fonte: Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias -ABRAINCC - e Fundação Getúlio Vargas - FGV(2017).

O déficit habitacional será abordado em tópicos posteriores no referencial teórico do presente trabalho, porém, em resumo, é um índice que calcula quantitativamente famílias em: habitações e domicílios precários; coabitação familiar; ônus excessivo com custo de aluguel urbano e; adensamento excessivo em imóveis por dormitório em imóveis alugados. Ou seja, o Brasil possui quase 7,8 milhões de famílias sem domicílios minimamente adequados como moradia, o que fere a Constituição Federal Brasileira no que tange o direito à moradia digna, requisito reconhecido e implantado como pressuposto para a dignidade da pessoa humana, desde 1948, com a Declaração Universal dos Direitos Humanos, e que foi propagada na Constituição Federal Brasileira de 1988 por meio da Emenda Constitucional nº 26/00, em seu artigo 6º, *caput*:

Art. 6º São direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição.

O Gráfico 2 abaixo mostra a distribuição relativa do déficit habitacional por faixa de renda familiar no Brasil em 2017.

Gráfico 2: Distribuição relativa do Déficit Habitacional por Faixa de Renda Familiar.



Fonte: FGV (2017).

Nota-se, a partir do gráfico 2, uma grande concentração do déficit habitacional em famílias com faixa de renda em até 3 salários mínimos. Segundo Gonçalves (2018)¹ “somadas, as faixas de renda até 1 salário mínimo e de 1 a 3 salários mínimos responderam por 91,7% do déficit total, o equivalente a 7,1 milhões de unidades.”

Nesse sentido se insere o conceito de Habitação de Interesse Social (HIS), habitações construídas através de programas governamentais com o intuito de mitigar a problemática Déficit Habitacional no país. Já existiram vários programas para construções das HIS, porém o mais eficiente e atualmente utilizado pelo governo federal é o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), instituído pela Lei nº 11.977, de 2009.

O PMCMV é coordenado pelo Ministério das Cidades com recursos do Orçamento Geral da União (OGU), por meio do Fundo de Desenvolvimento Social (FDS) e, tem como principal órgão financiador a Caixa Econômica Federal.

A Figura 1², a seguir, demonstra os investimentos do programa através de dados monetários, unidades habitacionais entregues e unidades habitacionais contratadas, no período entre maio de 2009 (início do PMCMV) à dezembro de 2018, segundo o Ministério do Desenvolvimento Regional em parceria com a Câmara Brasileira da

¹ GONÇALVES, Robson Ribeiro (coord.). *Análise das Necessidades Habitacionais e suas Tendências para os Próximos Dez Anos*. Abrainc, São Paulo, 2018

² Figura disponível em <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/03/25/minha-casa-minha-vida-completa-10-anos-com-queda-nas-contratacoes.ghtml>>. Acesso em 29 de agosto de 2019.

Indústria da Construção (CBIC) e Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (2019).

Figura 1: Investimentos do programa Minha Casa Minha Vida.



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional; Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) e Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias – ABRAINC (2019).

No entanto, apesar da eficiência do programa na redução do déficit habitacional no país, 54,6% das unidades habitacionais entregues do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) apresentam patologias precoces ou erros na execução da obra, de acordo com levantamento realizado pela Controladoria-Geral da União (CGU) em parceria com o Ministério da Transparência (2017).

Dito posto, o presente trabalho tem como problemática o surgimento precoce de manifestações patológicas nas construções das HIS, mais precisamente em alvenaria estrutural, sistema construtivo amplamente aplicado nesse tipo de construção.

1.1 Justificativa

Pode-se notar a importância dos programas de incentivo a construção das habitações de interesse social através do gráfico 2, segundo o qual, 91,7% do déficit habitacional total do Brasil está concentrado em famílias com faixa de renda média mensal em até 3 salários mínimos, representando um déficit de aproximadamente 7,8 milhões de domicílios.

Segundo Perini (2017) os altos índices do déficit habitacional no Brasil levam, devido aos programas habitacionais visarem construir em grande quantidade e em curto espaço de tempo, à construções mal executadas, com vícios construtivos e com inúmeras

manifestações patológicas³. Nesse quesito se insere o sistema construtivo em alvenaria estrutural, que é amplamente utilizado na construção das HIS por ser um método racional, viável para empreendimentos residenciais de baixo padrão, e por possuir vantagens em relação ao sistema convencional devido a maior rapidez, custo reduzido, menor geração de resíduos entre outras vantagens abordadas nos tópicos seguintes deste trabalho.

Segundo a Caixa Econômica Federal, financiadora do programa Minha Casa Minha Vida, a maioria das construtoras utilizam o método construtivo em alvenaria estrutural. No entanto, apesar dos processos de certificação de qualidade que as empresas devem apresentar aos órgãos financiadores, ainda há várias manifestações patológicas nas estruturas que causam problemas de resistência ou desconforto estético para os usuários.

Diante do exposto, pode-se dizer que há uma necessidade de se aprimorar os conhecimentos sobre as patologias nesse sistema construtivo, dando ênfase nas HIS, que por motivos já citados estão mais suscetíveis ao surgimento desses problemas. Portanto, justificando o presente trabalho com intuito de dispor à comunidade acadêmica, através de embasamento teórico e científico, a contribuição na entrega de um produto final de melhor qualidade, mitigando assim a problemática déficit habitacional no país.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é identificar manifestações patológicas do sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto para Habitações de Interesse Social, com foco em trincas e fissuras.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Abordar aspectos técnicos do método construtivo em alvenaria estrutural: materiais, projeto e execução;
- Discorrer sobre as principais causas de manifestações patológicas no sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto;

³ PERINI, João Ilario. *Estudo de manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social construídas em alvenarias de blocos cerâmicos - Estudo de caso Bairro Shoppmg Park em Uberlândia-MG*. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

- Através do estudo de caso, identificar as manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social com enfoque em trincas e fissuras;
- Correlacionar as manifestações patológicas identificadas às suas possíveis causas;

1.3 Limitações da pesquisa

A temática principal pelo presente trabalho estudada, manifestações patológicas, serão com enfoque em fissuras (microfissuras, fissuras e trincas) referentes à incidência em Habitações de Interesse Social (HIS) construídas no método construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto vazados.

O trabalho limita-se às questões relacionadas as particularidade do sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto vazados, intrínseco à projeto e execução, não contemplando aspectos de cálculo e resistência estrutural.

Serão citados vantagens e desvantagens do método construtivo através de citações com referência renomada no assunto, porém não faz parte do intuito da pesquisa comprovar a viabilidade do sistema na prática.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Habitação de Interesse Social (HIS)

2.1.1 Considerações iniciais

Segundo Basso e Martucci (2002) apud Perine (2017) pode-se distinguir casa, moradia e habitação em:

- Casa: é a casca protetora, é o ente físico. Materiais de construção, componentes, subsistemas e sistemas construtivos;
- Moradia: leva em consideração os hábitos de uso da casa, o modo de vida de seus ocupantes;
- Habitação: está ligada diretamente à estrutura urbana, com seus serviços e equipamentos.

Assim, tem-se que : casa + moradia + estrutura urbana = habitação.

Ibdem apud Perine (2017), Larcher (2005) descreve alguns requisitos básicos que caracterizam a Habitação de Interesse Social (HIS): é financiada pelo poder público, mas não necessariamente produzida pelos governos, podendo a sua produção ser assumida por empresas, associações e outras formas instituídas de atendimento à moradia; é destinada, sobretudo a faixas de baixa renda que são objeto de ações inclusivas, notadamente as faixas até 3 salários mínimos e; embora o interesse social da habitação se manifeste, sobretudo em relação ao aspecto de inclusão das populações de menor renda, pode também manifestar-se em relação a outros aspectos, como situações de risco, preservação ambiental ou cultural.

2.1.2 Déficit habitacional

Como exposto na introdução do presente trabalho, as Habitações de Interesse Social (HIS) se inserem no contexto de mitigar a problemática déficit habitacional no Brasil.

O termo déficit habitacional é um índice utilizado para se referir a um determinado número de famílias que vivem sem condições de moradia digna em uma região. Tal índice é calculado a partir de quatro componentes⁴ segundo a Abrainc:

⁴ Informação disponível em <https://urbe.me/lab/o-que-e-deficit-habitacional-e-como-e-ele-e-calculado/> (Acesso em 11/10/2019).

- **Habitações e domicílios precários:** habitações improvisadas (carros, barcos, barracas) e habitações rústicas, casas construídas sem parede de alvenaria ou madeira, que costumam resultar em insalubridade e proliferação de doenças;
- **Coabitação familiar:** quando duas ou mais famílias convivem juntas em um mesmo ambiente no qual não dispõem de liberdade e privacidade. A coabitação familiar se divide em cômodos (famílias que dividem a mesma habitação sem grau de parentesco) e conviventes (famílias que dividem a mesma habitação, com grau de parentesco);
- **Ônus excessivo com custo de aluguel urbano:** famílias que possuem renda de até três salários mínimos e que gastam, no mínimo, 30% de sua renda com aluguel do imóvel onde vivem;
- **Adensamento excessivo:** quantidade excessiva de moradores por dormitório em imóveis alugados. Neste parâmetro, são quantificados os domicílios alugados que possuem mais de três moradores por dormitório.

A tabela 1, a seguir, segundo a FGV, mostra como esses dados que compõem o índice déficit habitacional se apresentam estatisticamente no país.

Tabela 1: Déficit habitacional e seus componentes.

COMPONENTES	NÚMERO DE UNIDADES	PARTICIPAÇÃO RELATIVA (%)
Habitação precária	967.270	12,4
Improvisados	161.710	2,1
Rústicos	805.560	10,4
Coabitação familiar	3.209.299	41,3
Cômodos	117.350	1,5
Famílias conviventes	3.091.949	39,8
ônus excessivo	3.289.948	42,3
Adensamento excessivo	303.711	3,9
Déficit total	7.770.227	100%

Fonte: FGV (2017).

A partir da tabela 1, pode-se notar, que dentre seus componentes, há uma grande concentração no ônus excessivo com aluguel (42,3%) e na coabitação familiar (41,3%), assim como também relevante se citar, através do gráfico 2, no tópico 1, a grande

concentração do déficit habitacional em famílias com faixa de renda em até 3 salários mínimos, representando um déficit de 7,1 milhões de domicílios, justificando, mais uma vez, a importância dos programas às HIS.

2.1.3 Déficit habitacional no Maranhão

Segundo a Fundação João Pinheiro (2015), o Maranhão apresenta o segundo maior déficit habitacional do nordeste, 392 mil domicílios. Também conforme a FJP (2015) para se comparar os estados brasileiros, foi utilizado uma variável chamada déficit habitacional relativo que é a razão entre domicílios vagos com potencial de serem ocupados com o déficit habitacional, conforme a equação, a seguir.

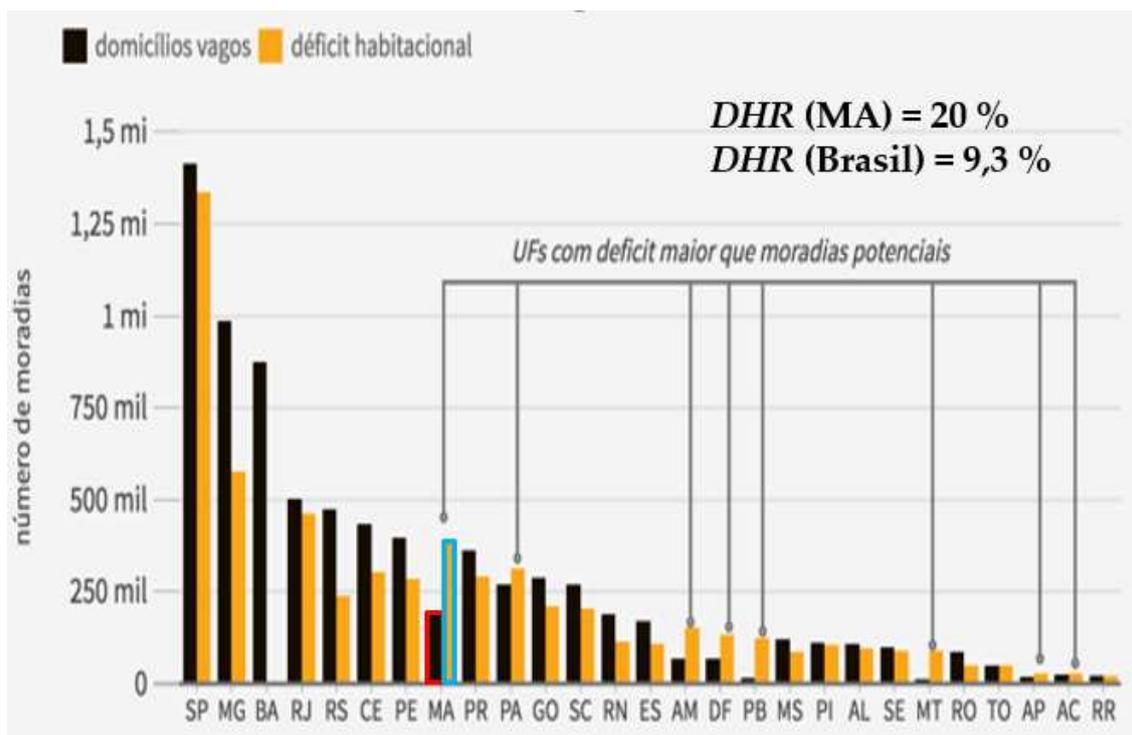
$$DHR = \frac{DV}{DH}$$

Sendo:

- DHR – Déficit Habitacional Relativo;
- DV – Domicílios Vagos;
- DH – Déficit Habitacional.

Conforme o Gráfico 3 (FGV, 2013) o Maranhão possui o maior déficit habitacional relativo no Brasil em 2015, na faixa de 20%, muito acima da média brasileira de 9,3%. Ou seja, o Maranhão é a unidade da federação mais carente de moradias. No mesmo gráfico, circundado por vermelho está a quantidade de domicílios potencialmente ocupados no Maranhão, já a coluna circundada por azul está o déficit habitacional no estado.

Gráfico 3: Déficit habitacional relativo por Unidades Federativas (UFs) do Brasil.



Fonte: FGV (2015).

2.1.4 Breve histórico das HIS

A primeira iniciativa governamental criada com o intuito de mitigar o déficit habitacional no Brasil, foi com a criação, em 1946, da Fundação Casa Popular (FCP). A FCP buscava exclusivamente a construção de casas populares para as classes de baixa renda e atuava também na execução de infraestrutura. Porém não logrou êxito pois a falta de recursos e as regras de financiamentos estabelecidas comprometeram seu desempenho no atendimento da demanda, que ficou restrita a alguns estados da Federação e com uma produção pouco significativa de unidades (Política Nacional de Habitação, Caderno 4, 2004 apud PERINE, 2017).

Com a chegada dos militares ao poder, em 1964, a FCP foi extinta e substituída pelo Banco Nacional da Habitação (BNH).

Ibdem apud Perine (2017), Bonduki (2008) cita que a política habitacional do BNH teve sucesso no período de 1964-86, em que foram financiadas 4,3 milhões de novas unidades habitacionais. Segundo o mesmo autor, nesse mesmo período:

A fim de garantir fontes estáveis e permanentes de financiamento, foi criado o Sistema Financeiro da Habitação (SFH), o qual utilizava valores, tanto compulsórios, como o Fundo de Garantia por Tempo de

Serviço (FGTS), quanto voluntários, como a caderneta de poupança, a letra de câmbio, etc.

O BNH acabou sendo extinto em 1986 devido à alta inflação dos anos 80, salários não reajustados na mesma proporção desta, bem como consequentes prestações cada vez mais altas das casas, que acarretavam em inadimplência dos mutuários (PERINE, 2017).

As políticas governamentais para HIS passaram por anos em crise, sem significativos resultados até 2003, quando iniciou-se um novo marco na política urbana no Brasil, a criação do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e do Ministério das Cidades (MCidades) visando implementar políticas de desenvolvimento urbano: habitação, saneamento ambiental, transporte urbano e mobilidade (NAIME, 2010 *apud* PERINE, 2017).

O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), criado em 2009, trouxeram muitos recursos principalmente voltados ao atendimento das populações de baixa renda.

Atualmente, a Caixa Econômica Federal é o agente financiador habitacional principal do PMCMV. Esta utiliza recursos do Orçamento Geral da União (OGU) por meio do Fundo de Desenvolvimento Social (FDS).

2.1.5 Faixas de financiamento pelos órgão financiadores

Os órgão financiadores, tendo como principal, a Caixa Econômica Federal (CEF), tem a função de facilitar a aquisição da casa própria pela população através do Programa Minha Casa Minha Vida. O Programa do Governo Federal oferece condições de pagamento e taxas de juros de acordo com a renda familiar mensal. Nesse sentido, a CEF, disponibiliza quatro faixas de renda.⁵ São elas:

- Famílias com renda de até R\$ 1.800,00
Faixa 1 - Financiamento em até 120 meses, com prestações mensais que variam de R\$ 80,00 a R\$ 270,00, conforme a renda bruta familiar;
- Famílias com renda de até R\$ 2.600,00
Faixa 1,5: Financiada com taxas de juros de 5% ao ano e até 30 anos para pagar e subsídios de até 47,5 mil reais;

⁵ Valores referentes ao ano de 2019, há mudanças de valores relacionados a prestação, quantidade máxima de meses para financiamento, entre outros.

- Famílias com renda de até R\$ 4.000,00
Faixa 2: Financiado com taxas de juros de 6% ao ano. Subsídios de até R\$ 29.000,00;
- Famílias com renda de até R\$ 7.000,00:
Faixa 3: Taxas de juros diferenciadas em relação ao mercado.

O subsídio habitacional é um valor concedido pelo Governo Federal para famílias consideradas de baixa renda. Na prática, o subsídio funciona como um desconto nas parcelas do financiamento, ou seja, diminui a quantia final a ser paga pelo comprador. Ele é concedido apenas para a compra do primeiro imóvel de uma família. Como o valor é quitado pelo governo ele não precisa ser devolvido, mas sua aprovação está sujeita a análise de alguns fatores tais como as faixas supracitadas.⁶

Além da renda mensal familiar, para ter direito ao benefício o comprador precisa: ser brasileiro ou naturalizado; ter pelo menos 18 anos; não ter sido atendido por nenhum programa habitacional; não ter financiado nenhum imóvel.

Para participar do Programa Minha Casa Minha Vida, famílias que se encaixam na faixa 1 de financiamento (renda mensal de até R\$1.800,00) devem se cadastrar na prefeitura de suas respectivas cidades ou em alguma organização que trabalhe com o programa e esperar por um sorteio. Já as famílias das outras faixas de renda podem procurar construtoras ou contratar o programa de forma individual.⁷

2.1.6 Exigências dos órgãos financiadores quanto a manifestações patológicas nas HIS

Perine (2017) cita que o “Código de Defesa do Consumidor (C.D.C.) estabelece uma série de regras para as relações entre produtores e consumidores, e impõem sanções aos responsáveis técnicos caso o produto comercializado apresente falhas em uso ou vícios de construção“.

Nogueira (2003) apud Perine (2017) cita o artigo 1245 do Código Civil:

Código Civil (1916): Art. 1245: nos contratos de empreitada de edifícios ou outras construções consideráveis, o empreiteiro de materiais e execução responderá, durante 5 (cinco) anos, pela solidez e segurança do trabalho, assim em razão dos materiais e do solo, exceto

⁶ Informação disponível em <https://www.tecnisa.com.br/blog/investimento/o-que-e-subsidio-habitacional-descubra/> (Acesso em 11/10/19).

⁷ Informação disponível em <https://www.tecnisa.com.br/blog/investimento/o-que-e-subsidio-habitacional-descubra/> (Acesso em 11/10/19).

quanto a este, se, não o achado firme, preveniu em tempo o dono da obra.

Ou seja, a construtora por uma obra executada é responsável pelo surgimento dos vícios: aparentes, aqueles que qualquer pessoa pode constatar; ocultos, aqueles que não se percebe de imediato, mas são notados por uma pessoa com aptidão técnica e; por solidez, aqueles que afetam ou podem afetar a estabilidade da obra, podendo causar sua ruína total ou parcial, mesmo que não seja imediata, mas iminente (MELLO (2010) apud PERINE (2017)).

No Quadro 1 tem-se os prazos de garantia especificados pela ABNT NBR 15.575-1:2013 para os componentes, sistemas e subsistemas de uma edificação com o início do prazo de garantia sendo o “Habite-se” da obra, isto é, durante o período especificado, espera-se um prazo mínimo determinado ante a ocorrência de tais manifestações.

Quadro 1: Prazos de garantia mínimos sugeridos.

Sistemas, elementos, componentes e instalações	Prazos de garantia mínimos			
	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos
Fundações, estrutura principal, estruturas periféricas, contenções e arrimos				Segurança e estabilidade global; Estanqueidade de fundações e contenções;
Paredes de vedação, estruturas auxiliares, estruturas de cobertura, estrutura das escadarias internas ou externas, guarda-corpos, muros de divisa e telhados				Segurança e integridade
Equipamentos industrializados (aquecedores de passagem ou acumulação, motobombas, filtros, interfone, automação de portões, elevadores e outros). Sistemas de dados e voz, telefonia, vídeo e televisão	Instalação Equipamentos			
Sistema de proteção contra descargas atmosféricas, sistema de combate a incêndio, pressurização das escadas, Iluminação de emergência, sistema de segurança patrimonial	Instalação Equipamentos			
Porta corta-fogo	Dobradiças e molas			Integridade de portas e batentes
Instalações elétricas tomadas/interruptores/disjuntores/fios/cabos/eletrodutos/caixas e quadros	Equipamentos		Instalação	
Instalações hidráulicas e gás - colunas de água fria, colunas de água quente, tubos de queda de esgoto, colunas de gás				Integridade e vedação
Instalações hidráulicas e gás coletores/ramais/louças/caixas de descarga/bancadas/metais sanitários/sifões/ligações flexíveis/válvulas/registros/ ralos/tanques	Equipamentos		Instalação	
Impermeabilização				Estanqueidade
Esquadrias de madeira	Empenamento Descolamento Fixação			
Esquadrias de aço	Fixação Oxidação			

Sistemas, elementos, componentes e instalações	Prazos de garantia mínimos			
	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos
Esquadrias de alumínio e de PVC	Partes móveis (inclusive recolhedores de palhetas, motores e conjuntos elétricos de acionamento)	Borrachas, escovas, articulações, fechos e roldanas		Perfis de alumínio, fixadores e revestimentos em painel de alumínio
Fechaduras e ferragens em geral	Funcionamento. Acabamento.			
Revestimentos de paredes, pisos e tetos internos e externos em argamassa/gesso liso/ componentes de gesso acartonado		Fissuras	Estanqueidade de fachadas e pisos molháveis	Má aderência do revestimento e dos componentes do sistema.
Revestimentos de paredes, pisos e teto em pedras naturais (mármore, granito e outros)		Revestimentos soltos, gretados, desgaste excessivo.	Estanqueidade de fachadas e pisos molháveis.	
Pisos de madeira -tacos, assoalhos e decks	Empenamento, trincas na madeira e destacamento			
Piso cimentado, piso acabado em concreto, contrapiso		Destacamentos, fissuras, desgaste excessivo	Estanqueidade de pisos molháveis	
Revestimentos especiais (fórmica, plásticos, têxteis, pisos elevados, materiais compostos de alumínio)		Aderência		
Forros de gesso	Fissuras por acomodação dos elementos estruturais e de vedação			
Forros de madeira	Empenamento, trincas na madeira e destacamento			
Pintura/verniz (interna/externa)		Empolamento, descascamento, esfarelamento, alteração de cor ou deterioração de acabamento.		
Selantes, componentes de juntas e rejuntamentos	Aderência			
Vidros	Fixação			

Fonte: ABNT NBR 15.575-1 (2013).

Portanto, a partir dos próximos tópicos, irar-se-á abordar sobre o sistema construtivo amplamente utilizado na construção das Habitações de Interesse Social, em seus aspectos históricos, quanto a materiais utilizados, projeto e execução bem como as

vantagens e desvantagens que o levam a ser tão utilizado nesse tipo de construção. Todos esses temas servirão de base teórica para a temática principal do presente trabalho: as manifestações patológicas nas HIS que são construídas em alvenaria estrutural de bloco de concreto.

2.2 Aspectos históricos do sistema construtivo em alvenaria estrutural

Abordar a evolução histórica do sistema construtivo em alvenaria estrutural, por meio das grandes e significativas obras construídas no passado, permite o entendimento da lógica e da concepção dos elementos e materiais empregados, assim como seu processo construtivo (MOHAMAD, et al., 2017).

Segundo Mohamad e Rizzatti (2013), ao longo da história da humanidade, muitos materiais foram utilizados para edificações, dentre os quais se destacam as culturas mesopotâmicas e egípcias que buscavam por materiais às margens dos rios, tal como pode-se citar os tijolos secos ao sol encontrados nas edificações antigas entre os rios Tigres e Eufrates, assim como as edificadas pelos egípcios que extraíam rochas calcárias no Vale do Rio Nilo.

As três grandes pirâmides, Quéfren, Quéops e Miquerinos, foram construídas em torno de 2600 a.C. com cerca de 2,3 milhões de blocos de pedras calcária branca unidos com argamassa de gesso calcinado (Figura 2).

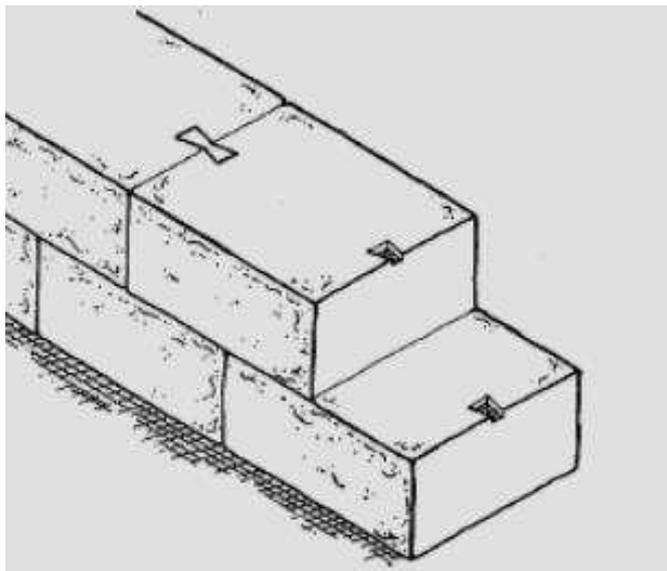
Figura 2: As três pirâmides do Egito.



Fonte: UNESCO (2013).

Nas grandes construções gregas o principal elemento para a construção de templos e edificações públicas era o mármore polido. Este era intertravado através de grampos ou tarugos de ferro para garantir a rigidez estrutural (Figura 3). De acordo com Adam (1994) citado por Mohamad *et al.* (2017, p. 19) esses grampos eram destinados a impedir possíveis movimentos causados pelas fundações ou por abalos sísmicos.

Figura 3: Grampos utilizados em construções gregas.



Fonte: ABESCB (2007).

A escassez de pedras em algumas regiões fez com que civilizações antigas desenvolvessem produções de tijolos secos ao sol (também chamado de adobe), como por exemplo em cidades construídas em Marrocos, Ait-Bem-Haddou (Figura 4).

Figura 4: Cidade construída em adobe, Ait-Bem-Haddou, Marrocos.



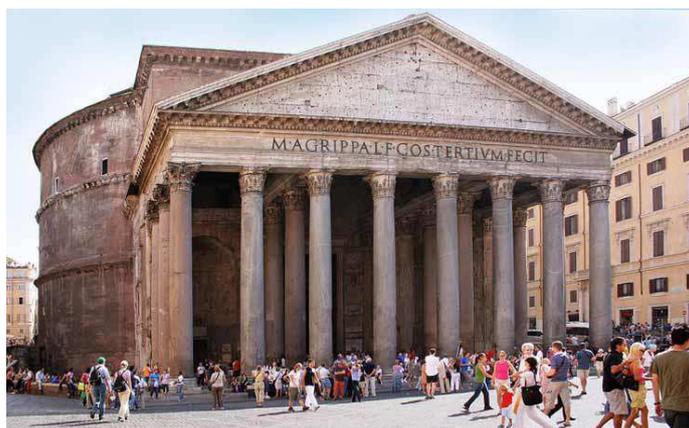
Fonte: UNESCO (2012).

De acordo com Mohamad *et al.* (2017, p.20):

Junto com o adobe, as argamassas de argila foram a alternativa inicial para os revestimentos, afim de preencher fissuras e diminuir irregularidades das unidades. Os tijolos cozidos, feitos a partir de composições de argilas e levados aos fornos, deram maior durabilidade a essas peças.

Os romanos desenvolveram o *opus caementicium*, popularmente chamado de concreto romano. Eram compostos por pequenos pedaços de calcário, cinza pozolônica, cascalhos e restos de materiais cerâmicos como cita Stenvenson (1998) citado por Mohamad *et al.* (2017, p.20). Pode-se dar como exemplo a cúpula do Panteão de Roma (Figura 5).

Figura 5: Panteão de Roma.



Fonte: DRAGAN (2006).

Também segundo Mohamad *et al.* (2017, p. 21) posteriormente houve a criação do *opus victatum mixtum*, produzida com a união de tijolos e concreto romano como contra forte externo para conter forças de tração nas paredes laterais, tal como visto nas ruínas das Termas de Nero, em Pisa (Figura 6).

Figura 6: Ruínas das Termas de Nero, Pisa.



Fonte: SAIKO (2009).

As várias técnicas construtivas empregadas no passado serviram de base para que, anos depois, no século XII, os tijolos produzidos no norte da Itália, tal como empregado na Igreja de Santa Maria dei Frari (Figura 7), fossem expandidos para a Alemanha e outros países europeus. Assim o tijolo tornou-se o principal elemento construtivo e estrutural da época e difundindo-se mundialmente até os dias atuais.

Figura 7: Igreja de Santa Maria dei Frari, Itália.



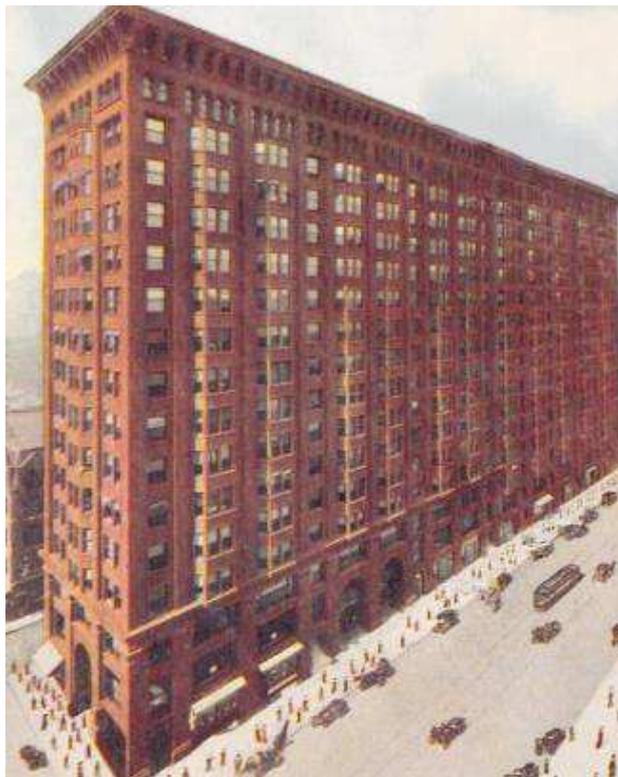
Fonte: DESCOUENS (2017).

2.2.1 Alvenaria estrutural moderna

Como já exposto, a alvenaria estrutural existe há milhares de anos e durante muitos séculos foi embasada por conhecimentos empíricos em que a forma garantia sua rigidez e estabilidade estrutural. As várias obras citadas, que existem até hoje, em ótimo estado de conservação, comprova a durabilidade, qualidade e potencial desse processo construtivo.

No século XII, entre os anos de 1889 e 1891, foi realizada a construção do edifício Monadnock (Figura 8), em Chicago, EUA, prédio com 16 andares e 65 metros de altura, marcando assim, uma transição histórica no desenvolvimento da alvenaria estrutural moderna. Os métodos utilizados eram baseados em dimensionamentos empíricos, levando a espessura de paredes excessivas e conseqüentemente antieconômicos.

Figura 8: Ilustração cartão Postal de Chicago, EUA: Edifício Monadnock.



Fonte: CHUCKMAN (1909).

Devido os critérios da época, as paredes externas necessitavam de grandes espessuras para suportar o peso próprio dos andares superiores e aumentar a rigidez à flexão por causa do vento, por isso as paredes do pavimento térreo possuíam 1,8 metros de espessura (MOHAMAD, et al., 2017). Sendo assim caracterizando esse método construtivo como difícil à quesitos quanto racionalização do processo executivo e pelas limitações de organização espacial, tornando o sistema lento e de elevado custo.

Após a revolução industrial com o “aparecimento” do aço e concreto, as obras se tornaram mais versáteis em termos de produção, esbeltez e obtenção de maiores vãos, buscando a chamada liberdade arquitetônica, tornando assim, o processo construtivo que outrora fora o mais utilizado, a alvenaria estrutural, em obsoleto.

Segundo Sánchez (2013, p.3) a Segunda Guerra Mundial proporcionou uma escassez de aço e concreto, propiciando assim, o estopim para o marco inicial da “Moderna Alvenaria Estrutural”: os estudos realizados pelo professor Paul Haller, na Suíça, conduzindo mais de 1600 testes em paredes de tijolos. Inicia-se então a difusão do sistema construtivo em alvenaria estrutural por meio de teorias e critérios de projetos baseados em resultados empíricos e aliado ao intenso progresso na fabricação de materiais e componentes apropriados para execução.

De acordo com Mohamad et al (2017, p.25):

Somente na década de 1950 as normalizações forneceram os critérios básicos para o projeto de elementos de parede à compressão. Os problemas principais consistiam no caráter frágil do material, dificuldade quanto as condições de excentricidade e avaliação dos efeitos de carga lateral em virtude de vento, sismos, explosões de gás e impactos acidentais.

Os estudos experimentais supracitados, realizados pelo professor Paul Haller, na Suíça, marcaram o surgimento dos primeiros critérios de segurança estrutural das edificações para alvenaria estrutural, servindo como base para construção de um edifício de 18 pavimentos, com 42 metros de altura. Este possuía 15 centímetros de espessura de parede interna e 30 a 38 centímetros de paredes externas.

Assim, de acordo com Cavalheiro (1995) houveram intensas pesquisas experimentais e matemáticas nos anos de 1960 e 1970 com o intuito de desenvolver projetos inerentes às resistências às cargas estáticas e dinâmicas de vento e sismo, e ações de caráter excepcional como explosões e retiradas de paredes estruturais, marcando assim o início de uma maior difusão do sistema construtivo em alvenaria estrutural por todo o mundo.

2.2.1.1 Cronologia da alvenaria estrutural moderna

De acordo com Bastos (2016) e Cavalheiro (2016) citado por Mohamed *et al.* (2017, p.26), pode-se citar como cronologia de construções em alvenaria estrutural após transição como método construtivo baseado em estudos científicos:

- 1953 - Suíça: Edifício de 13 pavimentos com 42 metros de altura;
- 1954 - Zurique: Edifício de 20 andares e parede com espessura de 32 centímetros;
- 1966 - Denver, EUA: Construído o primeiro edifício em alvenaria estrutural com mais de 8 pavimentos em zona sísmica;
- 1967 - 1º Congresso Internacional em Austin, Texas;
- 1968 - Londres: Colapso progressivo na prumada correspondente às cozinhas, em virtude de explosão de gás em um dos andares do edifício Ronan Point.
- Atualmente, em países como EUA, Inglaterra, Alemanha e outros, a alvenaria estrutural atinge níveis de cálculo, execução e controle similares aos

aplicados nas estruturas de aço e concreto, constituindo-se num econômico e competitivo sistema racionalizado, versátil e de fácil industrialização.

2.2.2 Alvenaria no Brasil

De acordo com a Associação Brasileira de Construção Industrializada - ABCI (1990) a história da alvenaria estrutural no Brasil se inicia derivada, em sua maioria, de Portugal, tais como construções de fortes e quartéis no período colonial em busca de segurança contra potenciais invasores (Figura 9).

Figura 9: Forte de Santo Antônio, São Luís - MA



Fonte: IPHAN (2010).

Segundo Silva (2003) após o início da era Vargas, em 1930, quando, tardiamente, houve grande da revolução industrial no Brasil, o tijolo, unidade cerâmica maciça, considerado material nobre, perde suas atribuições como solução estrutural para o concreto armado e restringe-se ao preenchimento de vãos e a estruturas de pequeno porte.

As construções em alvenaria estrutural foram impulsionadas pelos investimentos do Banco Nacional de Habitação (BNH) em moradias populares, na década de 1960 (ABCI, 1990). De acordo com Sánchez (2013, p.7) a maioria das edificações possuíam quatro pavimentos, sem pilotis com critérios empíricos de dimensionamento e execução dos construtores, em que as paredes eram constituídas por unidades cerâmicas maciças (tijolos) nos três primeiros pavimentos e no último eram usadas unidades vazadas com furos na direção horizontal. Segundo Camacho (1986) citado por Mohamad (2015, p.22) estas construções concentravam-se em algumas regiões, como São Paulo na década de 1970 e em Porto Alegre na década de 1980.

Mohamad e Rizzatti (2013) cita que com a introdução, no mercado da construção, de unidades com dimensões modulares e furos na vertical (que proporcionavam a passagem de instalações elétricas, sem os rasgos prejudiciais as estruturas) difunde a utilização de blocos cerâmicos nas obras em alvenarias estruturais armadas e não armadas, a partir da década de 1980.

O sistema construtivo ganhou maior desenvolvimento no Brasil através das parcerias entre universidades e empresas no final da década de 1980 e início dos anos 1990 que propiciou a criação de materiais e equipamentos nacionais para a produção de alvenaria estrutural (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012).

2.2.2.1 Cronologia da alvenaria estrutural moderna no Brasil

Segundo Mohamad *et al.* (2017, p.31), pode-se citar cronologicamente como as principais edificações feitas em alvenaria estrutural no Brasil:

1966 - Construída conjunto habitacional Central Park Lapa (Figura 10), em São Paulo/SP, marco inicial do emprego de bloco de concreto em alvenarias estruturais armadas no Brasil. Estas edificações possuem 4 pavimentos e paredes com espessura de 19 centímetros;

Figura 10: Conjunto habitacional Central Park Lapa, São Paulo/SP.



Fonte: ABCI (1990).

- 1970 - Construído o edifício Muriti (Figura 11), em São José dos Campos/SP em alvenaria armada de blocos de concreto, com 16 pavimentos ;

Figura 11: Edifício Muriti, São José dos Campos/SP.



Fonte: ABCI (1990).

- 1972 - No mesmo conjunto habitacional Central Park Lapa (Figura 12), foram construídos 4 prédios, com 12 pavimentos cada, em alvenaria armada;

Figura 12: Conjunto habitacional Central Park Lapa, São Paulo/SP.



Fonte: Ríos/ABCP (1990).

- 1978 - Construído edifício Jardim Prudência (Figura 13), em São Paulo/SP, obra pioneira no Brasil em alvenaria não armada. Foram 9 pavimentos em blocos de silício-calcário com paredes de 24 cm de espessura;

Figura 13: Edifício Jardim Prudência, em São Paulo/SP.



Fonte: ABCI (1990).

- 1994 - Construído edifício Solar dos Alcântaras (Figura 14), em São Paulo/SP, que possui 24 pavimentos em alvenaria estrutural armada, atualmente o maior do Brasil nesse sistema construtivo, com paredes de blocos de concreto com 14 centímetros de espessura.

Figura 14: Edifício Solar dos Alcântaras, em São Paulo/SP.



Fonte: ABCI (1990).

2.3 Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural é considerado método racionalizado que utiliza medidas padrões de elementos construtivos, como blocos cerâmicos e de concreto, e é previamente organizado para que haja a compatibilização de todos os projetos: elétrico, sanitário, hidráulico, arquitetônico etc.

Dito isso pode-se citar algumas vantagens da alvenaria estrutural que o faz ser largamente utilizado para construções de Habitações de Interesse Social (HIS), dentre as quais está o fator econômico, em virtude da otimização de tarefas na obra por meio de técnicas executivas simplificadas e de controle nas etapas de produção, e eliminação de interferências, gerando uma redução no desperdício de materiais produzido pelo constante retrabalho, tornando-o competitivo em detrimento do sistema convencional em concreto armado e aço.⁸ O Quadro 2 abaixo mostra algumas das vantagens e desvantagens do sistema construtivo em alvenaria estrutural.

Quadro 2: Vantagens x desvantagens da alvenaria estrutural.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • Mão de obra qualificada; • Limpeza do canteiro de obras; • Redução nas armaduras; • Redução das formas; • Redução dos resíduos; • Otimização no tempo de execução; • Necessidade de integração e compatibilização com instalações prediais; • Redução do número de profissionais no canteiro de obras; 	<ul style="list-style-type: none"> • Impossibilidade de alterações em paredes já executadas, como por exemplo, abertura para passagem de dutos; • Dificuldade de adaptação da arquitetura para um novo uso; • Restringe a possibilidade de modificações; • Limitações quanto a construção de sacadas e marquises em balanço muito amplos, fora da projeção do prédio; • Utilização de vãos relativamente pequenos no projeto arquitetônico (5 ou 6 m);

Fonte: O autor. Adaptado de MOHAMAD et al (2017) e HOFFMANN et al (2012).

Para se mensurar uma comparação entre o sistema construtivo em alvenaria estrutural e convencional buscou-se dados que embasaram o curso sobre projeto em alvenaria estrutural com Blocos Vazados de Concreto da Associação Brasileira de

⁸MOHAMAD, Gihad. *Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho*. São Paulo : Blucher, 2015. 355 p.

Cimento Portland (ABCP) ⁹ conforme Tabela 2. A tabela explicita a economia aproximada do uso do sistema construtivo em alvenaria estrutural em detrimento do sistema convencional de acordo com a característica da obra.

Tabela 2: Custos aproximados entre estruturas convencionais e alvenaria estrutural no Brasil.

Características da obra	Economia (%)
Quatro pavimentos;	25-30
Sete pavimentos sem pilotis, com alvenaria não armada;	20-25
Sete pavimentos sem pilotis, com alvenaria armada;	15-20
Sete pavimentos com pilotis;	12-20
Doze pavimentos sem Pilotis;	10-15
Doze pavimentos com pilotis, térreo e subsolo em concreto armado;	8-12
Dezoito pavimentos com pilotis, térreo e subsolo em concreto armado;	4-6

Fonte: O autor. Adaptado de WENDLER (2005) apud MOHAMAD (2015).

A partir dos dados da tabela 1, pode-se concluir que para prédios de até 4 pavimentos, há uma redução aproximada de 25% à 30% quando comparado ao concreto armado. Segundo Mohamad (2015, p.24) atualmente, as Habitações de Interesse Social (HIS), promovidas pelos programas de governo para construção de habitações populares de baixa renda, com até 4 pavimentos, têm levado as construtoras a adotarem o sistema em alvenaria estrutural como um método adequado aos padrões de exigências dos órgãos financiadores.

2.4 Definições

Este trabalho tem como objetivo principal o estudo de patologias referentes ao sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto, e para isso faz-se necessário um referencial teórico sobre materiais, componentes e elementos do sistema, bem como suas características e requisitos para embasar laudos técnicos feitos a posteriori.

Nesse quesito, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) por meio do professor Guilherme Parsekian, que coordenou a produção do livro “Parâmetros de

⁹ WENDLER, Arnoldo. *Curso sobre projeto de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto*. ABCP, São Paulo, 2001.

projeto em alvenaria estrutural em blocos de concreto”¹⁰ cita como definições relevantes ao sistema construtivo os tópicos a seguir.

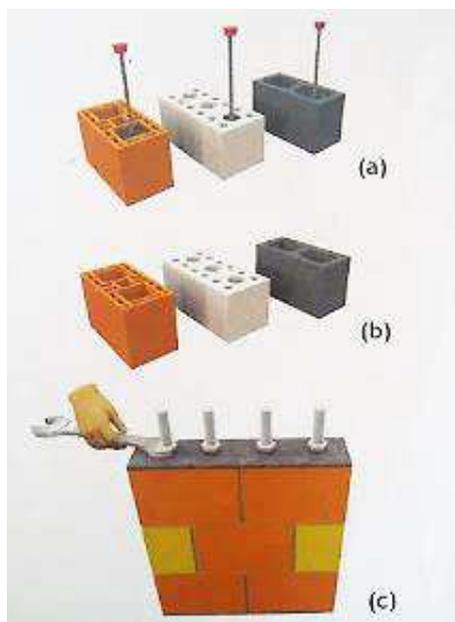
2.4.1 Elemento de alvenaria

Segundo a NBR 15961-1:2011¹¹ apud Parsekian (2014, p.18) os elementos em alvenaria são divididos em 3:

- **Não armado:** elemento de alvenaria no qual a armadura não é considerada para resistir aos esforços solicitantes. Figura 15(a);
- **Armado:** elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras passivas que são consideradas para resistência aos esforços solicitantes. Figura 15(b);
- **Protendido:** elemento de alvenaria em que são utilizados armaduras ativas impondo uma pré-compressão antes do carregamento. Figura 15(c).

A Figura 15 (a, b e c), a seguir, mostra (exemplificando 3 tipos de blocos: de concreto, cerâmico e sílico-calcário) os elementos de alvenaria de acordo com seu respectivo tipo de armação segundo Mohamad, *et al* (2017, p.33).

Figura 15: Exemplos de (a) alvenaria armada, (b) alvenaria não armada e (c) alvenaria protendida.



Fonte: MOHAMAD et al (2017).

¹⁰ PARSEKIAN, Guilherme Aris (org.), et al. *Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto*. São Carlos : EdUFSCar, 2014. pp. 17-19.

¹¹ NBR 15812-1: *alvenaria estrutural: blocos de concreto: parte 1: projetos*. Rio de Janeiro, 2014.

2.4.2 Parede

Nesse tópico é importante salientar a diferença entre alvenaria estrutural e alvenaria resistente que, segundo Mohamad (2015, p.33).

A diferença entre alvenaria estrutural e alvenaria resistente é a existência de critérios normativos de dimensionamento e racionalização, utilizando blocos vazados modulares e não modulares, com processos e métodos construtivos e controle tecnológico, enquanto na alvenaria resistente as estruturas são dimensionadas empiricamente com blocos de vedação e sem reconhecimento da segurança estrutural.

Pode-se dizer, em suma, que a parede de alvenaria é dividida em 2 definições:

- **Estrutural:** toda parede participante da estrutura, as que dão apoio às lajes ou outros elementos de construção;
- **Não estrutural:** toda parede não admitida como participante da estrutura, isto é, que impõe um carregamento às lajes ou outro elemento da estrutura e não é admitida como resistente aos esforços solicitantes.

2.4.3 Área bruta, líquida e efetiva

Também segundo a NBR 15961-1:2011 apud Parsekian (2014, p.18) pode-se descrever como definições de área para componente (bloco) ou elemento (parede):

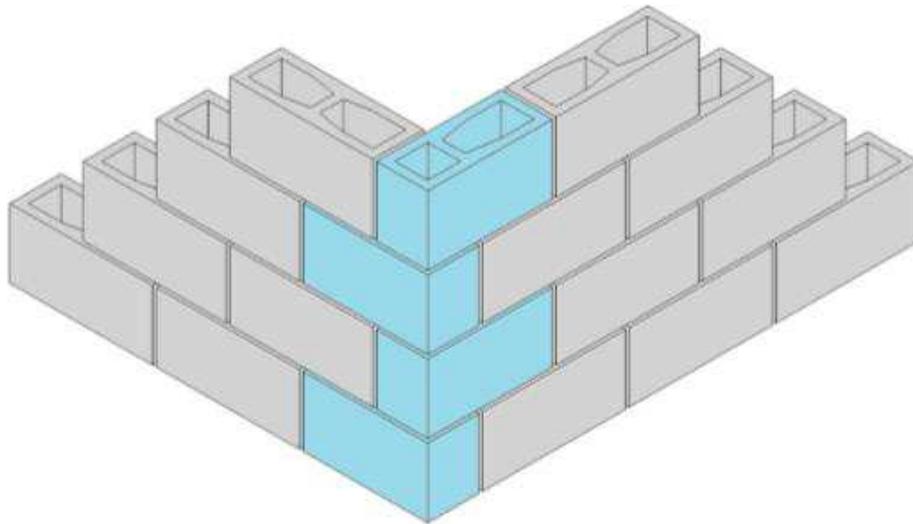
- **Bruta:** área considerando-se as suas dimensões externas, desprezando-se a área dos vazios;
- **Líquida:** área considerando-se suas dimensões externas, descontada a área dos vazios;
- **Efetiva:** área considerando-se somente a região sobre a qual a argamassa de assentamento é distribuída, desconsiderando-se a área dos vazios.

2.4.4 Amarração direta ou indireta

Segundo Mohamad *et al* (2017, p.88):

- **Amarração direta:** padrão de distribuição dos blocos por intertravamento de blocos, obtido com a interpenetração alternada de no mínimo 1/3 do comprimento dos blocos (Figura 16) ;

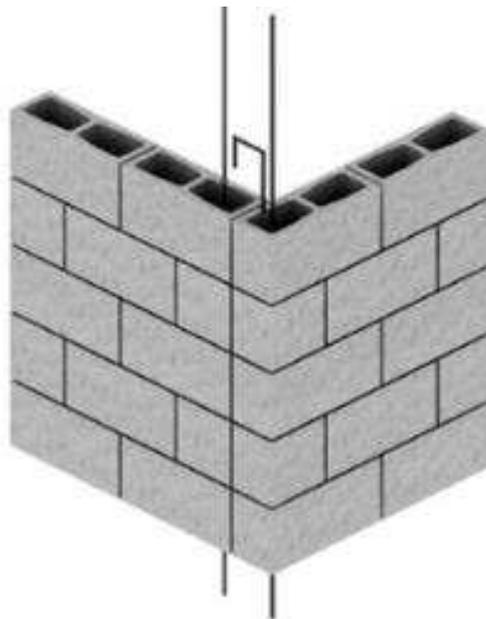
Figura 16: Exemplo de amarração direta em “L”.



Fonte: ARAGONCILLO (2010).

- **Amarração indireta:** padrão de distribuição dos blocos no qual a ligação se dá por meio de ligações com junta vertical a prumo em que o plano da interface comum é atravessado por armaduras normalmente constituídas por grampos metálicos devidamente ancorados em juntas de assentamento (Figura 17).

Figura 17: Exemplo de amarração indireta com junta a prumo grampeada.



Fonte: BASTOS (2009).

2.5 Materiais: componentes e elementos

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual a unidade modular é o bloco, que por sua vez, através da união proporcionada pela argamassa, solidariza-se formando os elementos denominados paredes, responsáveis por absorver a todas as ações atuantes (MOHAMAD, et al, 2015, p.39). Nesse sentido é necessário ter-se bases teóricas sobre os materiais constituintes desse sistema construtivo.

Segundo a NBR 15961-1: 2011 os principais componentes da alvenaria estrutural podem ser definidos, basicamente, como:

- **Bloco:** unidade modular básica da alvenaria, sendo um componente industrializado, de dimensões e peso manuseável com formato paralelepipedal;
- **Argamassa:** “mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerante e água, contendo ou não aditivos, com propriedade de aderência e endurecimento” (SANTOS¹² apud HELENA JÚNIOR, 2012);
- **Graute:** resultado mistura de materiais aglomerantes, agregados e água, com ou sem aditivos;
- **Armadura:** barras de aço utilizadas nas construções em alvenaria, que estão sempre envolvidas no graute, para garantir o trabalho solidário com o restante dos componentes do sistema construtivo.

Cada uma desses materiais serão abordado nos tópicos a seguir.

2.5.1 Bloco

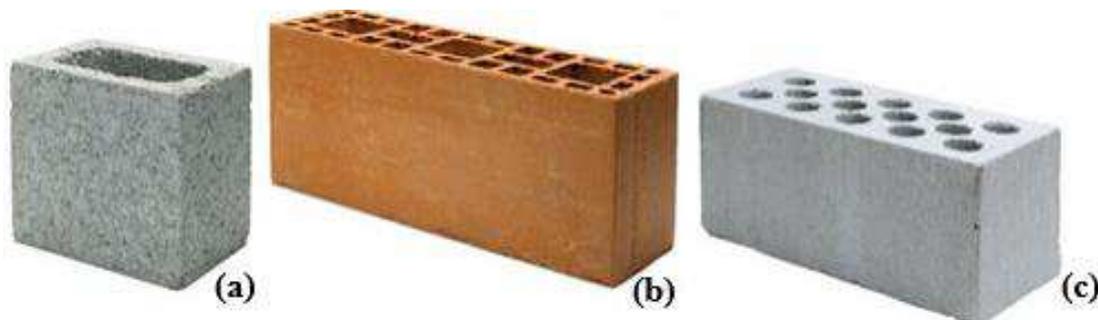
De acordo com Mohamad (2017, p.40) os principais tipos de bloco que compõem a alvenaria estrutural mais adotadas no Brasil são: bloco de concreto, bloco cerâmico e bloco sílico-calcário:

- **Bloco cerâmico:** constituído por argila, esta composta de sílica, silicato de alumínio e variadas quantidades de óxidos ferrosos podendo ser calcária ou não calcária. Figura 18(a);

¹² SANTOS, Mauro Joel Friederich. *Análise da resistência de prismas e pequenas paredes de alvenaria estrutural cerâmica para diferentes tipos de argamassa*. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2008.

- **Bloco de concreto:** constituído por areia, pedra, cimento, água e aditivos. Figura 18(b);
- **Bloco sílico-calcário:** produzido por meio de prensagem e da cura por vapor a alta pressão de areia quartzosa e cal. Figura 18(c).

Figura 18: Exemplo de blocos (a) de concreto, (b) cerâmico e (c) sílico-calcário.



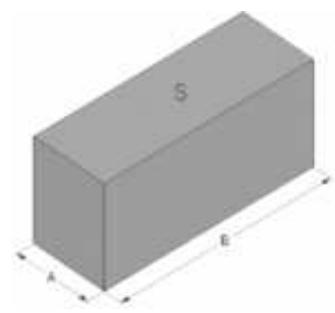
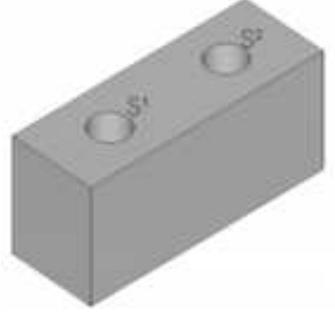
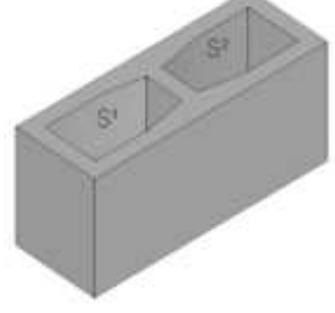
Fonte: SILVA (2013).

Para o presente trabalho, o enfoque principal é o bloco de concreto, unidade modular amplamente utilizada em Habitações de Interesse Social (HIS) e avaliada no estudo de caso.

2.5.1.1 Bloco de concreto

A principal norma da ABNT que se refere ao bloco de concreto é a NBR 6136:2014 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos. Segundo esta norma os blocos de concreto são classificados quanto a área líquida: blocos de concreto maciços e vazados (Quadro 3). São considerados maciços aqueles que possuem um índice de vazios de no máximo 25% da área total, se os vazios excederem esse limite, a unidade é classificada como vazada (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Quadro 3: Classificação dos blocos quanto à área.

Bloco genérico: $S=AxB$	Bloco maciço: $S_1 + S_2 < S/4$	Bloco vazado: $S_1 + S_2 > S/4$
		

Fonte: ABNT NBR 6136:2007 apud REIS (2016).

Portanto, de acordo com o Quadro 3 é considerado bloco vazado aquele cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta.

A ABNT NBR 6136:2014 classifica ainda, os blocos em quatro classes distintas quanto a sua utilização conforme a Tabela 3, a seguir.

Tabela 3: Classificação do bloco de concreto quanto ao uso.

Classe	Uso
A	Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo.
B	Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.
C	Com e sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo.

Fonte: ABNT NBR 6136:2014.

Como cita Mohamad (2017, p.50), referente às particularidades do bloco de concreto, “algumas características mecânicas dependem do material constituinte, da unidade do material usado na moldagem, da proporção destes na mistura, do grau de compactação e do método de cura”.

Nesse sentido, os blocos de concreto devem apresentar algumas propriedades relevantes:

- **Aspecto:** “os blocos devem possuir aspecto homogêneo e compactos e arestas bem definidas e livres de trincas ou imperfeições que possam prejudicar o seu assentamento, bem como as características mecânicas” *ibidem* Mohamad (2017);

- **Dimensões:** “devem atender aos critérios de tolerância impostos pela NBR 6136:2014. Entre eles, a tolerância máxima de fabricação e das paredes mínimas para produção de blocos por classe e as dimensões nominais em famílias” ibidem Mohamad (2017).

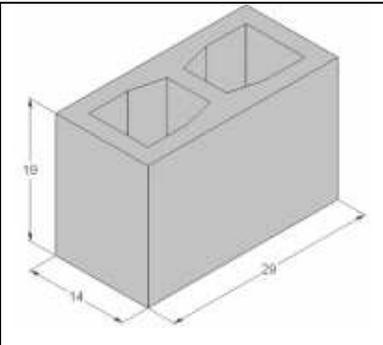
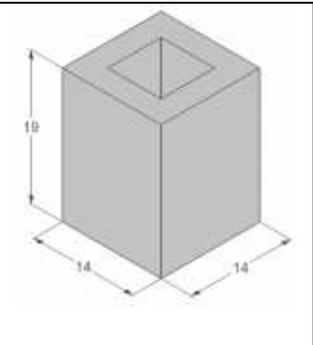
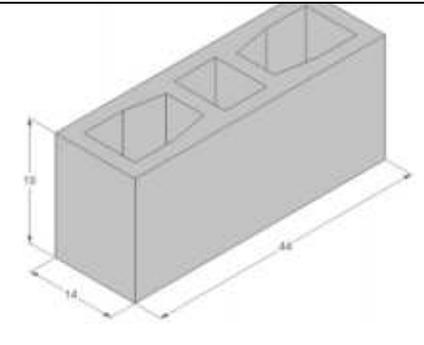
2.5.1.2 Famílias de blocos de concreto

A partir da racionalização do sistema construtivo, o bloco foi projetado para utilização em conjunto, o que constituiu as chamadas famílias de blocos, que se diferenciam pelas dimensões da unidade básica modular. Segundo a ABCP as família de blocos são “o conjunto de componentes de alvenaria que interagem modularmente entre si e com outros elementos construtivos”.

Como cita a NBR 6136:2014, os blocos que compõem uma família são designados como bloco inteiro, meio bloco, blocos de amarração em “L” e em “T” (blocos para encontros de paredes), blocos compensadores (blocos para ajustes de modulação) e blocos tipo canaleta.

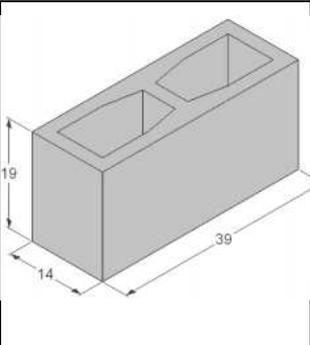
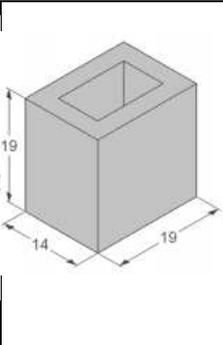
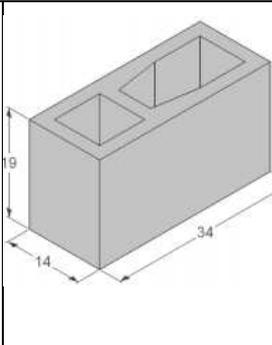
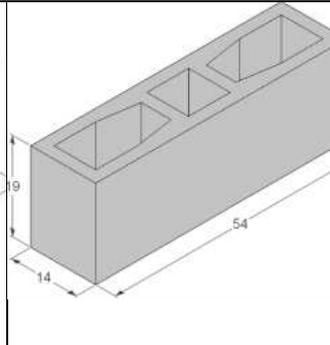
Conforme Prudêncio Jr. et al (2002), as famílias de blocos mais aplicadas no Brasil são as famílias 29 (Quadro 4) e 39 (Quadro 5).

Quadro 4: Blocos de família 29.

		
14 x 19 x 29	14 x 19 x 14	14 x 19 x 44
Bloco 29: bloco base da família e também usado para encontros de parede tipo “L”.		
Bloco 14: também conhecido como meio bloco.		
Bloco 44: usado nos encontros das paredes do tipo “T” junto com o bloco 29.		

Fonte: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/> adaptado pelo autor (acesso em 19/10/2019).

Quadro 5: Blocos de família 39.

			
14 x 19 x 39	14 x 19 x 19	14 x 19 x 34	14 x 19 x 54
Bloco 39: Bloco base da família.			
Bloco 19: também conhecido como meio bloco.			
Bloco 34: usado nos encontros de parede tipo “L” junto com o bloco 39 para fazer a amarração das fiadas.			
Bloco 54: usado nos encontros das paredes do tipo “T” junto com o bloco 34.			

Fonte: <http://www.comunidade-da-construcao.com.br/> adaptado pelo autor (acesso em 19/10/2019).

Portanto, os Quadros 4 e 5 demonstram a busca pela racionalização da execução das obras, e conseqüentemente a fabricação padrão dessas famílias de blocos para se dispor de todas as soluções possíveis para os eventuais problemas construtivos na fase de modulação arquitetônica projetual, evitando as indesejáveis improvisações durante a fase de construção.

A NBR 6136:2011 cita dimensões reais do blocos por família, que neste trabalho serão resumidas nas famílias 29 e 39 (mais usuais no Brasil) através da Tabela 4.

Tabela 4: Dimensões reais dos blocos.

Blocos				
Famílias de blocos		Família 39		Família 29
Designação	Nominal	20	15	
	Módulo	M-20	M-15	
	Amarração	1/2	1/2	1/2
	Linha	20x40	15x40	15x30
Largura (cm)		19	14	14
Altura (cm)		19	19	19
Comprimento (cm)	Inteiro	39	39	29
	Meio	19	19	14
	Amarração "L"	-	34	-
	Amarração "T"	-	54	44
	Compensador A	9	9	-
	Compensador B	4	4	-

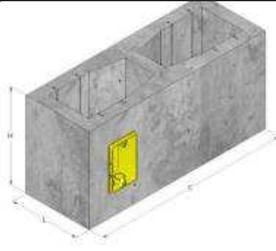
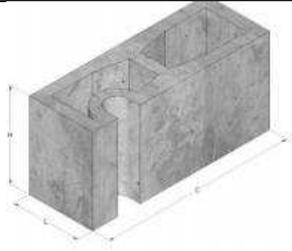
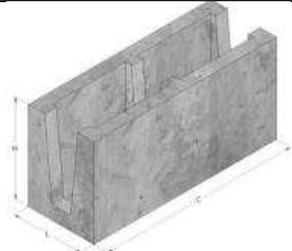
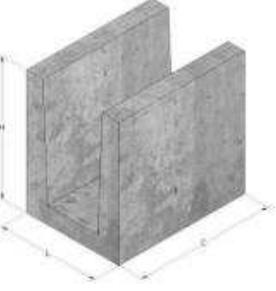
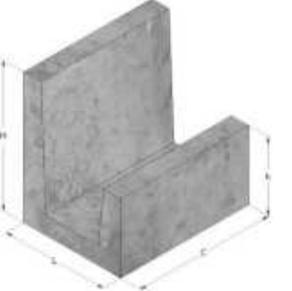
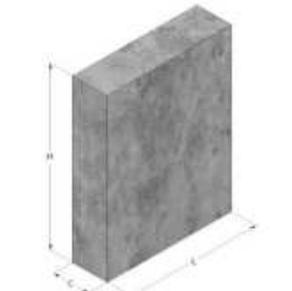
Fonte: NBR 6136:2011 adaptado pelo autor.

2.5.1.3 Blocos especiais

Os blocos especiais são usados para complementar a racionalização do sistema construtivo a fim de conseguir total aproveitamento para projeto e execução. De acordo com Reis (2016)¹³ os blocos especiais são imprescindíveis “para a execução de perfeitas amarrações entre paredes, entre componentes e elementos presentes na alvenaria estrutural e entre as instalações e esquadrias” como segue o Quadro 6, a seguir:

¹³ REIS, Walmir Costa. *Alvenaria estrutural com blocos de concreto vazados*. Monografia- Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016.

Quadro 6: Blocos especiais.

Bloco elétrico	Bloco hidráulico	Bloco canaleta
		
Bloco tipo “U”	Bloco tipo “J”	Bloco Bolacha
		

Fonte: Adaptado de PRUDÊNCIO JR. et al(2002) apud REIS (2016).

2.5.1.4 Principais tipos de ensaios em blocos de concreto exigidos por norma

Os ensaios a serem executados em blocos de concreto segundo a norma 6136:2014 são: absorção de água, resistência a compressão, retração linear por secagem, análise dimensional, área líquida e permeabilidade. Dos quais segundo Mohamad (2017, p.54) vale ressaltar:

- **Absorção de água:** a absorção de água média dos blocos para qualquer uma das classes de blocos de concreto deve ser menor ou igual a 10% quando agregado de peso normal, já quando constituído por agregado leve, menor ou igual a 13%;
- **Resistência à compressão:** a resistência mecânica do bloco de concreto deve atingir valores mínimos após 28 dias, como exemplificado na Tabela 5 para blocos constituídos por agregado normal.
- **Retração na secagem:** segundo NBR 6136:2014 as solicitações devida retração por secagem podem ser desprezadas quando os índices de retração forem inferiores a 0,065%.

Tabela 5: Resistência característica à compressão axial do bloco de concreto aos 28 dias.

Resistência característica à compressão axial. (mPa)	Classe do bloco
$f_{bk} \geq 8$	A
$4 \leq f_{bk} \leq 8$	B
$f_{bk} \geq 3$	C

Fonte: MOHAMAD (2017) adaptado pelo autor.

2.5.2 Argamassa

Além do bloco como unidade básica do sistema construtivo “é importante destacar o comportamento da argamassa de assentamento, pois é por meio desta que se garantem o monolitismo e a solidez necessários à parede” (MOHAMAD, *et al.* 2017, p.59).

As argamassas são compostas por cimento e/ou cal, água, areia e/ou aditivos. *Ibidem* Mohamad, *et al.* (2017), esta tem como função transmitir os esforços atuantes de forma a solidarizar as unidades como uma estrutura única.

A norma regulamentadora para argamassa de assentamento de blocos é a NBR 13281:2005¹⁴, segundo qual a resistência à compressão da argamassa deve ser próxima de 70% da resistência do bloco utilizado e que a junta, tanto horizontal quanto vertical, deverá sempre ser executada com espessura de 10mm, com uma variação aceitável de ± 3 mm. Esta norma estabelece também uma resistência a compressão mínima de 1,5 mPa e máxima de $0,7f_{bk}$ mPa (resistência característica do bloco) na área líquida.

Segundo RAMOS *et al.* (2002), o simples preenchimento incompleto das juntas de assentamento ou o aumento de sua espessura de 10 para 16 mm acarretam redução de cerca de 30% na capacidade estrutural das alvenarias. Entretanto, também afirmam que espessuras pequenas não aumentam a resistência da alvenaria, pois, neste caso, a junta não consegue absorver as imperfeições que ocorrem nas unidades.

As argamassas para assentamento dos blocos classificam-se quanto aos materiais utilizados em sua mistura: argamassas de cal, argamassas de cimento, argamassas mistas (cimento e cal) e argamassas industrializadas, como mostra a Tabela 6.

¹⁴ ABNT NBR 13281:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos

Tabela 6: Tipos de argamassa

Tipo de argamassa	Características
Argamassas de Cal	Compostas por cal e areia, indicadas para pequenas cargas e revitalização que não compatibilizem com cimento.
Argamassas de Cimento	Compostas por cimento Portland e areia. Adquirem resistência com rapidez, tendo como principais vantagens o não esmagamento das argamassas inferiores. Indicadas para nivelamento de primeira fiada de alvenaria.
Argamassas mistas	Compostas por cimento, cal e areia. O cimento confere aumento de resistência à compressão nas idades iniciais da argamassa e a cal melhora trabalhabilidade da mistura e retenção de água, diminuindo a retração.
Argamassas industrializadas	Compostas por cimento, areia e aditivos. Dosagem e processamento feitos fora do canteiro de obra reduzindo o tempo de produção e variação do traço, sendo necessário apenas adição de água no canteiro.

Fonte: MOHAMAD (2017), adaptado pelo autor.

2.5.3 Graute

Mohamad (2017, p.66) define graute como “concreto ou argamassa que apresenta a fluidez necessária para preencher os vazios dos blocos, sem separação dos componentes”. O graute é constituído por cimento, areia, pedrisco, água e/ou cal (com o intuito de diminuir a retração).

Ibdem Mohamad (2017) suas principais funções são aumentar a capacidade de resistência à compressão da parede através da solidificação das armaduras e alvenaria, garantindo o funcionamento como estrutura armada, além de proteger a armadura contra a corrosão; e atuar como reforço estrutural em zonas de concentração de tensões.

Sendo assim segundo Ramalho e Corrêa (2003) apud Reis (2016) “pode-se aumentar a capacidade portante da alvenaria à compressão ou permitir que as armaduras colocadas combatam tensões de tração que a alvenaria por si só não teria condições de resistir”.

Diante do exposto pode-se citar como principais propriedades do graute: consistência, a mistura deve ter coesão e fluidez, preenchendo todos os furos do bloco; retração, não deve haver separação entre graute e as paredes internas dos blocos; resistência à compressão, a influência do graute na resistência da alvenaria deve ser verificada em laboratório mediante ensaios de compressão, item 2.4.5 abordado no presente trabalho.

Conforme a NBR 15961-1:2011 e NBR 15962-2:2011 o graute deve ter resistência característica duas vezes maior que a resistência do bloco. De acordo Prudêncio Jr. et al (2002, p. 57):

Se for necessário atingir resistências mais elevadas no graute, recomenda-se que sejam utilizados aditivos plastificantes ou superplastificantes que promovam um aumento da fluidez das misturas, sem a necessidade do uso de grandes volumes de água de amassamento, reduzindo assim a relação água/cimento.

Segundo a NBR 8798:85¹⁵ o lançamento do graute deverá ser executado no mínimo 24 horas após o assentamento dos blocos, sendo a altura máxima permitida para lançamento do graute de 3 metros com adensamento e de 1,60 metros sem adensamento, havendo obrigatoriamente furos de visita na primeira fiada de cada coluna grauteada, como mostram as Figura 19 (a) e (b).

Figura 19: (a) lançamento do graute e (b) furos de visita.



Fonte: REIS (2016).

2.5.4 Armadura

Segundo Ribeiro (2010) apud Reis (2016) a armadura na alvenaria estrutural tem como duas funções principais: função estrutural e construtiva.

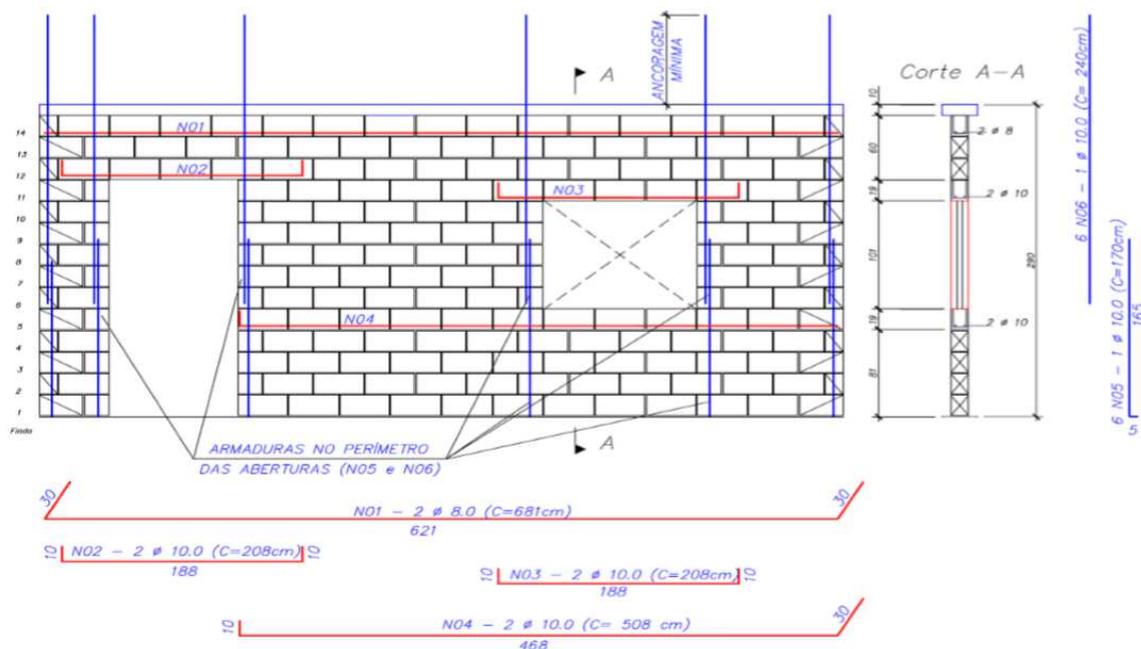
Na função estrutural são utilizadas armaduras onde ocorrem as concentrações de tensões: no perímetro das aberturas (portas, janelas etc.) e nos encontros de paredes (RAZENTE, 2004) com finalidade de resistir esforços de tração e cisalhamento. São dispostas verticalmente no interior dos blocos, que são posteriormente preenchido com graute.

Na função construtiva são utilizadas armaduras nas cintas de amarração superior (de respaldo), nas cintas intermediárias, nas vergas e contravergas e coxins. Podem ser dispostas horizontalmente ou verticalmente. Os componentes construtivos supracitados serão citados nos tópicos seguintes.

¹⁵ ABNT NBR 8798:85- Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.

A Figura 20 mostra exemplos de armaduras construtivas e estruturais *ibidem* Razente (2004, p. 33): as linhas em vermelho (armaduras construtivas) são utilizadas nas cintas de amarração, na cinta intermediária e nas vergas; e nas linhas azuis estão representadas as armaduras verticais (estruturais) e seus respectivos transpasses.

Figura 20: Exemplo de elevação de parede com aberturas e detalhamento das armaduras.



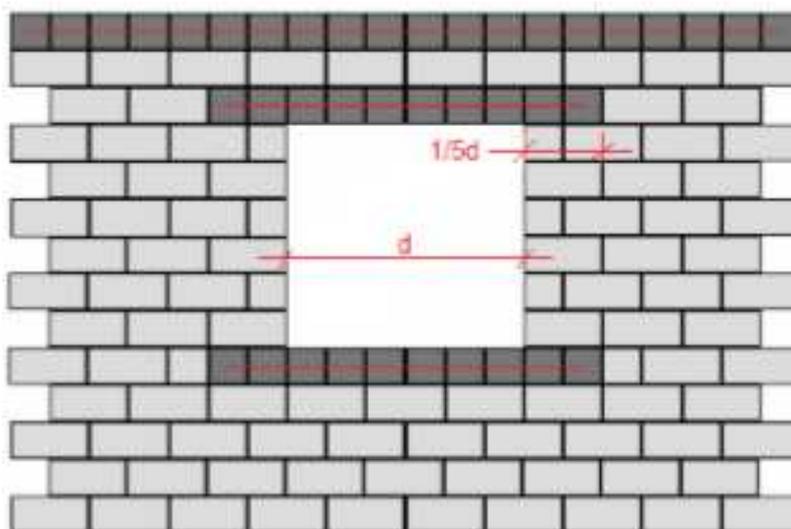
Fonte: RAZENTE (2004).

2.5.4.1 Vergas e contravergas

A NBR 15961-1:2011 define:

- **Verga:** viga sobre abertura de porta ou janela, que tem como principal função absorver esforços de flexão e evitar fissuras nas regiões próximas às aberturas, além de promover a distribuição das tensões concentradas nos cantos. Podem ser executadas em blocos canaleta tipo U ou ser empregadas peças pré-fabricadas de concreto (figura 21);
- **Contraverga:** de mesma execução e finalidade das vergas, porém posicionadas na última fiada antes da abertura (figura 21).

Figura 21: Verga e contraverga

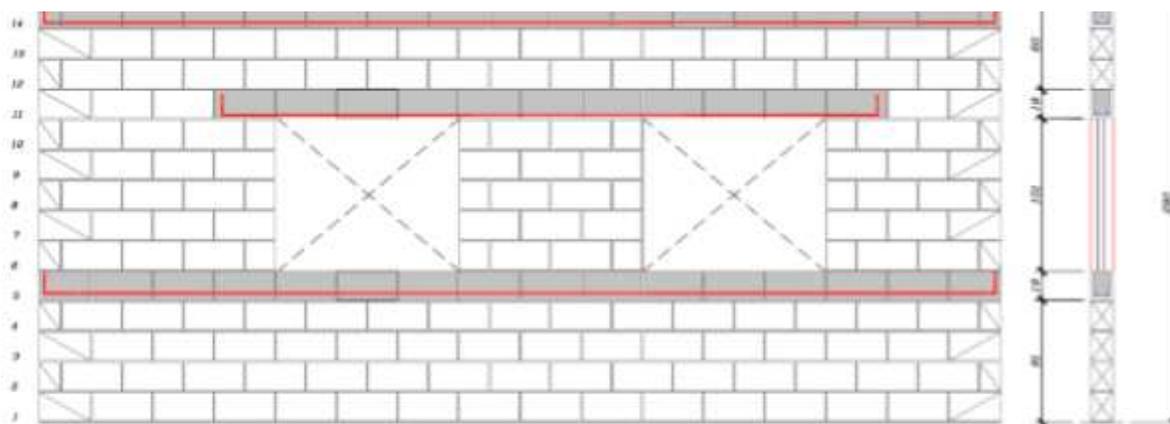


Fonte: TAUIL e NESSE (2010).

Como mostra a imagem, segundo Tauil e Nese (2010) as vergas e contravergas devem ser executadas com um traspasse de pelo menos 30 cm ou $1/5$ do comprimento da abertura em relação à face da abertura.

Quando acontecer o caso de vergas e/ou contravergas de duas esquadrias ficarem muito próximas, Mohamad (2017, p.136) sugere que se faça a união dos elementos, formando uma única verga, comumente chamada de cinta intermediária, tal como mostra a Figura 22.

Figura 22: Cintas intermediárias



Fonte: RAZENTE, (2004) p. 36 apud REIS (2016).

2.5.4.2 Cintas de amarração superior

Cintas de amarração superior ou cinta de respaldo são elementos estruturais apoiados sobre as paredes com a função de distribuir e uniformizar as cargas atuantes sobre as paredes de alvenaria (Figura 23). Funcionam como uma verga contínua prevenindo recalques diferenciais que não tenham sido considerados e auxiliam no contraventamento e amarração das paredes (LEMOS, 2016).

Figura 23: Cinta de amarração superior.

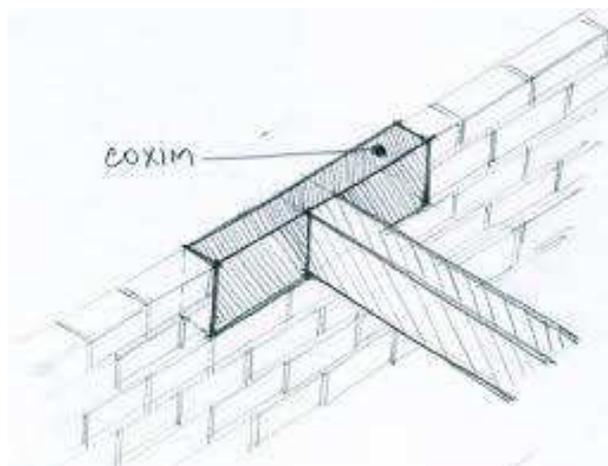


Fonte: NASCIMENTO NETO (1999 apud LIMA (2016)).

2.5.4.3 Coxins

A ABNT NBR 15961-1: 2011 define coxins como elementos com a finalidade de distribuir cargas concentradas nas alvenarias, como por exemplo, vigas que se apoiam sobre as paredes (Figura 24). Evitam o esmagamento e o aparecimento de fissuras nas alvenarias oriundas dessa carga concentrada e geralmente são executados em concreto armado (RIBEIRO, 2010).

Figura 24: Coxins



Fonte: KALIL E LAGGERINI (2009).

2.5.5 Ensaios de compressão axial

Para Silva (2013, p.24) “a alvenaria, ao desempenhar a função estrutural de uma edificação, se encontra submetida a um conjunto de solicitações. Porém, é fundamentalmente solicitada à compressão [...]”. Os ensaios em prismas e em paredes são utilizados para determinação da compressão axial da alvenaria, sendo o mais usual o ensaio em prismas devido ao elevado custo dos ensaios em paredes.

Para Sánchez (2013, p. 104), é importante salientar sobre esses ensaios que:

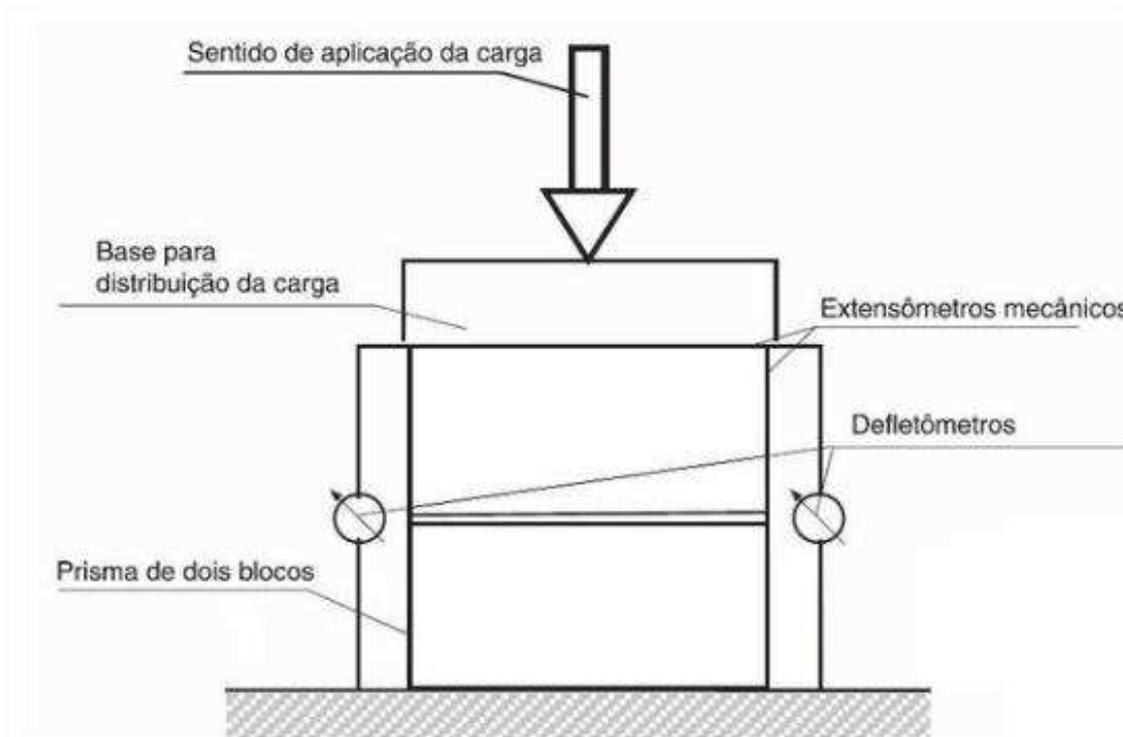
A alvenaria estrutural não armada pode ser considerada como um sistema formado por materiais distintos, que interagem para responder às cargas verticais e horizontais produzidas pelo peso próprio, vento e sismos durante sua vida útil, cuja natureza resistente é frágil à tração. Cabe salientar que o comportamento do conjunto depende não somente da qualidade de cada material empregado, mas também das interações físico-químicas que se processam entre eles. Assim sendo, deve-se tratar a parede de alvenaria estrutural não em função das características de seus materiais isoladamente, mas como um material compósito fruto da interação da unidade, da argamassa e, quando também usado, do graute.

De acordo com Ramalho e Corrêa (2007) os ensaios em prismas os mais usuais e difundidos pois são simples, baratos e eficientes, além de poderem ser feitos em laboratórios com poucos equipamentos ou também no próprio canteiro de obras utilizando apenas uma prensa manual. Já os ensaios em paredes de alvenaria são caros e não convenientes para a determinação da resistência a fins de projeto, exceto em circunstância especiais como pesquisas de laboratório para verificação de métodos analíticos (CAMACHO, 2006).

2.5.5.1 Ensaio em prisma

A norma de referência para controle tecnológico de blocos de concreto é a NBR 15961-2 /2011¹⁶. Esta norma define o prisma como a justaposição de dois ou mais blocos, unidos por juntas de argamassa com espessura de 10 ± 3 mm, tendo como resultados o valores de carga de ruptura individual e resistência à compressão axial do prisma oco e grauteado; da argamassa, graute e bloco. A Figura 25 mostra o os principais elementos utilizados no ensaio em prisma em que os defletômetros servem para índices de deflexão lateral do prisma e os extensômetros mecânicos servem para índices de deformação do prisma.

Figura 25: Principais elementos utilizados no ensaio em prisma.



Fonte: NALON (2016).

¹⁶ABNT NBR 15961- 2:2011 - Alvenaria estrutural - Blocos de concreto / Parte 2: Execução e controle de obras.

2.6 Projeto em alvenaria estrutural

2.6.1 Modulação e paginação

Partindo-se do pressuposto que as paredes na alvenaria estrutural assumem a mesma importância das vigas e pilares numa estrutura convencional, estas não podem sofrer alterações e/ou modificações sob o risco de comprometer a estabilidade e a resistência de toda a edificação (REIS, 2016).

Na alvenaria estrutural há uma grande interdependência entre os vários projetos (arquitetônico, estrutural, instalações) pois as paredes além de possuírem função estrutural são também um elemento de vedação, que pode conter elementos de instalações quaisquer (SILVA, 2013).¹⁷

Diante disso pode-se notar a importância da coordenação dimensional do projeto modular a fim de que em função das dimensões das unidades (blocos) seja possível arranjar arquitetonicamente compatibilizando todos os projetos (arquitetônico, estrutural, instalações), de modo que se reduza ao máximo os cortes ou ajustes necessários à execução das paredes.

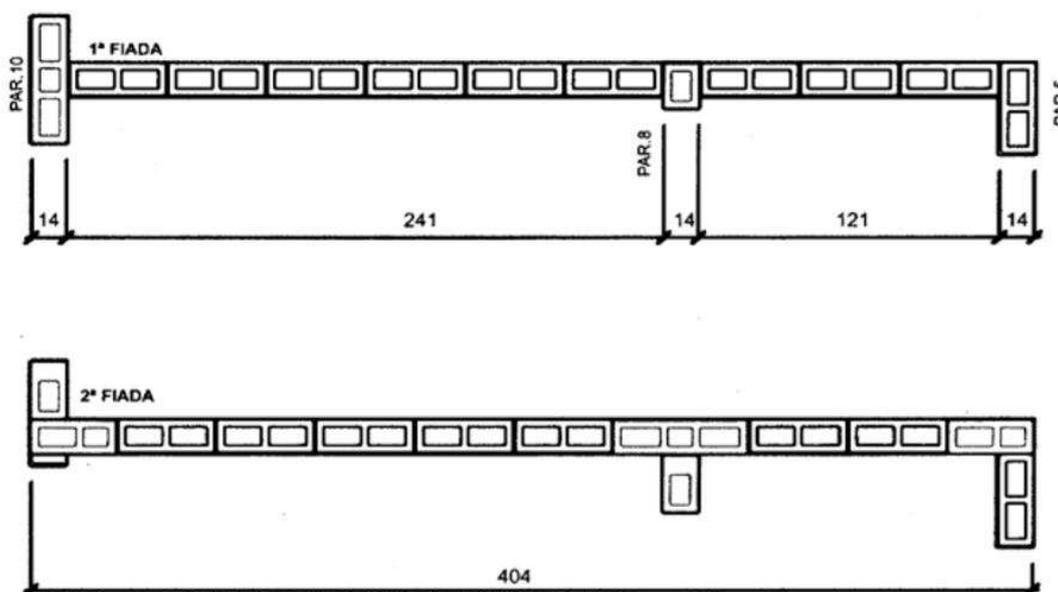
A coordenação modular consiste na concordância das dimensões horizontais e verticais da edificação com as dimensões da unidade básica. Esta unidade é definida por três dimensões: comprimento, largura e altura que segundo Lemos (2016):

O comprimento e a largura definem o módulo horizontal ou módulo em planta. Já a altura da unidade define o módulo vertical adotado nas elevações. É muito importante que o comprimento e a largura sejam iguais ou múltiplos, assim podemos ter um único módulo em planta, simplificando a amarração entre as paredes, resultando em uma melhor racionalização ao sistema construtivo.

Como citado no tópico 2.4.1.2, os blocos mais utilizados são os de módulo 15 e 20. Com isso as medidas das paredes devem ser múltiplas desses módulos, obtendo assim uma modulação adequada assim como mostrado na Figura 26 tendo a preocupação de especificar a primeira e a segunda fiada.

¹⁷ SILVA, Leandro Bernardo. *Patologias em alvenaria estrutural: causas e diagnóstico*. Monografia-Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

Figura 26: Modulação da alvenaria com bloco de módulo 15, família 39.

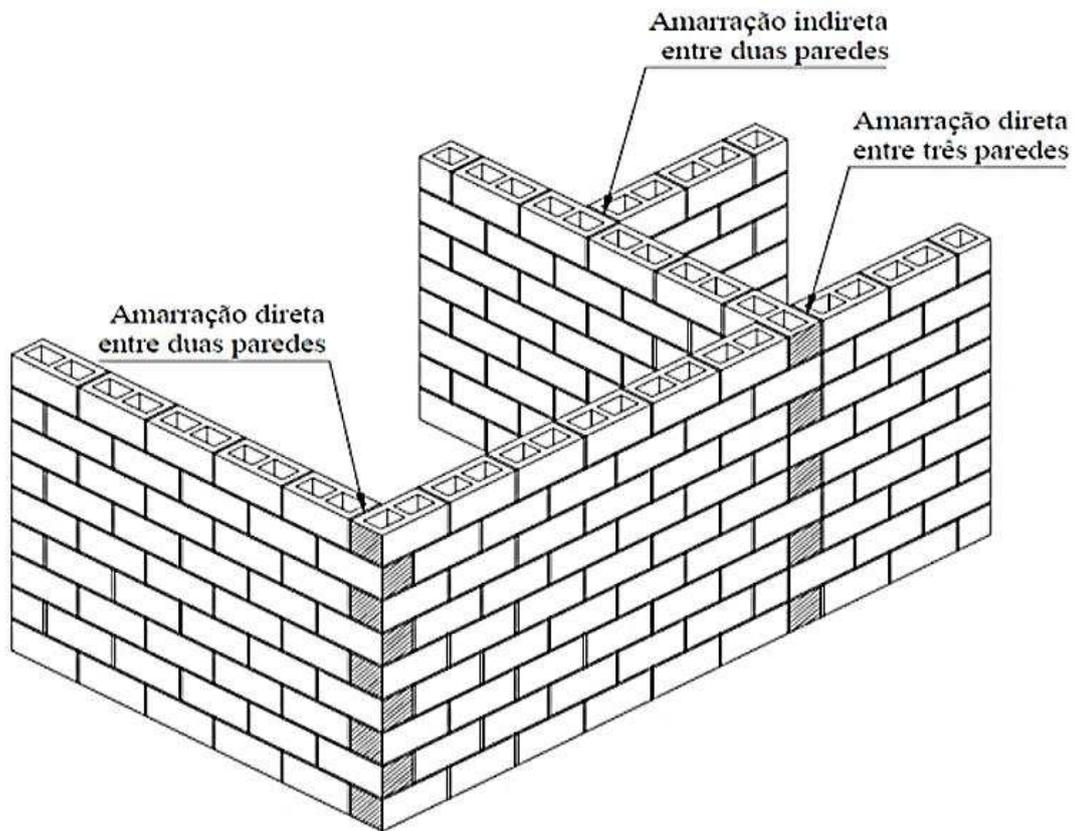


Fonte: PRUDÊNCIO, OLIVEIRA e BEDIM (2002).

A modulação vertical determina os vãos de janelas, portas e todas as demais interferências da edificação, como shafts, localização de instalações, espaços comuns no térreo, elevadores, posição de caixas d'água entre outros, tudo dimensionado para a medida modular da alvenaria (TAUIL, NESE, 2010). Sendo assim cabe ao projetista detalhar as alvenarias gerando plantas de primeira e segunda fiadas bem como a elevação de cada parede contendo: posição de cada bloco; existência de pontos hidráulicos e elétricos; vergas e contravergas; pontos de graute; e armaduras.

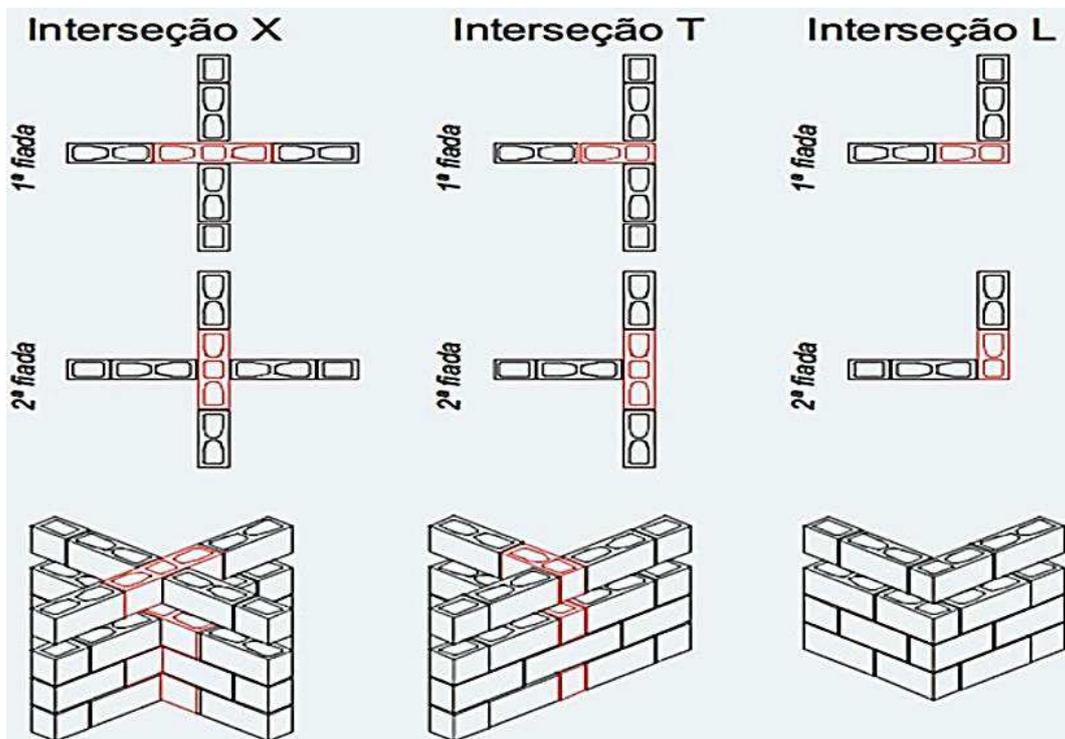
Ramalho (2014) apud Lemos (2016) cita que “o ideal é que a dimensão do comprimento do bloco seja múltipla da espessura, com isto evita-se o uso de blocos especiais e facilita-se a amarração das paredes”. A amarração entre as paredes se dá como citado no tópico 2.3.4 exemplificado na Figura 27, a seguir. Porém Sabbatini (2003) apud Silva (2013) recomenda que a união das paredes estruturais deve ser realizada preferencialmente por interpenetração com os blocos contrafiados, ou seja, por amarração direta. A Figura 28 exemplifica 3 tipos de interseção entre paredes: X, T e L.

Figura 27: Método de amarração direto e indireto.



Fonte: PRUDÊNCIO, OLIVEIRA e BEDIM (2002).

Figura 28: Exemplos de amarração direta.



Fonte: ROMAN et al (2003 apud SILVA (2013)).

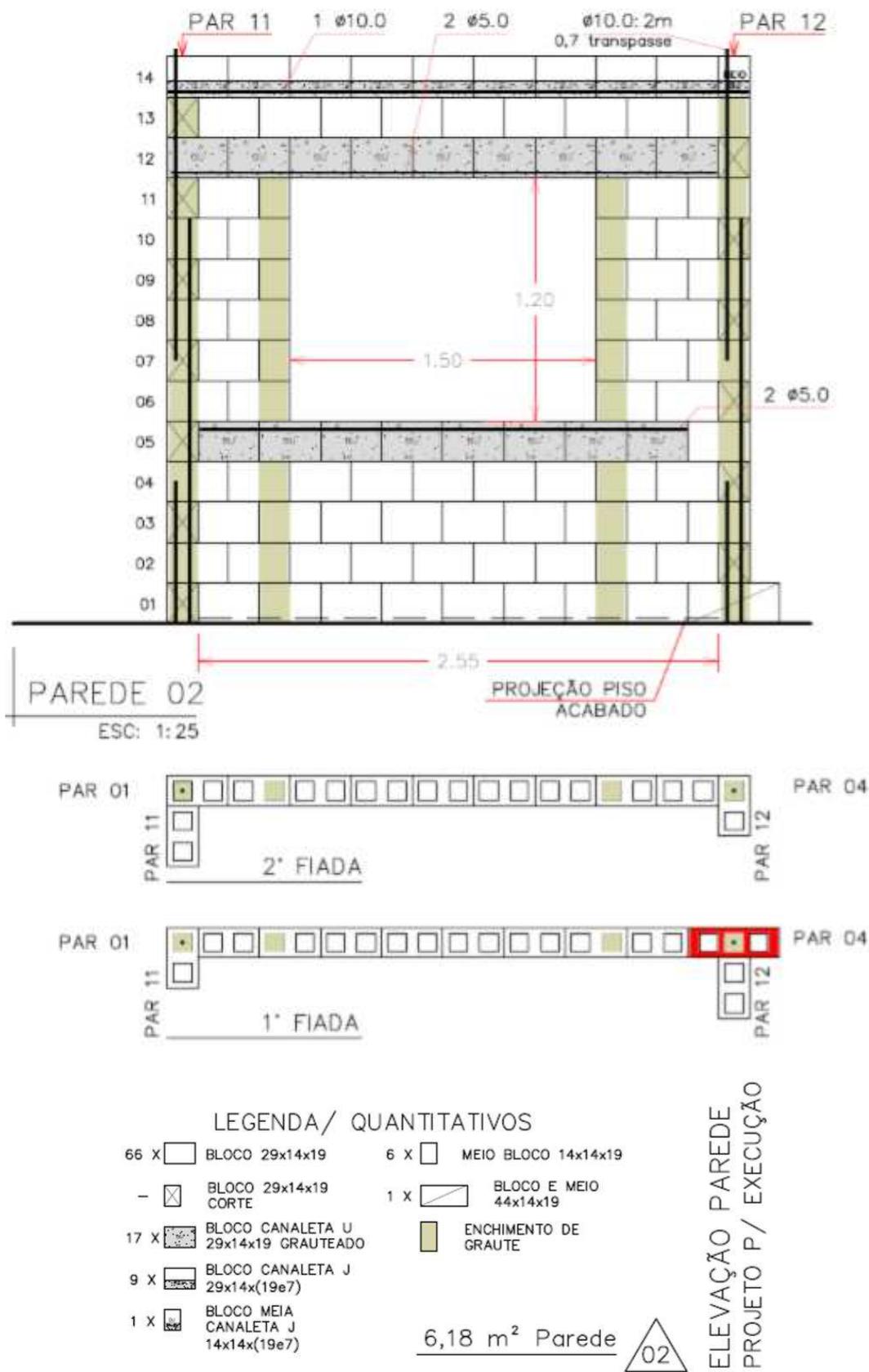
2.6.2 Elevações

Os projetos de elevações são desenhos técnicos detalhados que representam as vistas frontais de todas as paredes. Segundo Manzione (2004, p. 44) apud Reis (2017, p.70) ao elaborar os desenhos das elevações, deverão ser apresentadas as seguintes informações mínimas afim de se facilitar a correta leitura dos projetos:

- Identificação com cores diferentes dos blocos especiais e dos compensadores;
- Representação colorida das tubulações elétricas e caixas de passagens/tomadas e interruptores;
- Cotas dos níveis dos pavimentos e a espessura das lajes;
- Indicação dos pontos de graute com textura e coloração diferenciada;
- Indicação das barras de aço verticais e horizontais;
- Indicação das canaletas, cintas de amarração, vergas/contra vergas, etc;
- Legenda e tabela com resumo de quantitativo de material.

As informações anteriores estão exemplificada, a seguir, na Figura 29, um projeto de elevações de alvenaria com seu respectivo detalhamento.

Figura 29: Projeto de elevação de alvenaria com detalhamento.



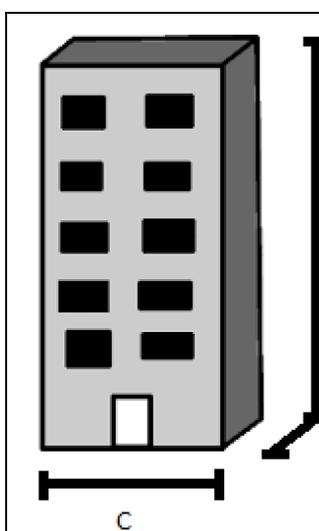
Fonte: RIBEIRO (2010).

2.6.3 Forma do prédio

No projeto arquitetônico em alvenaria estrutural, a forma do prédio é condicionada pelo sistema construtivo, isto é, a distribuição das paredes portantes e a forma da edificação devem ser suficientemente rígidas para resistir a esforços horizontais como a ação de vento (MOHAMAD, *et al.*, 2017).

Gallegos (1988) apud Mohamad (2017) faz algumas recomendações para relações dimensionais que visam maior robustez à edificação. A seguir, na Tabela 7, estão a relação entre os efeitos de forma e da altura de uma edificação na rigidez do prédio, levando-se em conta o comprimento (C), largura (L) e a altura (H).

Tabela 7: Efeitos de forma e altura na rigidez do prédio.



RELAÇÃO	$\frac{C}{L}$	$\frac{H}{L}$
IDEAL	1	≤ 1
ACEITÁVEL	≤ 4	≤ 3
RUIM	> 4	> 3

Fonte: Adaptada de GALLEGOS (1988) e DRYSDALE (1994) apud MOHAMAD, *et al.* (2017).

Pode-se notar que em edificações baixas e com formato cúbico, há pouca influência da ação do vento, logo, elas são mais rígidas, já as edificações mais altas, finas, com balanços ou pavimentos escalonados são menos rígidas e, portanto, menos eficientes (MOHAMAD, *et al.*, 2017).

2.6.4 Projetos complementares

“Em um sistema construtivo racionalizado, é inconcebível a hipótese de se rasgar paredes estruturais para a passagem de instalações. Essas práticas aplicadas às alvenarias de vedação devem ser eliminadas” (MOHAMAD, *et al.*, 2017) devido ao fato de que rasgos reduzem a espessura da parede, que na alvenaria estrutural, constitui a própria estrutura resistente.

Na concepção de uma construção nesse sistema construtivo é muito importante se integrar todos os projetos de forma a racionalizar a execução do empreendimento.

2.6.4.1 Instalações elétricas

O projeto elétrico é composto de instalações e tubulações de eletricidade, telefonia, interfones, antena coletiva, alarmes entre outros. De acordo com Prudêncio Jr. *et al.* (2002) apud Reis (2016):

Como as paredes assumem o papel de elementos portantes na alvenaria estrutural, não é permitido cortes ou rasgos nos blocos para a passagem de eletrodutos, pois compromete o desempenho estrutural do componente. Fato que justifica o emprego de descidas em cada ponto de força ao aproveitar-se o vazado dos blocos para a passagem das mangueiras.

Portanto, a instalação elétrica deve ser distribuída pela laje e embutida na alvenaria, verticalmente, nos furos existentes do bloco assim como mostra a Figura 30.

Figura 30: Instalação elétrica embutida verticalmente nos furos do bloco ainda em assentamento.



Fonte: Disponível em <https://www.artcasa.com.br/2019/03/04> (Acesso em 04/11/19).

Para a instalação dos pontos elétricos (tomadas e interruptores), existem blocos especiais, anteriormente citados no tópico 2.4.1.3 “Blocos especiais”, para que nestes sejam previamente instaladas, evitando rasgos.

Porém, de acordo com Mohamad, *et al.*, (2017) em razão do custo do bloco especial ser maior e demandar maior racionalização na posição correta dos mesmos,

muitas vezes opta-se por utilizar o bloco especial, fazendo-se posteriormente, o corte na obra.

2.6.4.2 Instalações hidrossanitárias

Segundo a NBR 15961-1(2011) é proibida a passagem de tubulações que conduzam fluidos dentro das paredes com função estrutural. De acordo com ROMAN *et al.* (2002) apud Silva (2013) esta proibição visa eliminar a possibilidade de haver quebras dos elementos estruturais na busca de vazamentos.

Sendo assim, as tubulações de água e esgoto devem ter seus percursos verticais através das paredes hidráulicas (paredes sem função estrutural) ou através de *shafts* hidráulicos. Na concepção de tal projeto, recomenda-se o agrupamento das instalações hidrossanitárias na mesma área, afim de que diminua-se a quantidade de *shafts* ou mesmo facilite o compartilhamento de paredes hidráulicas.

2.6.4.2.1 Shafts

A adoção de *shafts* é uma ótima alternativa para evitar rasgos de paredes ou embutimento de dutos e canos em paredes estruturais, facilitando, inclusive, na manutenção das instalações. A seguir, a Figura 31, exemplifica um *shaft* com esperas em alvenaria e fechamento removível feito com placas de gesso.

Figura 31: Shaft hidráulico.



Fonte: MOHAMAD, et al (2017, p.111).

2.6.4.2.2 Tubulação de piso

A tubulação embutida no piso é uma forma de evitar rasgos da alvenaria, tendo a laje responsável por acomodar toda a passagem da tubulação de distribuição de água e tubulação de coleta de esgoto que, por fim, são ocultadas pelo forro de gesso no pavimento inferior. A seguir, a Figura 32 exemplifica um *shaft* totalmente fechado e sua tubulação de piso.

Figura 32: Tubulação de piso.



Fonte: Disponível em <http://www.engenhariadecriacao.com.br/alvenarias-estruturais/alvenaria-estrutural-com-blocos-de-concreto/alvenaria-estrutural-em-blocos-de-concreto-preco-residencial-sete>. (Acesso em 04/11/19).

2.6.5 Juntas verticais e horizontais

As juntas horizontais são parte da estrutura tanto quanto o bloco, unidade básica da alvenaria, logo, suas dimensões e características devem ser implementadas conforme as normas NBR 15812-2:2010 e NBR 15961-2011 para proporcionar o melhor desempenho da parede portante resistindo aos seus respectivos esforços estruturais.

Segundo Roman, et al. (1999) apud Mohamad, et al. (2017):

Pode-se melhorar a resistência da alvenaria diminuindo a espessura das juntas, mas valores menores que 1 cm não são recomendáveis, pois a estrutura se tornaria muito rígida, favorecendo o aparecimento de

fissuras por concentração de tensões. Além disso, as juntas não conseguiriam absorver as imperfeições das unidades.

Ibdem Mohamad, *et al.* (2017), as juntas horizontais devem ser completamente preenchidas, caso estas sejam incompletas, podem reduzir a resistência à compressão da alvenaria. Já o não preenchimento das juntas verticais tem pouca influência na resistência à compressão, mas afeta a resistência à flexão e ao cisalhamento da parede. A seguir, o Quadro 7 mostra as vantagens e desvantagens entre o argamassamento só nas paredes longitudinais e o argamassamento total.

Quadro 7: Junta seca e junta total.

Juntas horizontais (junta seca)	Juntas horizontais e verticais (junta total)
Menor uso de material;	Solidarização do conjunto;
Maior rapidez de execução;	Menor permeabilidade;
Maior permeabilidade à água;	Maior aderência;
Menor aderência;	Maior resistência À compressão;
Menor resistência à compressão;	Maior gasto com material;
Falta de monoliticidade;	Execução lenta e desperdício;

Fonte: Adaptado de MOHAMAD, *et al.* (2017).

2.6.6 Juntas de dilatação

“A junta de dilatação é um espaço deixado entre duas paredes estruturais a fim de permitir que aconteçam todas as movimentações necessárias aos materiais sem concentrar tensões entre os elementos estruturais “(MOHAMAD, *et al.*, 2017).

A NBR 15812-1 (2010) e a NBR 15961-1 (2011) definem que deve ser prevista junta de dilatação a cada 24 metros de edificação em planta ou conforme avaliação dos efeitos de variação de temperatura e expansão estrutural.

Ibdem Mohamad, *et al.* (2017) as juntas devem ser preenchidas com material deformante, como isopor, e suas extremidades vedadas com material impermeável e elástico. A seguir, a Figura 33 exemplifica junta de dilatação com isopor em execução.

Figura 33: Junta de dilatação em execução.



Fonte: SANTOS (2004).

2.7 Execução da alvenaria estrutural

A NBR 15961-2:2011 “Alvenaria estrutural – Blocos de concreto: Execução e controle de obras” estabelece os requisitos mínimos exigíveis para a execução e controle de obras no sistema construtivo de alvenaria de blocos de concreto.

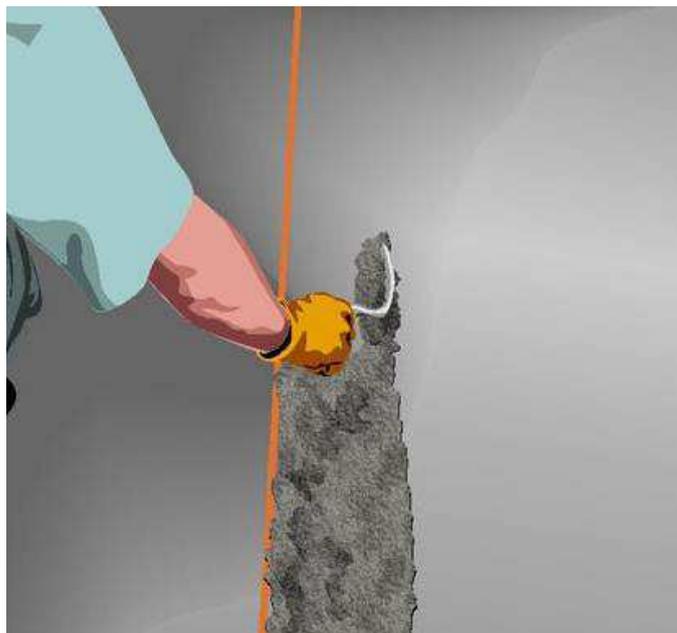
2.7.1 Ferramentas

Segundo RAMOS et al (2002) as ferramentas adequadas podem auxiliar no melhor desempenho da equipe de trabalho, tanto para obter melhor qualidade final do produto, quanto para aumentar a produtividade durante a sua realização.

A seguir são abordadas algumas das principais ferramentas utilizadas na execução da alvenaria estrutural citado por Silva (2013):

- **Colher de pedreiro:** a colher de pedreiro é utilizada para distribuir a argamassa de assentamento dos blocos da primeira fiada (Figura 34) e para aplicar a argamassa nas juntas transversais e retirar o excesso das mesmas. Deve-se evitar uso de colher de pedreiro para assentar blocos das demais fiadas (PAULUZZI, 2013).

Figura 34: colher de pedreiro utilizada na distribuição de argamassa de assentamento dos blocos de primeira fiada.



Fonte: ABCP PR4 (2012).

- **Palheta:** a palheta é utilizada para a aplicação de argamassa de assentamento nas paredes longitudinais das unidades (Figura 35).

Figura 35: Palheta utilizada no assentamento de argamassa.



Fonte: SILVA (2013).

- **Bisnaga:** segundo Mohamad, et al., (2017, p.147) a bisnaga é recomendada para assentamento de argamassa em juntas verticais (Figura 36).

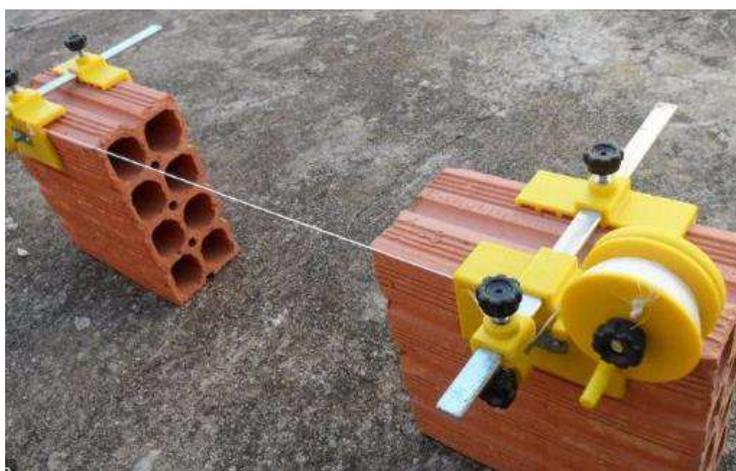
Figura 36: Bisnaga para assentamento de argamassa.



Fonte: ABCP PR4 (2012).

- **Esticador de linha:** tem como função manter uma linha de náilon esticada entre dois blocos estratégicos, definindo o alinhamento e nível dos demais blocos que serão assentados, comumente feito em obra artesanalmente, porém no mercado há esticadores de linha metálicos profissionais, como exemplificado na Figura 37 (SILVA, 2013).

Figura 37: Esticador de linha profissional.



Fonte: Disponível em https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-846715995-esticador-alinha-certo-cutwall-original-linha-de-pedreiro-_JM?quantity=1 (Acesso em 04/11/19).

- **Fio traçante:** barbante de algodão que é impregnado com pó colorido para marcação de paredes (Figura 38).

Figura 38: Fio traçante.



Fonte: ABCP PR4 (2012).

- **Argamassadeira:** utilizada para o transporte e manuseio de argamassa durante a realização dos trabalhos (Figura 39). Deve ser metálica ou de material não permeável para que não haja redução na perda de água da argamassa por absorção do recipiente. Além disso, deve ser ajustada na altura da cintura do pedreiro (ROMAN *et al*, 2002).

Figura 39: Argamassadeira metálica.



Fonte: ABCP PR4 (2012).

- **Régua de prumo e de nível:** usada para verificar o prumo e nível da alvenaria durante o assentamento do bloco (Figura 40). É também utilizada na verificação a planicidade da parede (SILVA, 2013).

Figura 40: Régua de prumo e de nível.



Fonte: ABCP PR4, 2012.

- **Esquadro:** usado na verificação e na determinação da perpendicularidade entre paredes na etapa de marcação e durante a execução da primeira fiada, ilustrado na Figura 41 (SILVA, 2013).

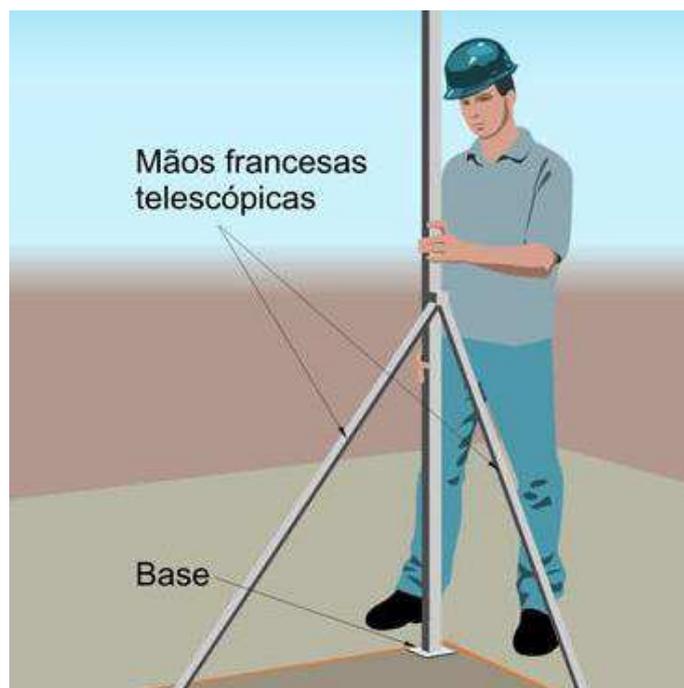
Figura 41: Esquadro metálico



Fonte: SCANMETAL (2013).

- **Escantilhão metálico:** peça metálica utilizada para auxiliar o assentamento da alvenaria proporcionando ao assentador da alvenaria condições de manter as paredes no prumo, alinhamento e com as fiadas niveladas (Figura 42). É fixado sobre a laje com auxílio de parafusos e buchas (SILVA, 2013).

Figura 42: ESCANTILHÃO METÁLICO.



Fonte: ABCP PR4 (2012).

- **Nível Alemão:** constituído por um tripé com um reservatório de líquidos e uma mangueira acoplada a uma régua de alumínio com escala móvel (Figura 43) possibilitando que uma única pessoa proceda a conferência dos níveis de diversos pontos da obra (SILVA, 2013). Este equipamento é pouco utilizado, embora recomendado, a mangueira de nível é mais usual em construções.

Figura 43: Nível alemão.



Fonte: Disponível em www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/4/contrapisos/execucao/74/contrapisos.html (Acesso em 04/11/19).

- **Andaime:** possuem a função de elevar o nível do operário no assentamento de blocos em fiadas muito elevadas garantindo conforto e segurança, bem

como também auxiliam na execução de grauteamento. Existem vários tipos de andaimes, metálicos e convencionais, que conforme exigências, podem vir com ou sem guarda-corpo. A Figura 44, a seguir, exemplifica um andaime metálico com guarda-corpo.

Figura 44: Andaime metálico com guarda-corpo.



Fonte: Disponível em <https://www.casadoconstrutor.com.br/equipamento/painel-metalico-andaime-1-m/> (Acesso em 04/11/19).

2.7.2 Técnicas e procedimentos para execução

Segundo Reis (2016) as primeiras etapas de execução de qualquer construção, independente do sistema construtivo, começam com a limpeza do terreno, a instalação do canteiro de obras e a execução de forma precisa das fundações.

Porém devem-se ter maiores cuidados com a correta locação e execução das fundações no sistema construtivo em alvenaria estrutural, visto que, um desvio em relação ao alinhamento das paredes implicará na geração de esforços adicionais que podem levar a uma série de patologias, o que nesse caso, justifica a adoção de tecnologias mais eficazes de marcação, como por exemplo, a utilização da estação total (PRUDÊNCIO JR., *et al.*, 2002).

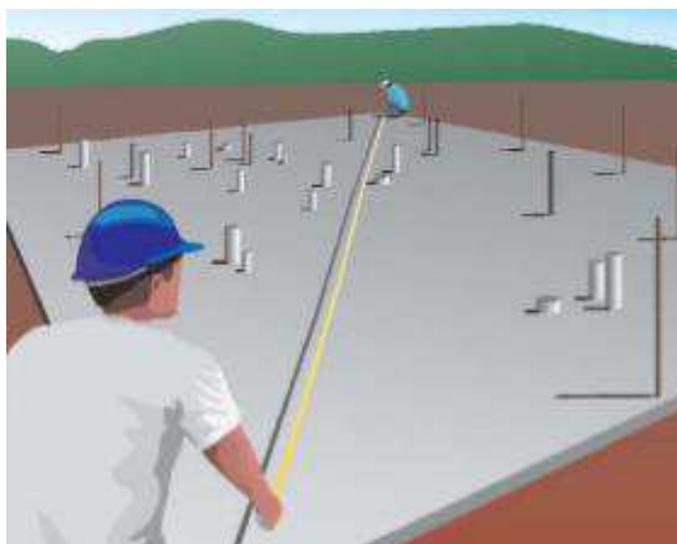
Lemos (2016) acrescenta que deve-se ter em mãos os projetos que especifiquem com precisão a posição dos blocos (plantas de primeira e segunda fiada), a amarração entre fiadas, as técnicas de união entre paredes, detalhes construtivos, posição e características dos vãos, entre outros detalhes para o correto assentamento dos blocos.

Ibdem Reis (2016):

Após a execução das fundações, as instalações e prumadas elétricas e hidrossanitárias são distribuídas e instaladas com base nas informações em projeto, executa-se então a laje ou contra-piso do pavimento térreo sempre verificando o respeito ao esquadro da obra. Essa verificação é feita através da medição da diferença entre as diagonais de um retângulo. Para cada 10 metros a diferença deverá ser menor ou igual a 5 mm entre as diagonais, significando que o pavimento se encontra em perfeito esquadro.

A medição das diagonais para verificação do esquadro é feito conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) na Práticas Recomendadas-4: Execução de alvenaria: marcação (PR4) como exemplificado na Figura 45.

Figura 45: Medição das diagonais para verificação do esquadro.



Fonte: ABCP PR4 (2012).

Após a medição das diagonais para verificação do esquadro, deve-se marcar a direção das paredes, vãos de portas e shafts com o auxílio do fio traçante e conferir a perpendicularidade por meio do esquadro (Figura 46).

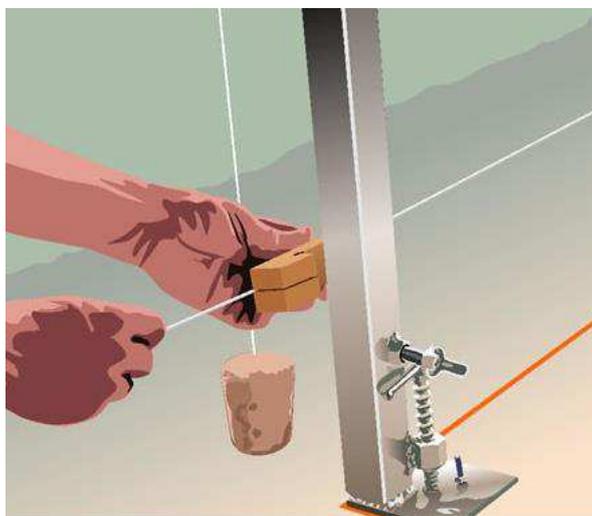
Figura 46: Marcação das direções e alinhamento das paredes com o fio traçante.



Fonte: ABCP PR4 (2012).

Após esta etapa, instala-se o escantilhão nos cantos das paredes perpendiculares para manter o nível determinado para cada fiada de blocos (Figura 47). Segundo Mohamad, *et al.*, (2017), para a primeira fiada, é importante determinarmos o ponto mais alto da laje ou da viga baldrame para a transferência de referência de nível. Para isso percorre-se o pavimento com o nível na direção das paredes a fim de detectar este ponto. Transfere-se esse nível para uma régua (sarrafo de madeira), na qual é realizada uma marca de 19,5 centímetros de uma extremidade inferior, correspondente ao assentamento do bloco e uma espessura mínima de 0,5 centímetros. Essa régua é chamada “régua de transferência de nível” ou “RTN”. Com o nível transferido para cada escantilhão, pode-se iniciar o assentamento.

Figura 47: Fixação dos escantilhões e demarcação de nível com o fio de náilon e prumo.



Fonte: ABCP PR4 (2012).

Após a fixação dos escantilhões e sua regulagem para obedecer à determinação dos níveis das fiadas, inicia-se a execução da elevação das alvenarias tendo o cuidado de limpar e umedecer a base para aplicar a argamassa de regularização da primeira fiada (Figura 48).

Figura 48: Umedecimento da superfície do pavimento para posterior assentamento de primeira fiada.



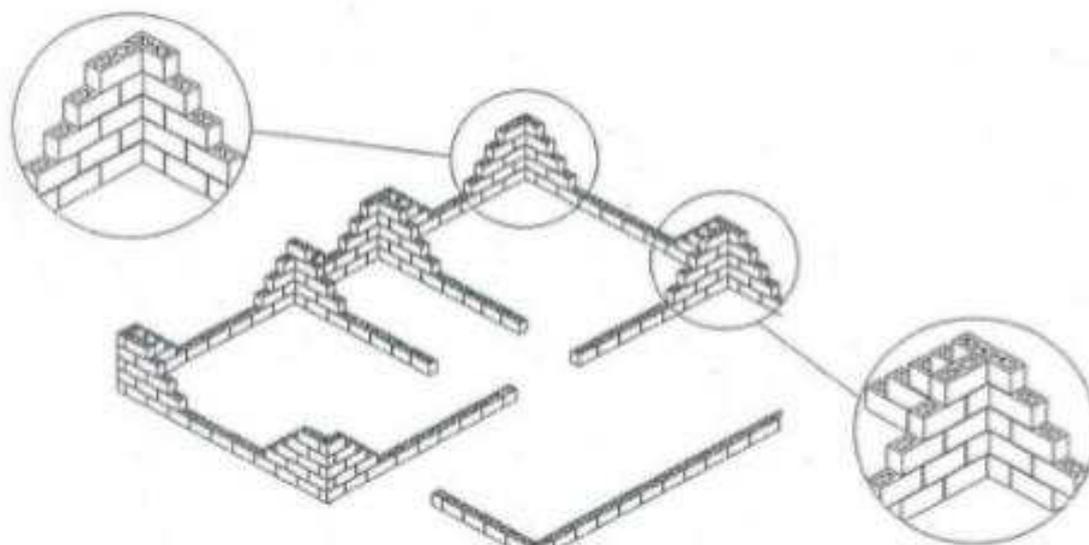
Fonte: ABCP PR4 (2012).

Com todas as marcações de alinhamento e nível ajustadas, inicia-se o assentamento dos blocos-chave, (blocos especiais de amarração que geralmente ficam no canto da edificação ou em locais estratégicos com vãos de portas e encontro de paredes). O posicionamento desses blocos obedecerá às coordenadas e cotas das plantas de primeira fiada, e devem respeitar o alinhamento e nível demarcados com os fios de náilon e o prumo vertical (REIS, 2016).

Depois da execução da primeira fiada ocorre à elevação da alvenaria usando como apoio os escantilhões, porém como nem todas as construções utilizam tal equipamento, fazem uso do método de apoio em castelos em todos os encontros de paredes, assim como ilustrado na Figura 49 (PRUDÊNCIO Jr., 2002).

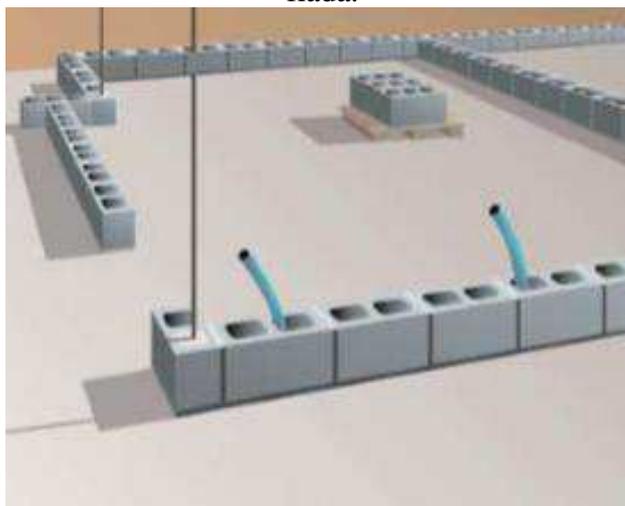
Após a colocação dos bloco da primeira fiada, inicia-se a execução da segunda fiada com o auxílio da sua respectiva planta obedecendo a modulação, paginação e amarração sempre atentando ao posicionamento dos eletrodutos e tubos das instalações elétricas e hidrossanitárias, bem como vãos de portas e *shafts* (Figura 50).

Figura 49: Elevação da alvenaria utilizando castelo como referência



Fonte: PRUDÊNCIO Jr., *et al* (2002).

Figura 50: Vãos de portas e posicionamento das instalações na execução de primeira fiada.



Fonte: ABCP PR4 (2012).

A NBR 15812-2:2010 cita que a falta de prumo e alinhamento na elevação da alvenaria não deve exceder 10 mm, além de atender a um limite de 2 mm por metro, medida essa com o intuito de evitar-se excentricidades adicionais de carregamento.

SABBATINI (2003) apud Silva (2013) apresenta algumas recomendações durante a execução da alvenaria estrutural:

- a) O assentamento não deve ser realizado debaixo de chuva. No caso de interrupção dos serviços devido à chuva, a alvenaria recém-executada deve ser protegida;

b) As unidades não devem ser molhadas durante a etapa de assentamento;

c) As alvenarias devem ser executadas com blocos inteiros. Não se deve cortar ou quebrar blocos para obtenção de ajuste durante a elevação da alvenaria;

d) As instalações devem ser todas em dutos embutidos nas paredes de alvenaria, nos vazados dos blocos. Pode-se fazer cortes de paredes para embutimento de pequenos trechos de tubulação, desde que previsto em projeto;

e) As prumadas elétricas e hidráulicas não podem estar embutidas nas paredes de alvenaria estrutural, devendo ser, preferencialmente, embutidas em shafts verticais, especificadamente projetados para esta finalidade;

RAMOS, *et al.* (2002) *ibidem apud* Silva (2013) também salienta que o número máximo de fiadas executadas durante um mesmo período deve ser limitado em seis por dia pois o peso da própria alvenaria pode comprometer a manutenção do prumo e a espessura das juntas pelo esmagamento das argamassas ainda mal curadas de fiadas inferiores.

Com relação ao grauteamento, recomenda-se:

- Sempre que possível, deixar pontos de visita para a conferência do preenchimento correto do graute, a fim de que não ocorram falhas no preenchimento dos blocos. (RAMOS, *et al.*, 2002).
- A altura de lançamento do graute deve estar limitada a metade do pé-direito por vez e a vibração deve ser feita preferencialmente de forma manual. Além disso, o prazo mínimo de grauteamento deve ser de 24 horas após a execução da alvenaria. (SABBATINI, 2003).

Além do exposto, Reis (2016) acrescenta que o operário, além destas recomendações, deverá ter o cuidado de proceder corretamente quanto à colocação da argamassa de assentamento nas paredes longitudinais, transversais e na cabeça dos blocos, além de seguir as instruções sobre blocos especiais elétricos, pontos de grauteamento, reforço com telas ou grampos, posicionamento dos compensadores e vãos de portas e janelas.

2.7.3 Erros e cuidados necessários para obras em alvenaria estrutural

A seguir serão apresentado erros construtivos na fase de execução da alvenaria estrutural e condicionantes importantes para entrega de um produto de boa qualidade.

2.7.3.1 Espessura e preenchimento das juntas vertical e horizontal

Para Silva (2013) uma das principais falhas na execução da alvenaria é a variação e o preenchimento irregular das juntas de argamassas na alvenaria (Figura 51). Como supracitado no tópico 2.5.5, as juntas verticais possuem papel importante na resistência à flexão e ao cisalhamento da parede e, as juntas horizontais à resistência à compressão, sendo que estas, quando não executadas corretamente, contribuem para o surgimento de patologias construtivas.

Figura 51: Preenchimento de juntas de forma inadequada.

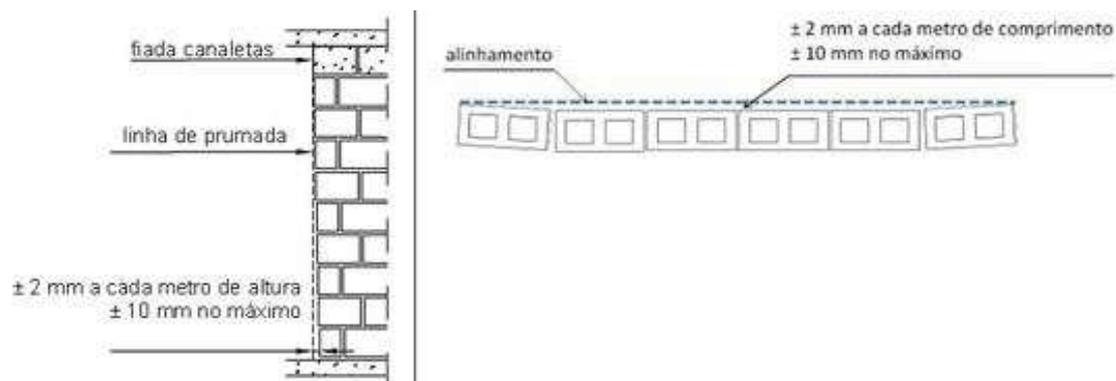


Fonte: POZZOBON (2003).

3.7.3.2 Desaprumo

O desaprumo é uma falha executiva que ocorre devido à falta de continuidade e verticalidade da alvenaria, acarretando assim, no surgimento de solicitações não calculadas devido as excentricidades consequentes da não verticalidade das paredes causando patologias na alvenaria. Segundo a NBR 15961-2:2011 o desaprumo e o desalinhamento das paredes não podem ser maiores do que 10 mm no mesmo andar, com um limite de 2 mm por metro, como exemplificado na Figura 52.

Figura 52: Limites máximos para o desaprumo e desalinhamento das paredes



Fonte: Disponível em <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/control/qualidade/10/control.html> (Acesso em 05/11/19).

2.7.3.3 Cortes na alvenaria

Os cortes posteriores na alvenaria são exemplos da falta de coordenação dos projetos, visto que, estes, quando bem planejados e executados utilizam os furos dos blocos para respectivas passagens dos dutos, caixas de passagens etc. Segundo Ramos, *et al.* (2002) tais cortes posteriores na alvenaria além de causar desperdício, provocam redução da resistência da alvenaria e, pode comprometer seriamente o seu desempenho da estrutura (Figura 53).

Figura 53: Exemplo de rasgos em alvenaria de bloco cerâmico.



Fonte: SOUZA (2011).

2.7.3.4 Grauteamento incorreto

Segundo Mohamad, *et al.* (2017) alguns cuidados devem ser observados no preenchimento dos furos com graute, como fluidez necessária e respeito à indicação do número de fiadas para o grauteamento, se a cada 3 ou 5 fiadas. Quando se deixa para

grautear apenas na última fiada, pode acontecer do graute não conseguir cobrir a armadura, como mostra a Figura 54.

Figura 54: Vazio mostrando as deficiências de concretagem da coluna de graute, deixando a armadura descoberta ou sem proteção.



Fonte: MOHAMAD, *et al.* (2017).

2.7.3.5 Ausência de ferramentas adequadas

Segundo Ramos, *et al.* (2002) a utilização de ferramentas adequadas à produção da alvenaria serve para dar mais agilidade na execução do serviço e manter o padrão de qualidade, porém, devem estar em bom estado de conservação.

2.7.3.6 Qualidade da mão-de-obra

Ibdem Ramos, *et al.* (2002) a mão-de-obra despreparada tende a produzir paredes fora de prumo e desalinhadas, gerando cargas excêntricas, que reduzem a resistência da alvenaria. Ele cita que um desvio de 12 a 20 mm em excentricidade implica uma diminuição de resistência da parede entre 13 e 15%.

Camacho (2006) apud Silva (2013, p. 32) exemplifica que em um estudo comparativo realizado pelo “National Bureau of Standards”, entre uma mão-de-obra considerada comercial e outra especializada, utilizando-se tijolos de resistência entre 20 e 28 Mpa, as paredes construídas com a mão-de-obra especializada obtiveram resistências superiores às paredes construídas com a mão-de-obra comercial em torno de 60 e 80%.

2.8 Patologias em alvenaria estrutural

2.8.1 Considerações Iniciais

Patologia na construção civil é o estudo das manifestações patológicas (mecanismo de deterioração das construções) e suas causas, ou seja, estudo das falhas ou defeitos que comprometem uma ou mais funções da construção. Pode-se dizer que uma construção qualquer deve exercer as diversas funções para as quais foi projetada e atender às necessidades humanas, quando esta edificação passa a não cumprir estas finalidades, diz-se que ela apresenta patologias (IBAPE-RS, 2013).

Segundo Souza e Ripper (1998) a patologia das estruturas é um campo da engenharia das construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestações, consequência e mecanismos de ocorrências das falhas, bem como dos sistemas de degradação da estrutura. As estruturas afetadas por problemas patológicos, geralmente, apresentam sintomas como fissuras, eflorescência, manchas, flechas excessivas, corrosão de armaduras entre outros (MOHAMAD, 2015, p.190).

O comportamento mecânico dos diferentes tipos de alvenaria tem, em geral, uma característica em comum: baixa resistência à tração. A alvenaria como um todo possui baixa ductibilidade com consequente modo de ruptura frágil e, além disso, outro fator importante a se citar é o comportamento mecânico da alvenaria em relação a baixa resistência à tração na interface entre a argamassa e o bloco (MOHAMAD, 2015).

Segundo a NBR 13.752¹⁸ tem-se os seguintes conceitos utilizados para análise de manifestações patológicas conforme o Quadro 8.

¹⁸ ABNT NBR 13.752 - Perícias de engenharia na construção civil.

Quadro 8: Conceitos em estudos sobre manifestações patológicas.

TERMO	DEFINIÇÃO
Defeito	São anomalias que podem causar danos efetivos ou representar ameaça potencial de afetar a saúde ou segurança do dono ou consumidor, decorrentes de falhas do projeto ou execução de um produto ou serviço, ou, ainda, de informação incorreta ou inadequada de sua utilização ou manutenção.
Vícios	Anomalias que afetam o desempenho de produtos ou serviços, ou os tornam inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais ao consumidor. Podem decorrer de falha de projeto ou de execução, ou ainda da informação defeituosa sobre sua utilização ou manutenção.

Fonte: Adaptado da NBR 13.752.

Segundo Bauer (2006), as fissuras ocupam o primeiro lugar em sintomatologia em alvenarias estruturais de blocos vazados de concreto, podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da edificação. Neste trabalho são apresentados as principais causas de fissura, uma vez que o estudo de caso depende deste conhecimento teórico.

2.8.2 Origem das fissuras

Quando esforços solicitantes são maiores que a capacidade de resistência do material, a fissura surge com o intuito de aliviar tensões na estrutura. Quanto maiores forem as restrições impostas ao movimento dos materiais e mais frágeis estes forem, mais significativas serão a intensidade e a magnitude da fissuração (CORSINI, 2010).

Pode-se citar, de acordo com Silva (2013) que os principais fatores que contribuem significativamente para o surgimento de fissuras em estruturas de alvenaria estrutural são: recalques diferenciais de fundação; movimentações térmicas e higroscópicas; retração de blocos ou de outro elemento de concreto; sobrecargas de carregamento; deformações de elementos da estrutura; reações químicas; detalhes

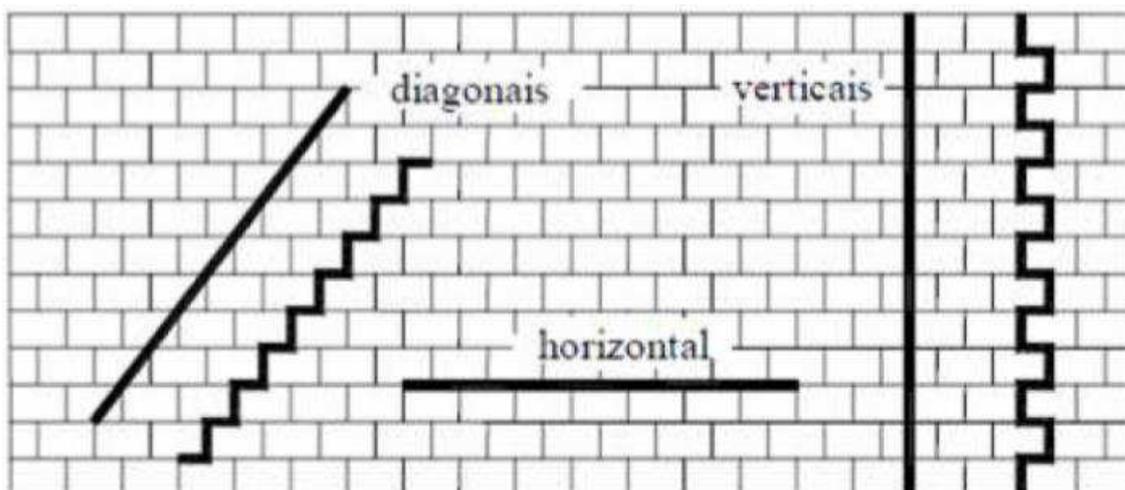
construtivos incorretos entre outros que serão abordados nos tópicos seguintes do presente trabalho.

2.8.3 Classificação das fissuras

Segundo Bauer (2006), as fissuras surgem em diferentes configurações comumente encontradas na alvenaria estrutural: fissuras verticais; fissuras horizontais; fissuras inclinadas ou; em combinação destas.

“As fissuras se manifestam de forma reta quando a resistência à tração da unidade é igual ou inferior a resistência à tração da argamassa e se apresenta de forma escalonada quando o bloco tem resistência à tração superior a da argamassa“ (THOMAZ, 1990 apud SILVA, 2013). A Figura 55, a seguir, exemplifica configurações típicas das fissuras conforme supracitado.

Figura 55: Configurações típicas das fissuras.



Fonte: SAMPAIO (2010).

As fissuras podem ser classificadas quanto sua atividade em ativas ou passivas, que, segundo Corsini (2010) apud Silva (2013, p.54):

As fissuras ativas (ou vivas) são aquelas que apresentam variações de abertura ao longo do tempo. Se essas variações oscilam em torno de um valor médio podem ser correlacionadas com a variação de temperatura e umidade. Logo, pode-se concluir que apesar de serem ativas não indicam ocorrência de problemas estruturais. Mas se elas apresentarem abertura crescente podem representar problemas estruturais, que devem ser determinadas por meio de observações e análise da estrutura. As fissuras passivas (ou “mortas”) são causadas por solicitações que não apresentam variações significativas ao longo do tempo, e podem ser consideradas como estabilizadas.

Conforme Zanzarini (2016) as fissuras ativas, em geral, são decorrentes de variações térmicas diárias e sazonais, que provocam variação dimensional nos componentes do edifício, estes movimentos de dilatação e contração são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os materiais, gerando tensões que podem provocar fissuras. Já quando as fissuras ativas que apresentam variação linear, podem ser consequência de recalques de fundações, por exemplo.

As fissuras também podem ser classificadas quanto sua abertura, como mostra a Tabela 8, segundo a NBR 9575:2010.

Tabela 8: Classificação das fissuras quanto a abertura.

Classificação	Abertura (a)
Microfissura	$a < 0,05\text{mm}$
Fissura	$0,05\text{mm} \leq a \leq 0,5\text{mm}$
Trinca	$0,5\text{mm} \leq a \leq 1\text{mm}$

Fonte: adaptado da NBR 9575:2010.

2.8.4 Classificação das fissuras quanto às causas

2.8.4.1 Recalque diferencial de fundação

Para Roça (2014) “o recalque da fundação é a movimentação no plano vertical de toda ou parte (recalque diferencial) da fundação e conseqüentemente da edificação”.

Segundo Pilz, *et al.* (2009) *apud* Silva (2013, p.57), entre os principais manifestações patológicas geradores de fissuras, a mais graves são provenientes de recalques diferenciais em fundações.

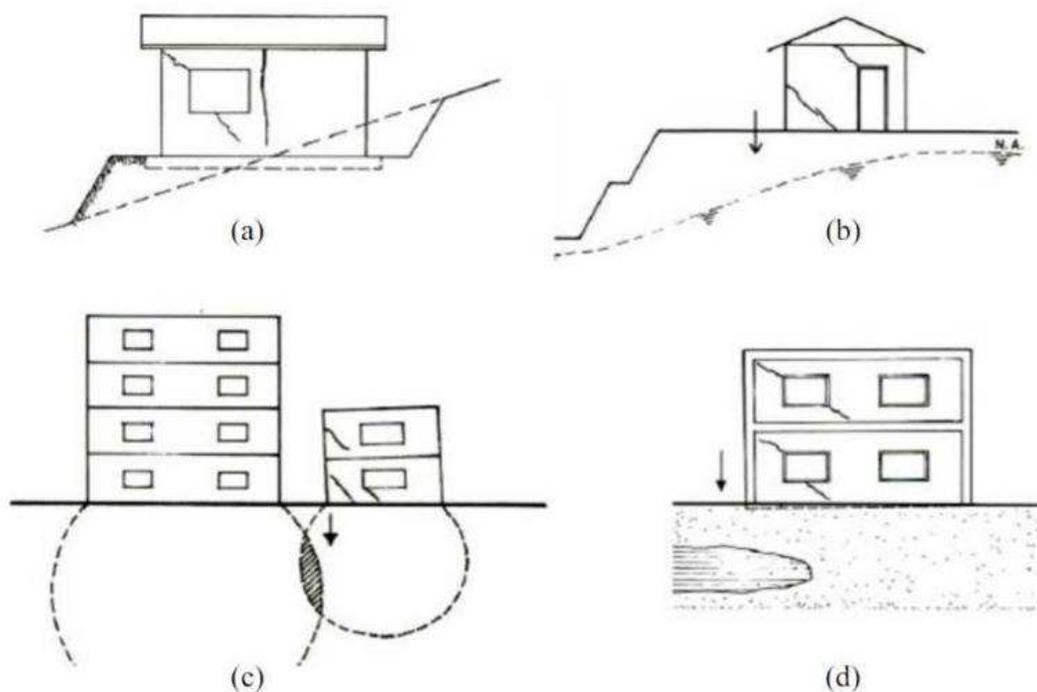
Quando uma fundação qualquer apresenta recalques uniformes (menor parte das vezes) não são inseridos esforços adicionais na estrutura, há apenas o comprometimento das possíveis ligações existentes: de água, esgoto, escadas e rampas. Porém, quando ocorrem recalques diferenciais nota-se o surgimento de fissuras devido aos novos esforços na estrutura (RIBEIRO, 2012 *apud* SILVA, 2013).

Segundo Thomaz (1989) *apud* Zanzarini(2016), recalques diferenciais podem ser causa de diversos fatores, dentre os quais pode-se citar:

- Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro (Figura 56-a);
- Rebaixamento do lençol freático em função de corte na lateral inclinada do terreno (Figura 56-b);

- Interferência no bulbo de tensões de um edifício menor em função da construção do edifício maior (Figura 56-c);
- Falta de homogeneidade do solo (Figura 56-d).

Figura 56: Fatores que causam recalques diferenciais em fundações.



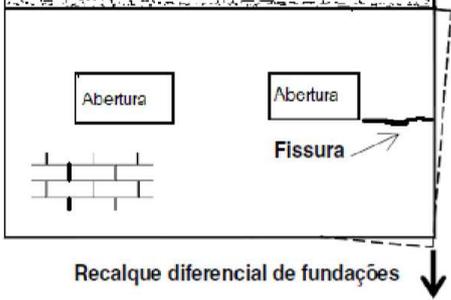
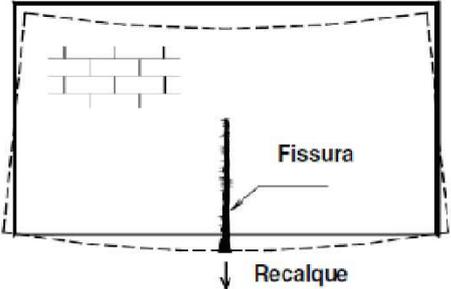
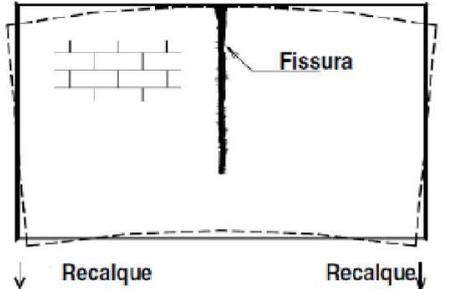
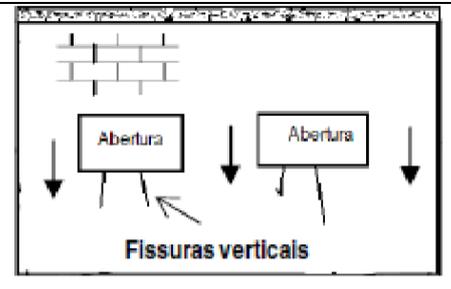
Fonte: THOMAZ ((1989) apud ZANZARINI (2016)).

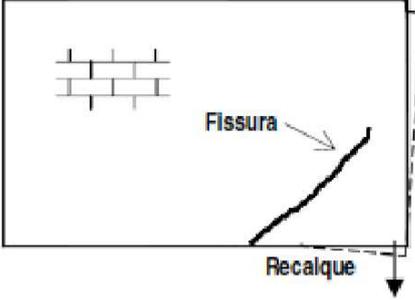
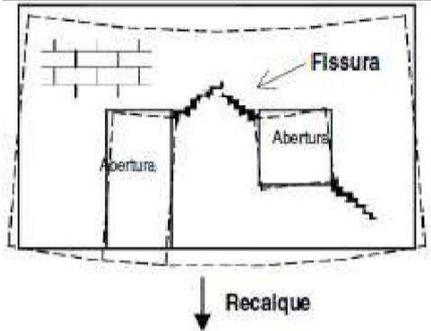
A seguir, estão listadas algumas características relevantes das fissuras devido recalques diferenciais em fundações, citadas por Silva (2013):

- São geralmente inclinadas e se propagam “deitando” em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque (THOMAZ, 1989);
- Afetam com maior frequência o pavimento térreo da edificação (DUARTE, 1998);
- Desenvolvem-se em direção vertical ou diagonal, apresentando variação da abertura ao longo do comprimento (JUNIOR, 2002).

A seguir conforme Zanzarini (2016), no Quadro 9, é mostrado algumas configurações típicas de fissuras devido recalque de fundação e suas possíveis causas.

Quadro 9: Resumo das configurações típicas de fissuras devido a recalque diferencial de fundação.

Recalque de fundações	Configurações típicas de fissuras	Possível causa
 <p>Recalque diferencial de fundações</p> <p>Fonte: Duarte (1998).</p>	<p>Fissuras horizontais junto ao peitoril da janela.</p>	<p>Distorção angular em caso de alguma falha na fiada horizontal próximo ao peitoril da janela (DUARTE, 1998).</p>
 <p>Recalque</p> <p>Fonte: Grimm (1988).</p>	<p>Fissuras verticais em meio às paredes na região da base.</p>	<p>Deformação da viga de fundação (GRIMM, 1988).</p>
 <p>Recalque</p> <p>Recalque</p> <p>Fonte: Grimm (1988).</p>	<p>Fissuras verticais em meio às paredes na região do topo.</p>	<p>Recalque diferencial de fundação com maior amplitude nas extremidades (GRIMM, 1988).</p>
 <p>Fissuras verticais</p> <p>Fonte: Duarte (1998).</p>	<p>Fissuras verticais sob vãos de abertura.</p>	<p>Movimento diferencial das fundações ou por fundação contínua solicitada por carregamento desbalanceado provocando flexão negativa dos peitoris (DUARTE, 1998).</p>

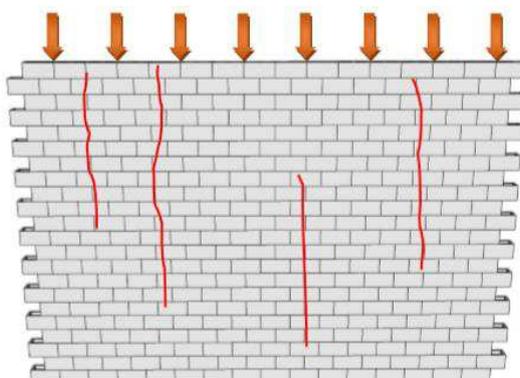
Recalque de fundações	Configurações típicas de fissuras	Possível causa
 <p>Fonte: Duarte (1998).</p>	<p>Fissuras inclinadas a partir dos cantos das paredes.</p>	<p>Recalque diferencial de fundação por falha de homogeneidade do solo (DUARTE, 1998).</p>
 <p>Fonte: Grimm (1988).</p>	<p>Fissuras inclinadas a partir das aberturas nas alvenarias.</p>	<p>Recalque de fundações de maior amplitude no centro (GRIMM, 1998).</p>

Fonte: ALEXANDRE (2008 apud ZANZARINI (2016)).

2.8.4.2 Sobrecarga de carregamento

As fissuras causadas por carregamento excessivo de compressão são, em geral, verticais. A argamassa, ao ser comprimida, deforma mais que os blocos, transmitindo esforços laterais de tração, seccionando os componentes da alvenaria quando a resistência à tração dos blocos é igual ou inferior à da argamassa (Figura 57), (MOHAMAD, 2015).

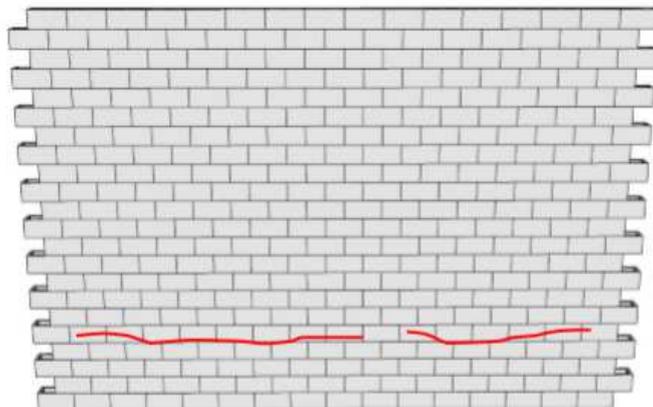
Figura 57: Fissuras verticais devido à sobrecarga de carregamento.



Fonte: ROÇA (2014).

Quando as fissuras se apresentam sob configuração horizontal (Figura 58), podem ocorrer por: ao esmagamento da argamassa das juntas de assentamento ou; à sobrecarga vertical atuando axialmente ao plano da parede, devido a deformação da laje ou; à carregamentos excêntricos (MOHAMAD, 2015).

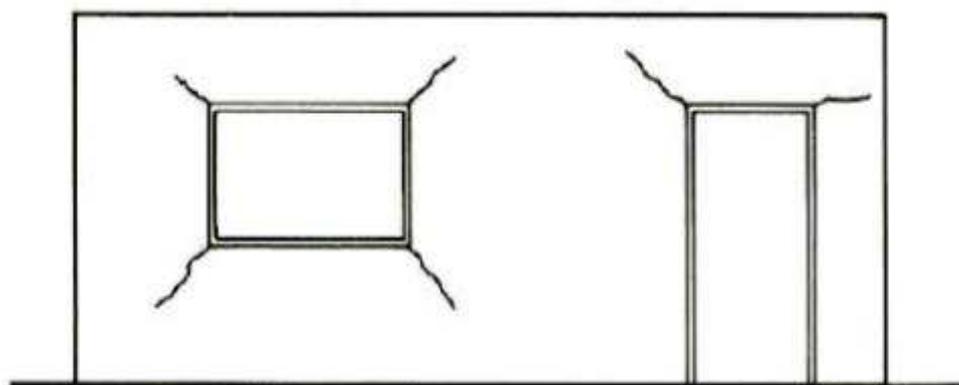
Figura 58: Fissuras horizontais devido à sobrecarga de carregamento.



Fonte: ROÇA (2014).

Segundo Mohamad (2015) a sobrecarga de carregamento também pode se apresentar em fissuras inclinadas quando há concentração de tensões nos contornos das aberturas, devido à sobrecarga vertical concentrada sem elementos que permitam a redistribuição das cargas, como vergas e contra vergas ou pontos de graute. Conforme Thomaz (1990) *apud* Silva (2013) as fissuras podem assumir diversas configurações próximas as esquadrias, porém é mais comum serem inclinadas, partindo do canto da abertura, assim como exemplificado na Figura 59.

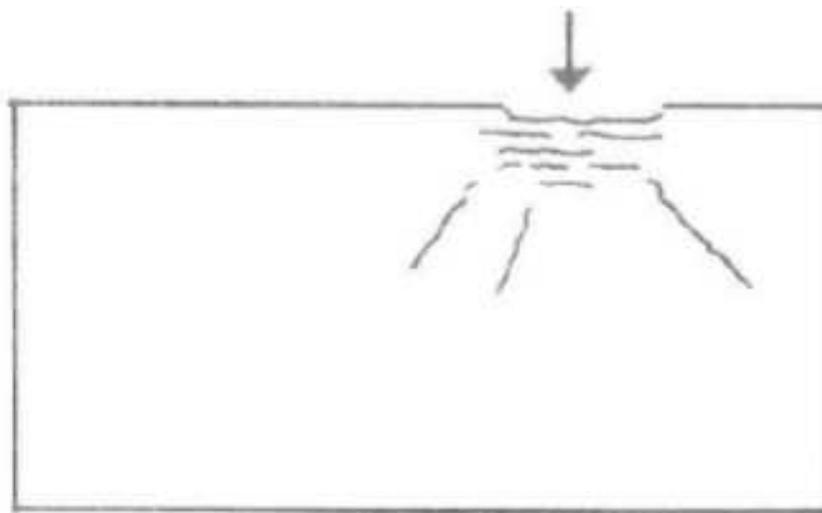
Figura 59: Fissuras inclinadas.



Fonte: THOMAZ E HELENE (2000).

Ibdem Thomaz (1990) *apud* Silva (2013) “a atuação de cargas concentradas também podem provocar a ruptura dos componentes de alvenaria, gerando o aparecimento de fissuras inclinadas, a partir do seu ponto de aplicação” (Figura 60).

Figura 60: Fissura inclinada provenientes de carga concentrada.



Fonte: THOMAZ (1990 *apud* SILVA, 2013)).

2.8.4.3 Movimentação térmica

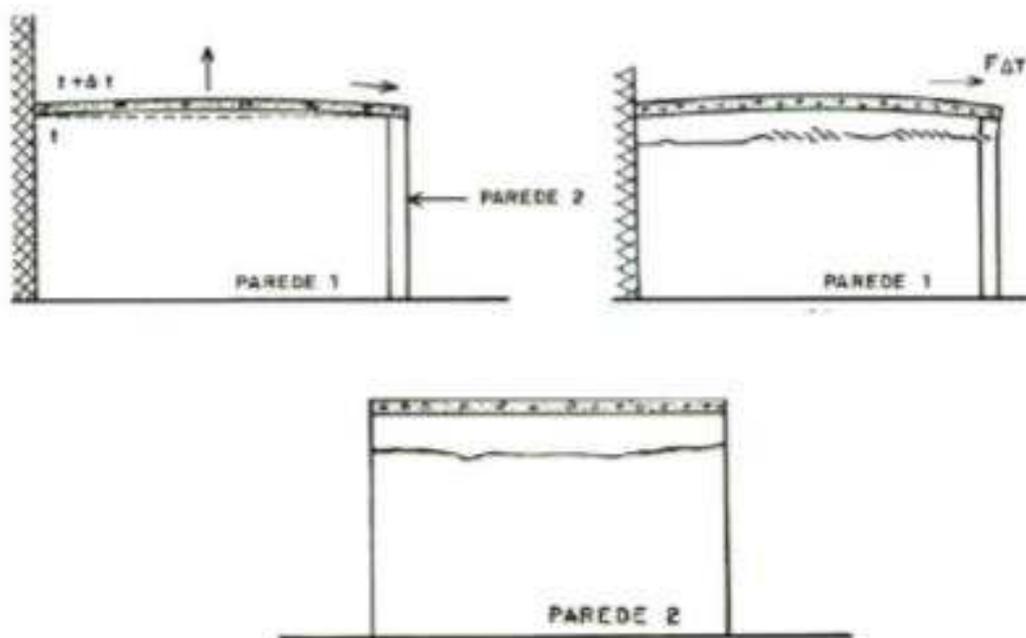
Segundo Thomaz (1990) *apud* Silva (2013) todos os componentes e elementos de qualquer construção estão sujeitos a variações dimensionais (dilatação ou contração), diárias ou sazonais (relacionada às diferentes estações climáticas do ano), devido à temperatura. Pode-se dizer que as movimentações térmicas de um material estão relacionadas tanto com as propriedades físicas dos materiais quanto ao gradiente de temperatura¹⁹.

Segundo Valle (2008) as principais fissuras provenientes de movimentações térmicas ocorrem devido à: junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, tal como por exemplo a argamassa de assentamento e os componentes de alvenaria; a exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas tal como a cobertura (recebe maior incidência de radiação solar em uma área plana maior) em relação as paredes da edificação e; diferentes gradientes de temperatura no mesmo componente, tal como pode-se citar o gradiente entre a face exposta e a face protegida de uma parede em alvenaria de uma fachada de uma edificação.

¹⁹ Gradiente de temperatura é uma grandeza utilizada para descrever a direção e a taxa de variação de temperatura em uma área em particular (SILVA, 2013).

Segundo Zanzarini (2016) “paredes externas e lajes de cobertura aquecem-se durante o dia e se resfriam durante a noite, provocando movimentos de dilatação e contração de forma periódica”. Thomaz (1989) ibdem Zanzarini (2016) acrescenta ainda que mesmo em lajes não expostas à incidência direta da radiação solar (lajes cobertas) ocorre os efeitos desses fenômenos devido parte da energia calorífica absorvida pelas telhas ser irradiada para a laje, além do fato de surgir o efeito estufa ocasionado pela retenção de calor nesse ambiente.

Figura 61: Movimentação da laje de cobertura devido à variação de temperatura.

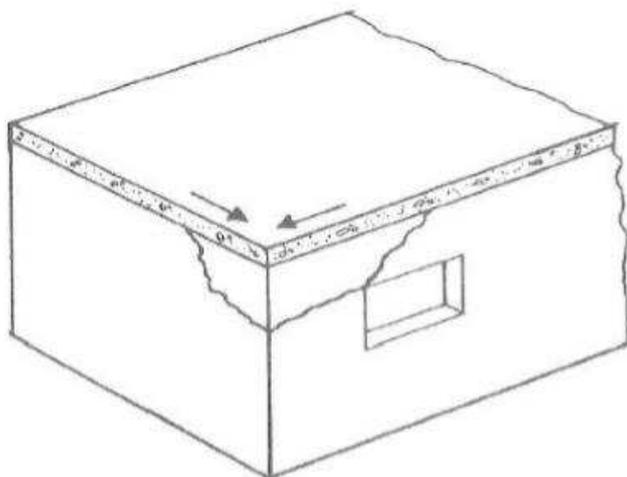


Fonte: adaptado de ARAÚJO E COSTA ((2010) apud MOHAMAD (2015)).

A Figura 616 expressa a movimentação da laje quando esta se dilata e sofre um efeito de abaulamento gerado pela diferença do gradiente de temperatura entre a face exposta à radiação solar e a face interna que possui um menor gradiente, gerando fissuras na cobertura. Segundo Roça (2014) as lajes de cobertura são as que sofrem os maiores efeitos da variação térmica dos materiais, uma vez que podem estar diretamente em contato com os raios solares ou, como é comumente utilizada, abaixo de um telhado, o qual acaba por formar um volume de ar aquecido por radiação do sol nas telhas. Essa movimentação da laje gera esforços de tração e cisalhamento no plano da parede ao qual ela está vinculada, conseqüentemente originando fissuras horizontais.

A Figura 62 exemplifica uma ilustração quando há uma situação em que as duas direções da laje deformam-se proporcionalmente, gerando fissuras inclinadas nos planos da parede.

Figura 62: Fissuras inclinadas em parede de alvenaria devido variação térmica da laje.



Fonte: MAGALHÃES (2004 apud SILVA(2013)).

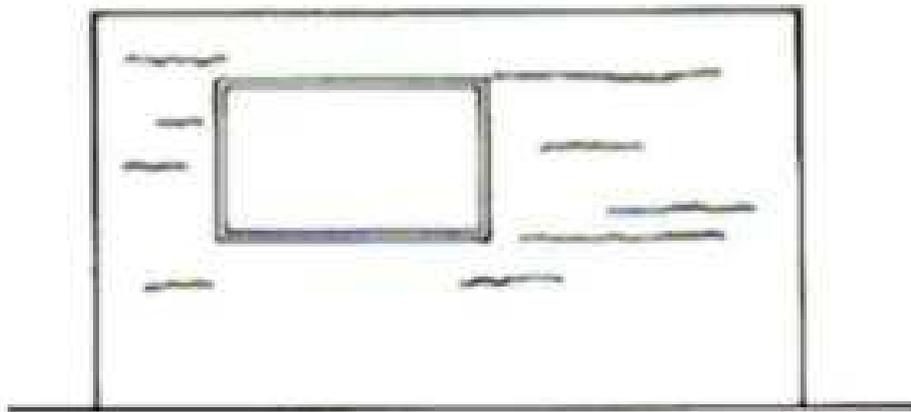
2.8.4.4 Reações químicas

Segundo Magalhães (2004) as fissuras decorrentes de reações químicas se apresentam, em geral, sob configuração horizontal. Estas ocorrem devido à expansão da junta de argamassa provocada pela alteração química de seus materiais constituintes.

Conforme Roça (2014) as reações químicas, principalmente as dos sais em presença de umidade, podem sofrer reações expansivas provocando fissuras nas paredes. Estas reações são mais propícias em regiões industriais ou regiões litorâneas com exposição a maresia.

Quando as argamassas de assentamento são feitas com cales mal hidratados, podem apresentar em sua composição grandes teores de óxido livre de cal e magnésio, que em presença de umidade (proveniente da percolação do solo advinda de chuvas, vazamentos, limpeza etc.) irá se hidratar e conseqüentemente gerar uma expansão que vai propiciar o surgimento de fissuras no revestimento, estas acompanham as juntas de assentamento dos elementos que formam a alvenaria como mostra a Figura 63 (MARCELLI, 2007). Portanto, segundo Richter (2007) *apud* Silva (2013), pode-se dizer que estas fissuras tem maior susceptibilidade de surgirem nas fachadas devido à incidência de umidade por infiltração de chuvas.

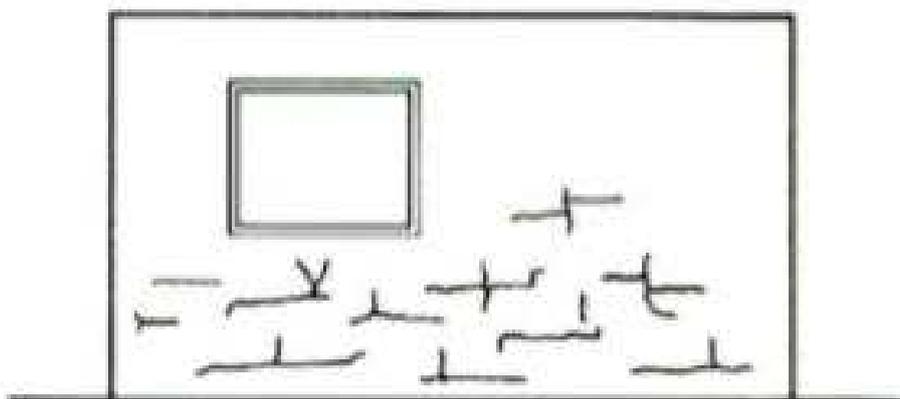
Figura 63: Fissura no revestimento devido à presença de sais expansivos.



Fonte: Adaptado de ARAÚJO E COSTA (2010 apud MOHAMAD (2015)).

Ibdem apud Silva (2013), Thomaz (2012) cita que nas juntas de assentamento “também pode ocorrer reações entre o aluminato tricálcico, constituinte dos cimentos (e presente nas argamassas), com sulfatos, formando o sulfo-aluminato tricálcico (etringita), que gera uma grande expansão na argamassa”. Os sulfatos podem ser absorvidos através: de águas contaminadas; componentes feitos de argila com alto teor de sais solúveis; do solo ou; umidade proveniente da lavagem de pisos e produtos usados na higiene pessoal. Em geral as fissuras acompanham as juntas de assentamento horizontal e vertical como mostrada na Figura 64.

Figura 64: Fissuras ocasionadas por reações químicas provenientes do ataque de sulfatos.



Fonte: Adaptado de ARAÚJO E COSTA (2010 apud MOHAMAD (2015)).

2.8.4.5 Retração

Segundo Alexandre (2008) apud Silva (2013) as fissuras por retração surgem devido à perda de água que está quimicamente associada no interior do concreto. Nesse sentido, estas fissuras segundo Thomaz apud Zanzarini (2016) se dão principalmente devido a fatores como:

- Composição química e finura do cimento: a retração tende a aumentar à medida que a finura do cimento aumenta;
- Proporção de cimento adicionada à mistura: quanto maior a adição de cimento, maior será a retração;
- Granulometria dos agregados: quanto maior a finura dos agregados, maior será a quantidade de pasta de cimento necessária para preencher os vazios e, portanto, maior será a retração;
- Quantidade de água na mistura: quanto maior a relação água/cimento, maior a retração no processo de cura;
- Condições de cura: falta de hidratação do concreto no processo de cura acentuará a retração.

“A deformação causada pela retração é mais acentuada em concreto novo. À medida que o concreto envelhece e sua resistência aumenta e a retração tende a diminuir.” (ZANZARINI, 2016).

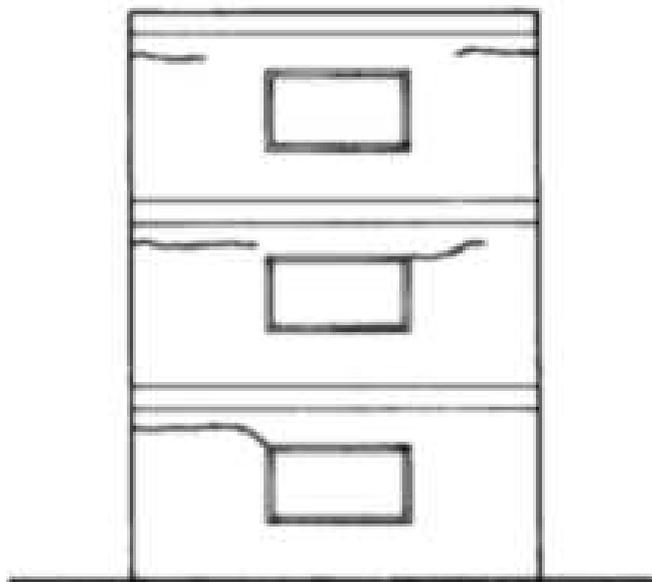
A retração é muito comum na argamassa de revestimento. Segundo Thomaz (1989 apud ALEXANDRE (2008)) vários fatores influenciam o surgimento dessas fissuras, tais como:

- Dosagem incorreta de aglomerantes como cimento e cal (cal hidratada atua na retenção de água, diminuindo a retração);
- Porcentagem de finos existentes na mistura;
- Teor de água de amassamento;
- Má aderência entre a argamassa e a base (ausência de chapisco);
- Espessura inadequada do revestimento de argamassa;
- Rápida perda de água para o ambiente durante o processo de endurecimento devido ao vento e insolação.

As fissuras devido retração são, em geral, horizontais e mais presentes nos últimos andares das edificações, pois a retração das lajes dos últimos andares se associam a movimentações causadas pela variação térmica (Figura 65). No entanto, quando a

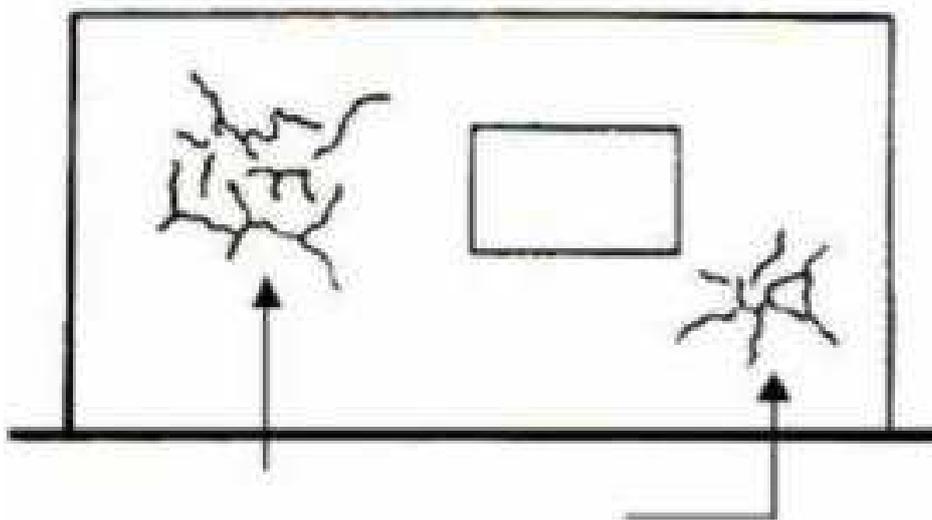
retração se dá na argamassa de revestimento, as fissuras se apresentam de forma irregular, as fissuras mapeadas (Figura 66).

Figura 65: Fissuras em parede externa, causadas pela retração de lajes intermediárias.



Fonte: ROÇA (2014).

Figura 66: Fissura mapeada, causadas pela retração da argamassa de revestimento



Fonte: THOMAZ (2000).

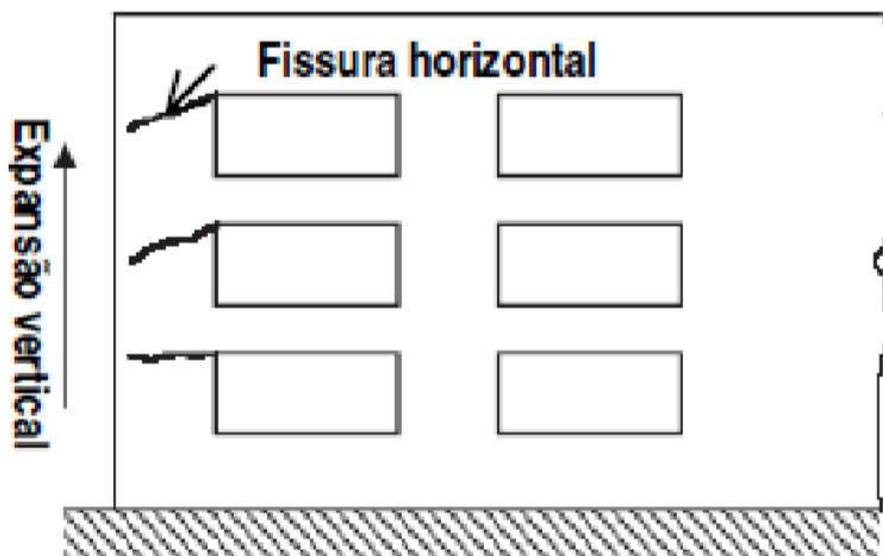
2.8.4.6 Movimentação higroscópica

Segundo Thomaz (1989 apud ZANZARINI (2016)) alterações de umidade provocam variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos de uma edificação. As trincas provocadas pela variação no teor de umidade dos materiais

são semelhantes às provocadas pelas variações de temperatura. As aberturas das trincas podem variar em função das propriedades higrométricas (capacidade de absorver água) dos materiais e da variação da temperatura ou da umidade.

A expansão da alvenaria na direção vertical pode levar ao aparecimento de fissuras horizontais próximo às aberturas das janelas (Figura 67), (HENDRY (2001) apud ALEXANDRE (2008)).

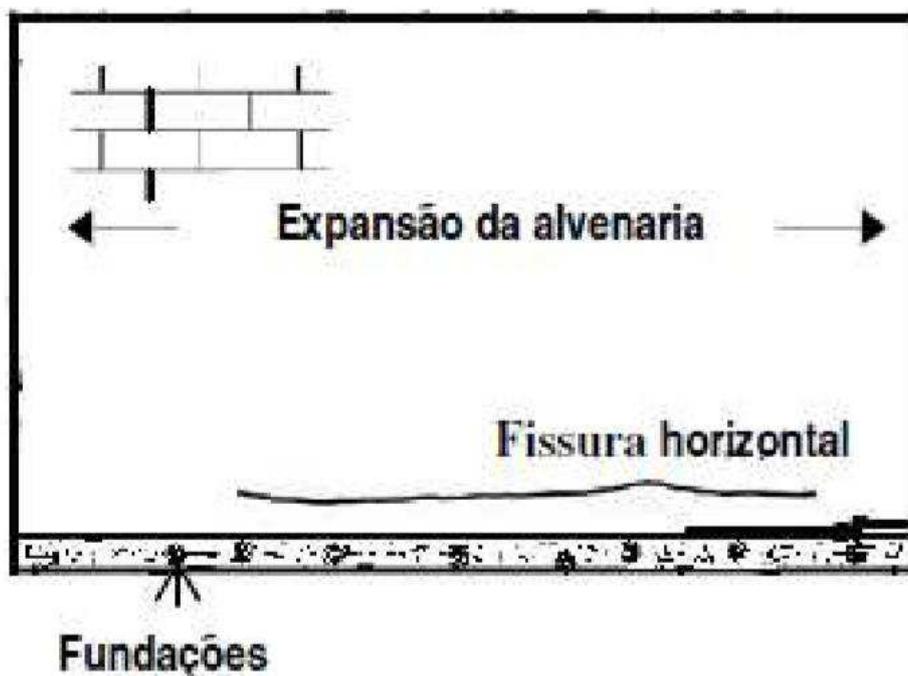
Figura 67: Fissuras horizontais provocadas por expansão vertical.



Fonte: ALEXANDRE (2008).

Ibdem Thomaz (1989 apud ZANZARINI (2016)) podem ocorrer fissuras horizontais na base das paredes em regiões onde o processo de impermeabilização inexistente ou foi mal executado em consequência dos componentes de alvenaria em contato direto com o solo absorverem umidade por percolação, apresentando movimentações diferenciais em relação às fiadas superiores sujeitas à insolação direta e com menor teor de umidade (Figura 68).

Figura 68: Trinca horizontal na base da alvenaria devido à umidade do solo.



Fonte: ALEXANDRE (2008).

Segundo o mesmo autor é também é comum à ocorrência de fissuras horizontais acima ou abaixo da interface esquadria/alvenaria devido principalmente a ocorrência de infiltrações e absorção diferencial de umidade devido falhas da função ideal de peitoris (Figura 69).

Figura 69: Fissura horizontal na interface peitoril/esquadria.



Fonte: MOCH (2009 apud ZANZARINI (2016)).

3 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa utilizada será de cunho exploratório e explicativo com abordagem qualitativa.

O trabalho possui caráter exploratório pois para o se alcançar os objetivos específicos propostos se fez necessário o embasamento teórico através de levantamento bibliográfico, isto é, pesquisas ao tema proposto através de livros, artigos científicos, monografias, dissertações, teses e outros. Possui também caráter explicativo pois tem como objetivo correlacionar as manifestações patológicas, identificadas através do levantamento de dados em campo, às suas possíveis causas.

A pesquisa propõe um estudo preliminar qualitativo por meio de conceitos coletados durante a revisão bibliográfica e a aplicação da metodologia básica para levantamento de subsídios para o diagnóstico de falhas das edificações proposta por Lichtenstein²⁰, apresentada, a seguir, na Figura 70.

Figura 70: Etapas da metodologia de levantamento de subsídios para o diagnóstico manifestações patológicas utilizadas na investigação do edifício.



Fonte: O autor (2019 adaptado de LICHTENSTEIN(1986)).

²⁰ LICHTENSTEIN, N. B. Levantamento de subsídios para o diagnóstico de falhas das edificações. *Revista Engenharia Mackenzie*, São Paulo, n. 180, p. 11-6, 1986.

A Figura 70 mostra a metodologia proposta por Lichtenstein em 3 (três) etapas: subsídios, a coleta de dados através da vistoria e anamnese; diagnóstico, conclusão por meio do referencial teórico, vistoria e anamnese.

Portanto a abordagem utilizada será qualitativa pois através de deduções lógicas, no entendimento dos fenômenos com base no referencial teórico, pode-se concluir possíveis causas às manifestações patológicas.

4 ESTUDOS DE CASO

Foram analisados dois estudos de casos envolvendo Habitações de Interesse Social, classe 1 de financiamento pela Caixa Econômica Federal, e concomitantemente com a construção das unidades habitacionais foi sendo executada a infraestrutura: rede de água potável, rede de esgoto sanitário, rede de distribuição de energia elétrica, rede de captação de águas pluviais e pavimentação asfáltica.

Os dois estudo de casos apresentaram vícios construtivos de fissuras e trincas. Serão caracterizados, a seguir, cada estudo de caso e seus respectivos dados levantados em campo.

4.1 Estudo de caso I

4.1.1 Caracterização da habitação

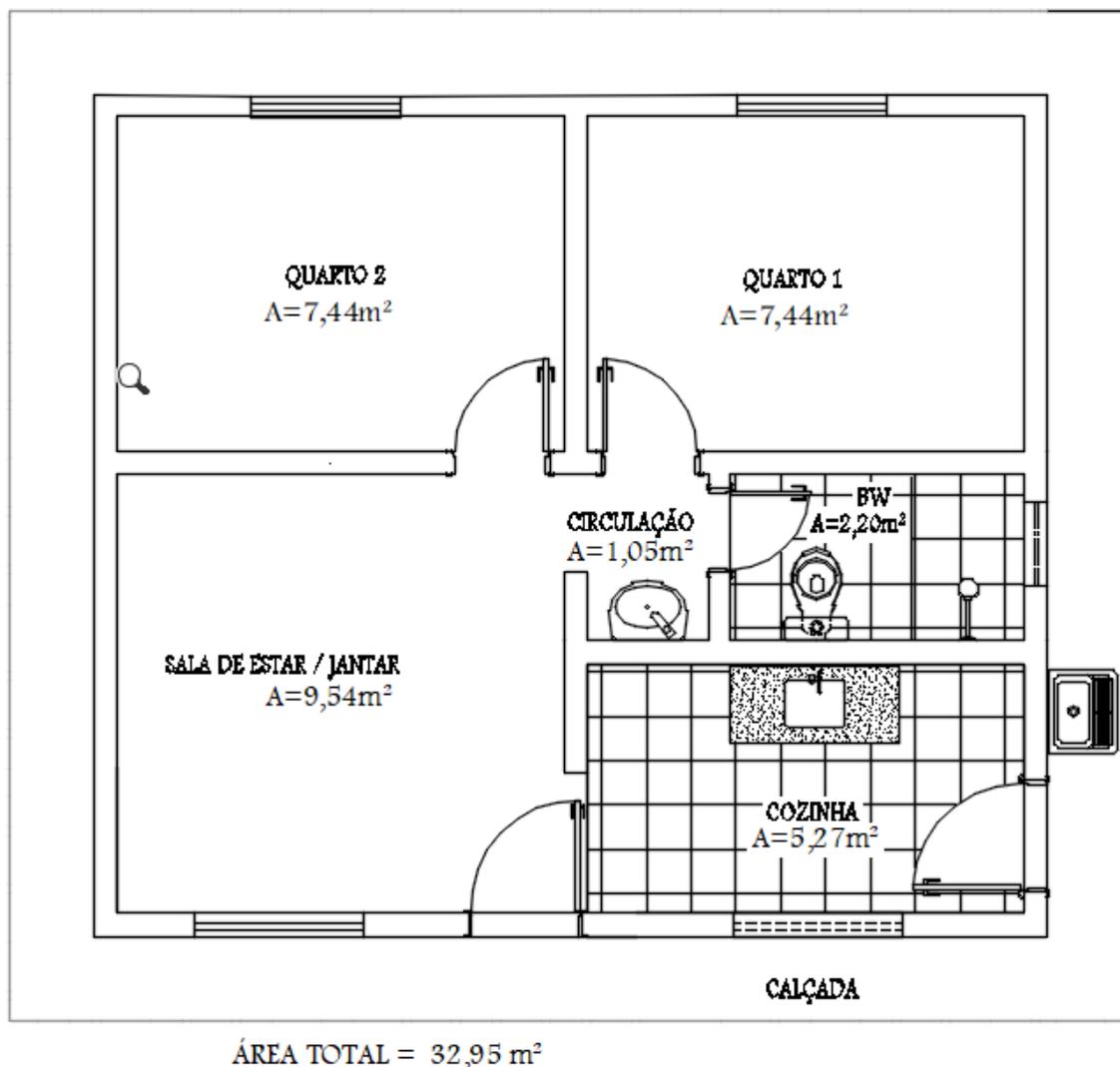
A habitação localiza-se no município de Paço do Lumiar, região metropolitana de São Luís, no estado do Maranhão, mais especificamente no bairro Novo Horizonte de Aparecida. O loteamento foi entregue para aos moradores em novembro de 2012.

Segundo a ABNT NBR 12721:2006, residência é de padrão R1-B (residência unifamiliar padrão baixo: 1 pavimento, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque), conforme planta baixa, a seguir (Figura 71).

Conforme as especificações técnicas do memorial descritivo, fornecido pela construtora A, responsável pelo construção do loteamento, o sistema construtivo adotado para a construção das casas consiste em alvenaria estrutural de bloco sobre fundação em laje radier; cobertura com telhas cerâmicas sobre estrutura de madeira; esquadrias de madeira para as portas internas e esquadrias metálicas (aço) para portas externas e janelas; forro PVC; laje maciça no banheiro sob caixa d'água de 500 litros. O revestimento das

paredes foi executado em argamassa com revestimento cerâmico no banheiro e cozinha até 1,50m de altura e em todo os pisos.

Figura 71: Planta baixa estudo de caso I.



Fonte: O autor (2019).

A classificação da agressividade do meio ambiente está diretamente ligada com às ações físicas e químicas que atuam sobre a estrutura, portanto, conforme a ABNT NBR 6118:2007²¹ o ambiente do loteamento, objeto do estudo de caso I, é classificado como de agressividade moderada (área urbana), conforme Tabela 9. As áreas adjacentes são em sua maioria, residenciais e em minoria, pequenos comércios.

²¹ ABNT NBR 6118:2007 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos.

Tabela 9: Classes de agressividade ambiental.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana ^{(22) (23)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ⁽²²⁾ Industrial ^{(22) (23)}	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{(22) (24)} Respingos de maré	Elevado

Fonte: ABNT NBR 6118:2007.

4.1.2 Manifestações Patológicas observadas e suas possíveis causas

Durante a vistoria, realizada no dia 04 de novembro de 2019, às 9 horas, fez-se algumas perguntas ao morador e coletou-se dados fotográficos. A Figura 72 ilustra a fachada da construção estudada. Foram observadas algumas manifestações patológicas, caracterizadas a seguir.

²² Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²³ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

²⁴ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Figura 72: do estudo de caso I.



Fonte: O autor (2019).

Figura 73: Fissuras e bolor na parede externa dos fundos.



Fonte: O autor (2019).

As fissuras observadas na Figura 73 são possivelmente advindas de reações químicas provenientes do ataque de sulfatos. Estas reações podem ocorrer entre o aluminato tricálcio, constituinte dos cimentos (e presente nas argamassas), com sulfatos, formando o sulfo-aluminato tricálcico (etringita), que gera uma grande expansão na argamassa.

Pelo fato da parede ser externa, ou seja, receber ação das chuvas, e possuir função estrutural, ou seja, não tendo possibilidade de infiltração por vazamento de tubulação, provavelmente os sulfatos advém de água contaminada que podem ser proveniente da água percolada do solo advinda das chuvas ou mesmo pela ação das mesmas diretamente sobre a parede que ao longo do tempo vai desgastando sua pintura e perdendo proteção (segundo o morador, há 7 anos quando recebeu a casa nunca repintou a parede externa, exceto a fachada - explicação para melhor estado de conservação).

Conseqüentemente, com o surgimento dessas fissuras, é criado um ambiente propício para o surgimento do bolor. Estas manchas verdes são fungos que se proliferam em presença de umidade, proveniente das chuvas que penetram na edificação por meio de fissuras ou mesmo da percolação do solo, como supracitado. No entanto, existem outras fontes capazes de aumentar a umidade nas edificações como a umidade higroscópica (característica de materiais com alta capacidade de absorção).

Figura 74: Fissuras entre escápula de rede e esquadria na parede interna do quarto 02.



Fonte: O autor, 2019.

Figura 75: Fissuras entre escápula de rede e esquadria na parede interna do quarto 02.



Fonte: O autor, 2019.

A Figura 74 mostra uma fissura na parede interna do quarto 02 entre uma escápula de rede e uma janela. Como os cantos das esquadrias possuem maior concentração de tensões, pode-se dizer que a escolha para locar a escápula de rede não foi correta devido aos consequentes esforços de tração na alvenaria por parte do uso da mesma. A Figura 75 mostra uma fissura também horizontal no lado exterior da mesma parede que possui a escápula, provavelmente região onde há esforços de tração devido a sua utilização.

Figura 76: Fissuras inclinadas no canto inferior de esquadria do quarto 01.



Fonte: O autor (2019).

Na Figura 76 pode-se observar microfissuras nos cantos inferiores das janelas que podem ter origens por má execução da contra verga ou mesmo por má utilização: abertura, fechamento e manutenção.

4.2. Estudo de caso II

4.2.1 Caracterização da habitação

A habitação localiza-se no município de São Luís, capital do estado do Maranhão, mais especificamente no bairro Maracanã, próximo ao km 6 (quilômetro seis) da Br-135. O loteamento foi entregue para uso dos moradores em março de 2015.

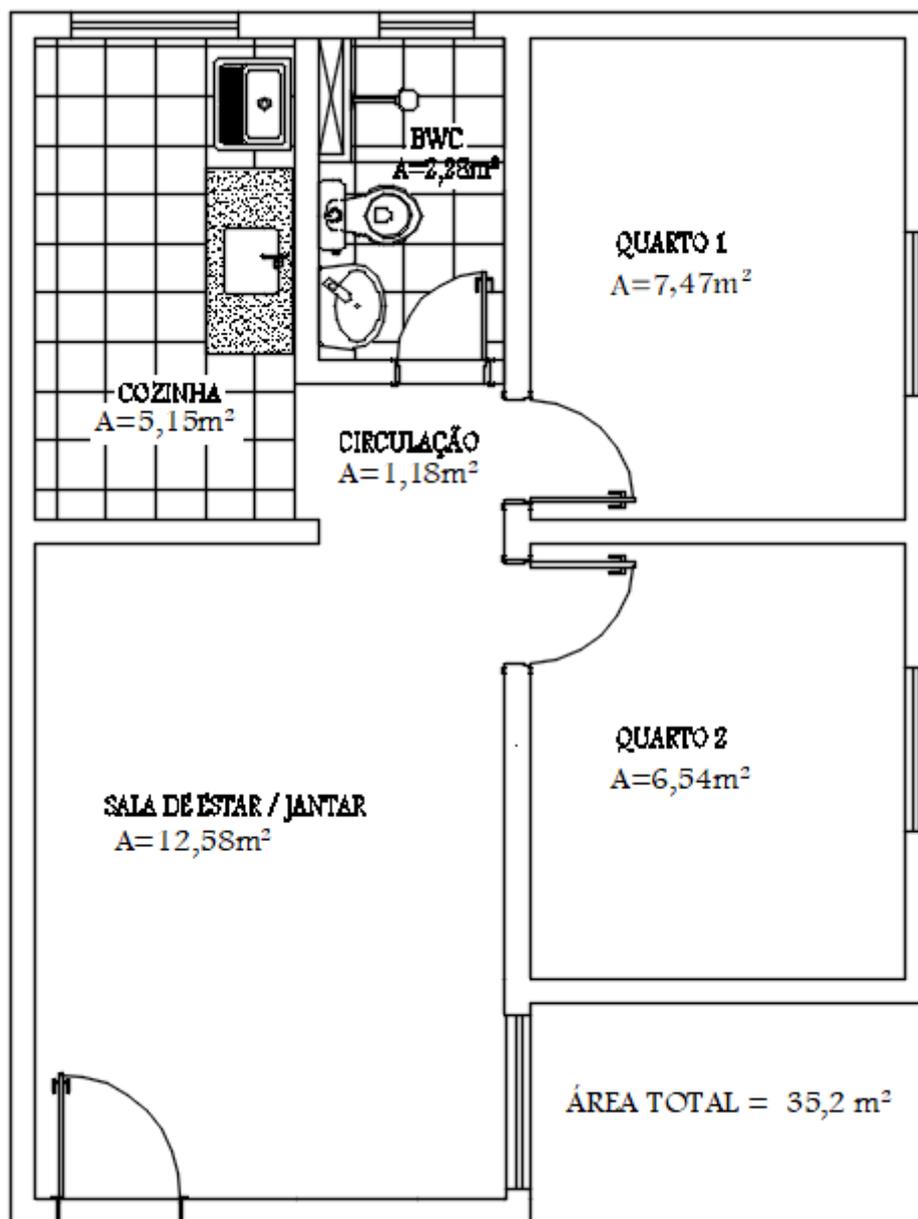
Segundo a ABNT NBR 12721:2006, residência é de padrão PIS - Projeto de Interesse Social - residência multifamiliar com térreo e 4 pavimentos/tipo sendo: Hall, escada e 4 apartamentos por andar, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço (Figura 77).

Segundo as especificações técnicas do memorial descritivo, fornecido pela construtora B, responsável pela construção do loteamento, o sistema construtivo adotado para a construção dos apartamentos consiste em alvenaria estrutural de bloco de concreto sobre fundação em laje radier protendido, lajes maciças e cobertura com telhas cerâmicas.

Conforme a ABNT NBR 6118:2007²⁵ a classe de agressividade ambiental do loteamento, objeto do estudo de caso II, é classificado como de agressividade forte (área industrial), conforme Tabela 9. O loteamento localiza-se na área industrial do município de São Luís, fica próxima a uma fábrica de produção de blocos de concreto e uma vasta área florestal.

²⁵ ABNT NBR 6118:2007 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos

Figura 77: Planta baixa apartamento-tipo estudo de caso II



Fonte: O autor (2019).

4.2.2 Manifestações Patológicas Observadas e suas possíveis causas

A vistoria foi realizada no dia 07 de novembro de 2019, às 16 horas, o imóvel está localizado no 1º pavimento (térreo), possui a maior face virada para o Sudeste, conforme indicado na Figura 78.

Figura 78: Croqui de localização do apartamento.



Fonte: O autor (2019).

A Figura 79 ilustra a fachada da edificação analisada. Foram observadas algumas manifestações patológicas, caracterizadas a seguir.

Figura 79: Fachada estudo de caso II.



Fonte: O autor, 2019.

Figura 80: Fissura horizontal sob a esquadria da cozinha.



Fonte: O autor (2019).

A Figura 80 é uma manifestação patológica comum nos apartamentos do loteamento segundo o morador, vistos que as janelas não possuem peitoril, sendo o escoamento nas janelas feitos apenas por declividade da parede de alvenaria sob a qual está alocada.

Nesse caso há absorção de umidade por higroscopia provocando variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção. A variação do teor de umidade devido acúmulo de água e incidência dos raios solares produzem essa fissuração, já que a argamassa sob a janela dependendo do teor de umidade expande ou contrai, enquanto que o material que não entra em contato com essa variação de umidade permanece com seu volume inalterado restringido o movimento, gerando então, essas fissuras.

Essas infiltrações aumentam o teor de umidade da camada inferior da esquadria provocando esse aspecto com bolor, desagregação da pintura e estragos no revestimento.

Figura 81: Fissura em canto superior de esquadria.



Fonte: O autor (2019).

Na Figura 81 é possível notar um desprendimento da esquadria da parede. Esta ocorre devido a movimentação térmica diferencial, visto que por serem materiais diferentes (esquadria/alvenaria) possuem coeficientes de dilatação térmica distintos, assim como coloração e composição. Portanto essas características geram dilatações/contrações diferentes que devido à restrição do movimento pelos vínculos entre os elementos, surge a fissura. Provavelmente houve má execução do selante entre a alvenaria e a esquadria, assim como a má utilização, como fechamento, abertura e manutenção podem ter facilitado a ocorrência destes.

Em relação a fissura horizontal na mesma figura, provavelmente houve uma expansão da alvenaria na direção vertical devido a movimentação higroscópica facilitada pela fissura de desprendimento da esquadria. Segundo Alexandre (2008) essas fissuras horizontais próximo às aberturas das janelas são comuns devido a tal expansão vertical da alvenaria.

Figura 82: Fissura Horizontal e inclinada em parede externa ao apartamento.



Fonte: O autor (2019).

A Figura 82 mostra uma fissura horizontal na base das paredes de aproximadamente 4 mm. Neste caso, os componentes de alvenaria absorvem umidade por movimentação higroscópica, provavelmente maior absorvida pela argamassa de assentamento que quando se expande gera esforços de tração lateral ocasionando a fissura horizontal. Esse processo pode ter sido devido à impermeabilização mal executado da parede, como estas fiadas apresentam movimentações diferenciais em relação às fiadas superiores, sujeitas à insolação direta e com menos teor de umidade, ocorrem as fissuras horizontais. Outra explicação plausível é que por se situar em um região próximo à indústrias, ocorreu reações químicas da argamassa de assentamento com água da chuva, que nesse caso seriam mais ácidas que o normal, ocasionando o ataque de sulfatos e consequentemente surgindo a fissura.

A trinca no canto da parede (aproximadamente 9 mm) pode ser explicada pelo fato de a expansão dos componentes da alvenaria serem maiores no centro da parede que no canto, visto que, provavelmente no canto ilustrado há um ponto de graute, havendo assim maior rigidez contra tal expansão dos componentes, fazendo com que houvesse uma fissura inclinada no sentido de maior para o de menor expansão.

Figura 83: Trincas por recalque diferencial de fundação.



Fonte: O autor (2019).

A Figura 83 mostra pequenas fissuras inclinadas no canto da edificação, abertura variando ao longo do comprimento (sendo a maior de 4mm), causada por recalque diferencial. Segundo os moradores, a fissura não tem aumentado a abertura ao longo do tempo, porém para valores exatos seriam necessário testes com tiras de vidro para verificar a atividade da fissura, se ativa ou passiva.

Por serem pequenas e a priori passivas, podem ter sido apenas uma acomodação da construção em algum serviço específico que tenha gerado vibração na estrutura. Segundo o morador foi feito uma manutenção na caixa de passagem de águas pluviais que estava transbordando em época de chuvas intensas, então provavelmente com a escavação para manutenção da mesma ou até mesmo infiltração da água transbordada houve um recalque diferencial do bloco estudado, visto que, estas caixas de passagem estão entre uma edificação e outra. Portanto com esta acomodação na estrutura, gerou-se tais fissuras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a criação do programa Minha Casa Minha Vida, em 2009, com o intuito de mitigar a problemática déficit habitacional no país, foram construídos milhões de habitações de interesse social (HIS) sob o sistema em alvenaria estrutural, pois, como citado no referencial teórico do presente trabalho, para habitações residenciais de baixo custo em edificações de até 4 pavimentos, apresenta vantagens como o menor valor final da obra em um menor tempo de execução em detrimento do sistema construtivo convencional em concreto armado.

No entanto, edificações em alvenaria estrutural construídas especificamente para as HIS, conforme a literatura por esse trabalho citada, apresentam algumas manifestações patológicas precocemente, que podem ocorrer desde a etapa construtiva, decorrentes de falhas no projeto, devido à materiais e técnicas utilizadas, ou até a fase pós ocupacional, seja pelo mau uso, falta de manutenção ou decorrente da interação com o meio físico-químico.

As manifestações patológicas, objeto de estudo deste trabalho, tiveram enfoque em fissuras, sintomas extremamente comuns devido ao fato de que os programas habitacionais do governo visão construir em grande quantidade e em curto espaço de tempo, o que acaba levando à construções mal executadas, com vícios construtivos e com inúmeras manifestações patológicas.

A importância dada às fissuras deve-se ao fato de que estas podem reduzir a durabilidade e a vida útil das edificações por permitirem a infiltração, a proliferação de micro-organismos, assim como por causar desconforto psicológico aos usuários e reduzir o valor do imóvel.

A norma técnica brasileira ABNT NBR 15575-1:2013 - Edificações Habitacionais - Desempenho cita como fatores que interferem na vida útil das edificações: as características dos materiais e da qualidade da construção como um todo; o correto uso e operação da edificação e de suas partes; a constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção; alterações climáticas e níveis de poluição no local da obra; mudanças no entorno da obra ao longo do tempo (trânsito de veículos, obras de infraestrutura, expansão urbana), etc.

Em vista disso, por meio de embasamento teórico através de levantamento bibliográfico foi possível identificar as diversas formas e características que as fissuras

podem apresentar e, por meio dessas informações, estabelecer a relação com as causas responsáveis pelo seu surgimento na alvenaria.

É necessário salientar-se a importância da execução do sistema construtivo, da escolha dos materiais conforme exigências mínimas para utilização bem como uma eficiente fiscalização a fim de evitar-se anomalias devido à vícios ou erros de execução que podem propiciar o surgimento dessas manifestações patológicas.

Além destes, é necessário preservar-se a estrutura da ação de agentes externos causadores dessas manifestações, podendo-se citar como medidas a impermeabilização do solo nas regiões próximas à estrutura, assim como das paredes externas que recebem maior incidências dessas fatores físico-químicos; desvio das águas pluviais etc.

Diante do exposto, os estudos de caso tiveram relevância no sentido de colocar-se em prática o embasamento teórico estudado no diagnóstico de possíveis causas à tais manifestações em HIS. Embora tenha-se notado muitas fissuras referentes à um aumento do teor de umidade na estrutura, ataque de agentes físico-químicos externos devido uma impermeabilização ineficiente, à respeito de funções estruturais, como fissuras por sobrecarga, as duas construções se mostraram eficientes, não apresentando fissuras relevantes que pudessem trazer perigo a edificação.

Percebeu-se que a maior parte das manifestações patológicas ocorreram na fase pós ocupacional, pois a edificação continua exposta a diversos agentes agressivos como intempéries, falhas nos sistemas hidráulico e sanitário, movimentação higroscópica decorrente de impermeabilização mal realizada ou inexistente, recalques diferenciais de solo dentre outros, que podem causar danos à sua estrutura e comprometer a sua durabilidade, segurança e desempenho.

A ocorrência de falhas na fase pós-ocupação, segundo Olivari (2003) apud Zanzarini (2016), em geral, são causadas por:

- Falta de programa de manutenção adequado;
- Sobrecargas não previstas no projeto;
- Danificação de elementos estruturais;
- Carbonatação e corrosão química ou eletroquímica;
- Erosão por abrasão;
- Ataques de agentes agressivos;
- Recalques causados pela movimentação do solo.

Segundo o mesmo autor, as principais manifestações causados por tais patologias são:

- Fissuras ou trincas em elementos estruturais e alvenarias;
- Esmagamento do concreto;
- Desagregação do concreto;
- Ruptura do concreto;
- Carbonatação;
- Corrosão da armadura;
- Percolação de água;
- Manchas, trincas e deslocamento de revestimento em fachadas.

Portanto pode-se concluir que em relação a escolha do sistema construtivo em alvenaria estrutural em detrimento do sistema convencional em concreto armado, nota-se uma boa eficiência tendo em vista as vantagens citadas, porém, em HIS, é necessário que se cortem economias como na escolha de materiais de melhor qualidade, se façam programas de manutenção adequados entre outros para que se entregue à estas famílias, habitações com maior vida útil e durabilidade, sem desconforto visual, a fim de que seja mitigado a problemática déficit habitacional do país sem que gerem custos onerosos com reparo e manutenção dessas habitações.

A partir disso, recomenda-se:

- Utilização de argamassas de boa qualidade, que tenham um menor permeabilidade;
- Emprego de aditivos impermeabilizantes com o intuito de diminuir a absorção de água por capilaridade;
- Utilizar plastificantes para diminuir a quantidade de água utilizada no preparo das argamassas, diminuindo assim a retração e tendência à fissuração das mesmas.

REFERÊNCIAS

ADAM, J. P. **Roman Building**. Materials and Techniques. London: New York: Routledge, 1994.

ALEXANDRE, Ilídio Francisco. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural: uma análise de relação de causa e efeito**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA – **Manual Técnico de Alvenaria**. São Paulo, ABCI/PROJETO, 1990. 280p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Alvenaria com Bloco de Concreto: Prática Recomendada**. Recife, 2003. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/downloads/index.shtml>. Acesso em: 25 de Junho de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: requisitos**. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural: especificação**. Rio de Janeiro. 2014.

_____. **NBR 10837 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 15812 – 1. Alvenaria estrutural – Blocos Cerâmicos Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15812-2: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto Parte 2: execução e controle de obras**. Rio de Janeiro. 2011. 42p.

_____. **NBR 15961-1: Alvenaria estrutural: Blocos de concreto: Parte 1: projetos**. Rio de Janeiro. 2011.

_____. **NBR 15961-2: Alvenaria estrutural: Blocos de concreto: Parte 2: execução e controle de obras**. Rio de Janeiro. 2011.

BALBINO, Hebert Rodrigo; CORDEIRO, Leonardo Costa; MIRANDA, Lucas Rodrigo. **HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL (HIS): PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL COM ÊNFASE EM TRINCAS E FISSURAS**. *Rev. Científica Eletrônica Estácio*, Ribeirão Preto, v. 10, n. 10, p.104-116, Julho, 2017. Mensal.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de edifícios de Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira: UNESP, 2006.

CARVALHO, M. C. R.. **Caracterização da tecnologia construtiva de Eladio Dieste: Contribuições para a inovação do projeto arquitetônico e da construção em alvenaria estrutural**. 2004. 232 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CAVALHEIRO, O. P. **Fundamentos de alvenaria estrutural**. Santa Maria: UFSM, 1995.

DALBONE, A. R. **Patologias em prédio de alvenaria estrutural inspeção de curta duração**. In: Engenharia Estudo e Pesquisa. Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Santa Maria, v.10, n. 2, jul./dez.2010. Rio Grande do Sul

DUARTE, R. B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural**. Porto Alegre: ANICER, 1999.

FARIA, M. S.; PARSEKIAN, G. A. Execução e controle de obras. In: MOHAMAD, G. (Org.). **Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho**. São Paulo: Blucher, 2015. P. 295-355.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (São Paulo). Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias - Abrainc (Org.). **Análise das Necessidades Habitacionais e suas Tendências para os Próximos Dez Anos**. São Paulo: FGV, 2018. 64 p.

GALLEGOS, H. **Curso de alvenaria estrutural**. Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 1988.

KALIL, S. B. **Alvenaria Estrutural**. 2014. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LEMONS, Jacques Allan Ottobelli. **Requisitos mínimos exigidos em obras de alvenaria estrutural**. 2016. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

LICHTENSTEIN, N B. **Levantamento de subsídios para o diagnóstico de falhas das edificações**. São Paulo: Revista Engenharia Mackenzie n. 180, 1986. pp. 11-6.

LORDSLEEM JR., A.C. **Execução e inspeção de alvenaria racionalizada**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2004.

M. K. ; RODRIGUES, R. P. **Inspeção em Obra de Alvenaria Estrutural no Município de Santa Maria**. In: 28ª Jornada Acadêmica Integrada, 2013, Santa Maria. 28ª Jornada Acadêmica Integrada, 2013.

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

MOHAMAD, G.; RIZZATTI, E. Introdução à alvenaria estrutural. In: SANCHES, E. (Org.). **Nova normalização brasileira para a alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 7-40. v. 1

MOHAMAD, Gihad (Coord.), et al. 2015. **Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho**. São Paulo : Blucher, 2015. 355p.

MOHAMAD, Gihad, MACHADO, Diego Willian Nascimento e JANTSCH, Ana Cláudia Akele. 2017. **Alvenaria estrutural: construindo o conhecimento**. São Paulo : Blucher, 2017. 168p.

PARSEKIAN, G. A e SOARES, M. M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2010. 238 p.

PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A.; DRYSDALE, R. G. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural.** São Carlos: EDUFSCar, 2012.

PARSEKIAN, G.A.; FURLAN JÚNIOR, S. **Compatibilização de projetos de alvenaria estrutural.** São Carlos, SP. 2003. 10p. Simpósio Brasileiro de gestão e economia da construção, 10. 2003, Anais, São Carlos, USP. Artigo técnico.

PARSEKIAN, Guilherme Aris (Org.), et al. 2014. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto.** São Carlos : EdUFSCar, 2014. pp. 17-19.

PENTEADO, Adilson Franco. **Gestão da Produção do Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural.** Campinas, 2003. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PERINI, J.I. **Estudo de manifestações patológicas em habitações de interesse social construídas em alvenaria de blocos cerâmicos** - Estudo de caso Bairro Shopping Park em Uberlândia-MG. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo: Pini, 2003. 174 p.

REIS, Walmir Costa. **Alvenaria estrutural com blocos de concreto vazados.** 2016. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016.

ROÇA, G. B. R. **Análise das manifestações patológicas de uma edificação residencial** – estudo de caso. 2014. Número total de folhas. 62 Monografia (Patologia Das Construções) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N. ARAÚJO, H. N. de. **Construindo em alvenaria estrutural.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999. 83 p.

SABBATINI, F. H. **Alvenaria Estrutural – Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico:** Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edificações em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal. Brasília/DF: Caixa Econômica Federal/DIDUP, 2003.

SÁNCHEZ, Emil (Org.), et al. 2013. **Nova normalização Brasileira para alvenaria estrutural.** 1ª ed. Rio de Janeiro : Interciência, 2013. 420p.

SANTANA, Martha Clécia Santos de. **Otimização dos métodos construtivos para execução de alvenaria com função estrutural.** 2007. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2007.

SILVA, Leandro Bernardo. **Patologias em alvenaria estrutural: causas e diagnóstico**. 2016. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Editora Pini, 2010. 183p.

ZANZARINI, José Carlos. **Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural** – Estudo de caso. 2016. 82 f. TCC (Curso de Engenharia Civil) – Departamento acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.