

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Eduardo Torres de Freitas

**IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS EM ALVENARIA
ESTRUTURAL DE BLOCO CERÂMICO: ANÁLISE DO
SISTEMA CONSTRUTIVO EM EMPREENDIMENTOS
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL QUANTO A
POSSIBILIDADE DO APARECIMENTO DE
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**

Porto Alegre

Junho 2018

EDUARDO TORRES DE FREITAS

**IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS EM ALVENARIA
ESTRUTURAL DE BLOCO CERÂMICO: ANÁLISE DO
SISTEMA CONSTRUTIVO EM EMPREENDIMENTOS
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL QUANTO A
POSSIBILIDADE DO APARECIMENTO DE
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre

Junho 2018

EDUARDO TORRES DE FREITAS

**IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS EM ALVENARIA
ESTRUTURAL DE BLOCO CERÂMICO: ANÁLISE DO
SISTEMA CONSTRUTIVO EM EMPREENDIMENTOS
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL QUANTO A
POSSIBILIDADE DO APARECIMENTO DE
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação (COMGRAD) de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 28 de junho de 2018

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Universidade de São Paulo
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal de São Paulo

Prof^ª. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Engenheira Natacha Sauer (UFRGS)
Mestranda na Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Júlio e Elaine, por todo o amor e suporte que me deram não somente durante esse período, mas também por toda a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Ruy Alberto Cremonini, orientador deste trabalho, pela grande compreensão e auxílio dado na elaboração da pesquisa, tanto em conselhos sobre informações necessárias para desenvolvimento do presente trabalho, como pela disposição nos momentos em que necessitei de orientação nos encontros e conversas.

Agradeço à Engenheira Natacha Sauer, que esteve sempre disposta a me receber, conversar e esclarecer dúvidas sobre o tema abordado neste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Júlio e Elaine, que durante todo o curso de graduação me deram o suporte necessário para que eu realizasse o sonho de ser engenheiro civil.

Agradeço à minha namorada Nike Hiller por todo o amor e compreensão durante esta fase de conclusão do curso.

Agradeço aos meus amigos do curso de graduação, principalmente ao Juliano Neme e Bruno Mondini, pela amizade e apoio ao longo dos últimos anos.

Agradeço aos colegas de trabalho que contribuíram de alguma maneira para a conclusão desta etapa, principalmente Bruno e Cássio, que agregaram informações relevantes para a concepção desta pesquisa, e ao Luís Henrique, pela paciência e compreensão no período de elaboração deste trabalho.

Às minhas irmãs, Rafaela e Juliana, por todo o carinho e incentivo durante os momentos difíceis.

Nada na vida deve ser temido, somente compreendido.
Agora é hora de compreender mais para temer menos.

Marie Curie

RESUMO

A industrialização na construção civil é um processo constante, que provoca mudanças e possibilidades de emprego de novas tecnologias na área da construção. O sistema construtivo de alvenaria estrutural é utilizado há décadas no Estado do Rio Grande do Sul, e as empresas responsáveis por novos empreendimentos de interesse social na região sul do país, em específico na região metropolitana de Porto Alegre, estão utilizando o sistema com o emprego de bloco cerâmico, a fim de maximizar os lucros e oferecer qualidade no produto ao cliente. A alvenaria estrutural apresenta pontos positivos como a redução dos custos, menores prazos e redução de desperdícios, que são oriundos da simplificação das técnicas de execução adotada neste sistema. No entanto, problemas com o surgimento de manifestações patológicas têm sido observados com frequência em edificações construídas voltadas para a população de baixa renda. Neste trabalho, verificou-se as etapas de construção da alvenaria estrutural de bloco cerâmico em dois empreendimentos habitacionais de interesse social, localizados na região metropolitana de Porto Alegre. Nesta pesquisa, foram constatadas as principais não conformidades durante a execução das alvenarias, que foram obtidas através de planilhas elaboradas para coleta de dados. A partir da identificação das principais não conformidades, realizou-se a relação das falhas observadas na execução da estrutura com a possibilidade do surgimento de manifestações patológicas. Também foram obtidos dados para análise das diferenças entre os procedimentos adotados para a execução da estrutura das empresas, a fim de concluir as possíveis razões das não conformidades. Com os resultados obtidos, percebeu-se que grande parte das não conformidades são oriundas da falta de compatibilização de projetos, procedimentos para execução da alvenaria sem instruções sobre o uso de equipamentos, realização de grauteamento em etapa única e equipe reduzida de engenharia. Estas constatações mostram a necessidade de maior investimento no controle de execução da estrutura pelas empresas responsáveis destes empreendimentos, a fim de que estas falhas não ocorram em obras futuras. Não somente as construtoras são as responsáveis pela qualidade destas obras, mas também os órgãos públicos financiadores destes empreendimentos, em específico a Caixa Econômica Federal, que viabiliza a construção destas unidades habitacionais para população de baixa renda.

Palavras-chave: alvenaria estrutural, empreendimentos de interesse social, não conformidades, manifestações patológicas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da pesquisa	17
Figura 2 – Bloco cerâmico de paredes vazadas	32
Figura 3 – Bloco cerâmico com paredes internas e externas maciças	32
Figura 4 – Bloco cerâmico estrutural com paredes externas maciças e paredes internas vazadas	32
Figura 5 – Bloco canaleta U	33
Figura 6 – Banheiro rebatido (com tubulações agrupadas em um shaft central)	39
Figura 7 – Banheiro rebatido (com tubulações agrupadas em um shaft lateral)	40
Figura 8 – Bloco elétrico utilizado para evitar cortes nas paredes	41
Figura 9 – Dimensões máximas dos cortes admitidos em paredes estruturais	42
Figura 10 – Dimensões modulares e nominais	44
Figura 11 – Dimensões modulares entre faces de blocos	45
Figura 12 – Parede externa sem o uso do bloco J	45
Figura 13 – Modulação de piso a teto em paredes externas e internas	46
Figura 14 – Modulação de piso a piso em paredes externas e internas	46
Figura 15 – Planta de primeira fiada da alvenaria estrutural	48
Figura 16 – Planta de elevação da alvenaria estrutural	48
Figura 17 – Variação do nível da superfície dos pavimentos	50
Figura 18 – Variações máximas da espessura das juntas de argamassa	52
Figura 19 – Desobstrução de vazados	56
Figura 20 – Limites máximos para desaprumo das paredes	57
Figura 21 – Descontinuidade máxima entre alvenarias de andares adjacentes	57
Figura 22 – Fachada principal das torres na obra A	60
Figura 23 – Fachada lateral das torres na obra A	60
Figura 24 – Planta de primeira fiada da alvenaria estrutural das unidades terminadas em 01 na obra A	61
Figura 25 – Planta de elevação da parede 01 na obra A	62
Figura 26 – Detalhes de reforços nos cantos das cintas e emendas de treliças nas alvenarias das torres na obra A	63
Figura 27 – Detalhe de armaduras dos pontos de graute vertical nas alvenarias das torres da obra A	64
Figura 28 – Blocos cerâmicos utilizados nas alvenarias da obra A	65
Figura 29 – Corte esquemático das torres da obra A	66

Figura 30 – Fachada principal das torres na obra B	67
Figura 31 – Fachada lateral das torres na obra B	67
Figura 32 – Planta de primeira fiada da alvenaria estrutural das unidades terminadas em 08 na obra B	68
Figura 33 – Planta de elevação da parede 65 na obra B	69
Figura 34 – Detalhes de reforços nos cantos das cintas e emendas de treliças nas alvenarias das torres na obra B	71
Figura 35 – Detalhe de armaduras dos grautes verticais nas alvenarias das torres da obra B	71
Figura 36 – Blocos cerâmicos estruturais utilizados nas alvenarias da obra B	72
Figura 37 – Corte esquemático das torres da obra B	73
Figura 38 – Fluxograma do controle de inspeções das alvenarias nas obras	83
Figura 39 – Não conformidades observadas com maior frequência nas alvenarias das obras em estudo – Parte 1	84
Figura 40 – Não conformidades observadas com maior frequência nas alvenarias das obras em estudo – Parte 2	85
Figura 41 – Não conformidades nas juntas de argamassa para assentamento	85
Figura 42 – Não conformidades na verificação do esquadro	86
Figura 43 – Não conformidades de limpeza e umedecimento dos blocos canaleta	86
Figura 44 – Não conformidades em vergas e contravergas	87
Figura 45 – Não conformidades na verificação de janelas de inspeção	87
Figura 46 – Não conformidades de limpeza e umedecimento dos vazados	88
Figura 47 – Não conformidades na verificação do sistema castelo junto aos cantos das paredes	88
Figura 48 – Não conformidades de posição do graute vertical nas paredes	89
Figura 49 – Não conformidades da paginação de projeto das paredes	89
Figura 50 – Blocos fissurados e com fraturas na obra B	91
Figura 51 – Blocos em contato com água e armazenados de forma inadequada	91
Figura 52 – Juntas de argamassa com espessura variável nas obras A e B	92
Figura 53 – Falhas no preenchimento de juntas de argamassa na obra A	93
Figura 54 – Janelas de inspeção com falhas de preenchimento nas obras A e B	94
Figura 55 – Ausência do ponto de graute na obra B	95
Figura 56 – Rasgos nas paredes das obras A e B	96
Figura 57 – Contraverga com apoio lateral oco em parede da obra A	97
Figura 58 – Blocos canaleta (contraverga) com resíduos de argamassa	98
Figura 59 – Blocos canaleta (cinta de respaldo) com resíduos de argamassa	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Concessões de benefícios pelo PMCMV por faixa de renda	20
Quadro 2 – Teto do valor dos imóveis por recorte territorial	21
Quadro 3 – Requisitos do sistema de gestão da qualidade das empresas	23
Quadro 4 – Conformidade dos itens utilizados nas unidades habitacionais	25
Quadro 5 – Unidades habitacionais com deterioração antes do término da garantia	26
Quadro 6 – Satisfação dos beneficiários em relação aos imóveis	26
Quadro 7 – Problemas de construção dos imóveis financiados pelo PMCMV	26
Quadro 8 – Fundamentos do projeto arquitetônico	38
Quadro 9 – Dimensões recomendadas para quadros de distribuição – modulação de 20 cm	41
Quadro 10 – Dimensões recomendadas para quadros de distribuição – modulação de 15 cm	41
Quadro 11 – Valores de tolerância para marcação da alvenaria estrutural	50
Quadro 12 – Valores de tolerância para elevação da alvenaria estrutural	58
Quadro 13 – Quantitativo de grautes verticais na obra A	62
Quadro 14 – Quantitativo de cintas, vergas e contravergas na obra A	63
Quadro 15 – Quantitativo de armaduras de reforços na obra A	63
Quadro 16 – Resistências características dos componentes utilizados nas alvenarias das torres da obra A	65
Quadro 17 – Áreas dos pavimentos das torres da obra A	66
Quadro 18 – Quantitativo de grautes verticais na obra B	70
Quadro 19 – Quantitativo de cintas, vergas e contravergas na obra B	70
Quadro 20 – Quantitativo de armaduras de reforços na obra B	70
Quadro 21 – Resistências características dos componentes utilizados nas alvenarias das torres da obra B	72
Quadro 22 – Áreas dos pavimentos das torres da obra B	73
Quadro 23 – Planilha para coleta de dados na locação das alvenarias	75
Quadro 24 – Planilha para coleta de dados das não conformidades das alvenarias	75
Quadro 25 – Itens inspecionados na locação da alvenaria	77
Quadro 26 – Itens inspecionados na elevação da alvenaria	79
Quadro 27 – Itens inspecionados no grauteamento da alvenaria	81

LISTA DE SIGLAS

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

SIACI – Sistema Integrado de Administração de Carteiras Imobiliárias

CADMUT – Cadastro Nacional de Mutuários

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SiAC – Sistema de Avaliação da Conformidade

PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

CGU – Controladoria-Geral da União

NBR – Norma Brasileira

CNPJ – Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica

EST – Estrutural

NR – Norma Regulamentadora

LISTA DE SÍMBOLOS

L – largura (cm)

H – altura (cm)

C – comprimento (cm)

M – módulo (cm)

J – Junta (cm)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVOS	15
2.2.1 Objetivo principal	15
2.2.1 Objetivos secundários	15
2.3 HIPÓTESE	16
2.4 DELIMITAÇÕES	16
2.5 LIMITAÇÕES	16
2.6 DELINEAMENTO DA PESQUISA	16
3 O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA	19
3.1 POLÍTICAS HABITACIONAIS NO BRASIL	19
3.2 FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	20
3.3 SISTEMAS CONSTRUTIVOS	22
3.4 PROBLEMAS EM OBRAS	24
4 ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS	27
4.1 CONCEITO DO SISTEMA	27
4.2 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO	28
4.3 CLASSIFICAÇÃO	29
4.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL	29
4.4.1 Pontos positivos do sistema	30
4.4.1 Pontos negativos do sistema	30
4.5 COMPONENTES DO SISTEMA	31
4.5.1 Unidades de alvenaria	31
4.5.2 Argamassa	34
4.5.2.1 Argamassa industrializada	35
4.5.2.2 Argamassa dosada em obra ou em central dosadora	35
4.5.3 Graute	36
4.5.4 Armadura	37
4.6 PROJETO	37
4.6.1 Coordenação de projetos	37
4.6.2 Projeto arquitetônico	38
4.6.3 Projeto estrutural	39

4.6.4	Projetos hidráulico e elétrico	39
4.6.5	Projeto executivo	42
4.7	COORDENAÇÃO MODULAR	43
4.7.1	Modulação horizontal	44
4.7.2	Modulação vertical	45
4.8	EXECUÇÃO	47
4.8.1	Marcação da alvenaria	47
4.8.1.1	Eixos de referência planimétricos	49
4.8.1.2	Nível do piso dos pavimentos	49
4.8.1.3	Espessura de junta horizontal da primeira fiada	50
4.8.2	Elevação da alvenaria	51
4.8.2.1	Assentamento dos blocos	52
4.8.2.2	Espessura de juntas horizontais e verticais	52
4.8.2.3	Ligação de paredes	53
4.8.2.4	Vãos das paredes	54
4.8.2.5	Vergas e contravergas	54
4.8.2.6	Cintas de respaldo	54
4.8.2.7	Etapas de grauteamento	55
4.8.2.8	Prumo, alinhamento e nível	56
4.8.2.9	Controle e aceitação das alvenarias	58
5	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	59
5.1	APRESENTAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS	59
5.1.1	Obra A	59
5.1.2	Obra B	67
5.2	PLANILHA PARA COLETA DE DADOS DE ALVENARIA	
	ESTRUTURAL	74
5.1.2	Itens da planilha para coleta de dados da alvenaria	76
5.1.2.1	Etapa de locação da alvenaria	76
5.1.2.2	Etapa de elevação da alvenaria	77
5.1.2.3	Etapa de grauteamento da alvenaria	80
5.2.2	Inspeção e verificação de não conformidades nas obras em estudo	82
6	RESULTADOS DA PESQUISA	84
6.1	IDENTIFICAÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES	84
6.2	POSSIBILIDADE DO SURGIMENTO DE MANIFESTAÇÕES	
	PATOLÓGICAS	90

6.2.1 Unidades de alvenaria	90
6.2.2 Junta de argamassa	92
6.2.3 Graute vertical	94
6.2.4 Parede estrutural	96
6.2.5 Verga e contraverga	97
6.2.6 Cinta de respaldo	99
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
REFERÊNCIAS	104
ANEXO A	107

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um dos sistemas mais antigos existentes na construção, que possui origem na pré-história da humanidade (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 2). As construções de alvenaria na antiguidade eram executadas com pedras ou tijolos de argila secos ao ar. Após a revolução industrial, nota-se uma exponencial evolução de estudos dos métodos do emprego do aço e do cimento Portland, que resultou no sistema construtivo de concreto armado. No entanto, a inovação de técnicas na engenharia civil para melhorar o desempenho das construções é um processo incessante, desta maneira, países desenvolvidos procuraram soluções para o emprego do sistema construtivo em alvenaria estrutural, resultando em normas e especificações para o emprego do sistema de forma racional (CAMACHO, 2006, p. 5).

No Brasil, o sistema construtivo de alvenaria estrutural começou a ser empregado na década de 60 em conjuntos habitacionais. Inicialmente, os estudos e pesquisas sobre o sistema tiveram origem em São Paulo na década de 60 e posteriormente na cidade de Porto Alegre na década de 80 (CAMACHO, 2006, p. 6). De acordo com Poyastro (2008, p. 13), pode-se dizer que as inúmeras vantagens do sistema de alvenaria estrutural favorecem a redução de custos do empreendimento. Nota-se que as empresas de construção civil brasileiras gastam uma parte considerável dos recursos em desperdício de insumos, os quais podem significar a escolha de um sistema construtivo ou não. “[...] ideal para a realidade brasileira, pois necessita de mão de obra de fácil aprendizado, possui elevado potencial de racionalização e não exige grandes investimentos e imobilização de capital para a aquisição de equipamentos” (SANTOS, 1998, p. 03). Segundo Arcary (2010, p.12), a alvenaria estrutural é capaz de diminuir consideravelmente o desperdício de material no canteiro de obras, pois a utilização do sistema resulta em racionalização em sua execução. Todavia, é necessária mão de obra específica para a construção das paredes, tendo em vista que as mesmas possuem função estrutural.

Países em desenvolvimento como o Brasil apresentam historicamente problemas na sua formação como nação, resultando em uma das principais questões sociais atuais: o déficit habitacional. A participação do governo na tentativa de solução se resume ao Programa Minha Casa Minha Vida, o qual visa melhorar a situação da população de baixa renda na aquisição de habitações populares. No entanto, percebe-se que desde a década de 30 o crescimento dos grandes centros urbanos é acompanhado do aumento do déficit habitacional (FERREIRA, 2009,

p. 68). “Os empreendimentos habitacionais de múltiplos pavimentos de interesse social se caracterizam pela grande quantidade de unidades, curto prazo para execução [...]” (ARCARY, 2010, p. 12). Tais empreendimentos direcionados para classes de baixa renda têm demandado grande quantidade de ações corretivas, que são oriundas do aparecimento de manifestações patológicas constantemente encontradas nas edificações (FIESS, 2004, p. 1).

Esse trabalho tem por finalidade, analisar as etapas construtivas da alvenaria estrutural de bloco cerâmico, a fim de identificar as principais falhas durante a execução do sistema, bem como verificar a possibilidade do aparecimento de manifestações patológicas oriundas das falhas observadas.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: Ao longo do processo construtivo, quando empregada alvenaria estrutural de bloco cerâmico em habitações populares, quais são as principais falhas observadas na execução dos serviços e quais manifestações patológicas podem surgir nas edificações em função destas não conformidades?

2.2 OBJETIVOS

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal desta pesquisa é a identificação das principais falhas na execução da alvenaria estrutural nas obras de interesse social em estudo, através da elaboração de procedimentos de execução e acompanhamento dos serviços nos canteiros de obras.

2.2.2 Objetivos secundários

O objetivo secundário desta pesquisa é a análise das possíveis manifestações patológicas oriundas das falhas observadas nas etapas de execução da alvenaria estrutural nas obras em estudo.

2.3 HIPÓTESE

Este trabalho possui a seguinte hipótese: as empresas responsáveis por empreendimentos habitacionais de interesse social possuem procedimentos para execução dos serviços da alvenaria estrutural, que possibilitam a análise das falhas recorrentes na execução da alvenaria estrutural, bem como o controle das inspeções realizadas nas paredes das unidades a fim de identificar e corrigir as não conformidades.

2.4 DELIMITAÇÕES

Este trabalho fica delimitado à análise de dois conjuntos habitacionais de interesse social, que utilizam o sistema construtivo alvenaria estrutural de bloco cerâmico, sendo ambos empreendimentos localizados na Região Metropolitana de Porto Alegre, executados por duas empresas diferentes.

2.5 LIMITAÇÕES

A seguir são associadas as limitações relativas ao estudo proposto:

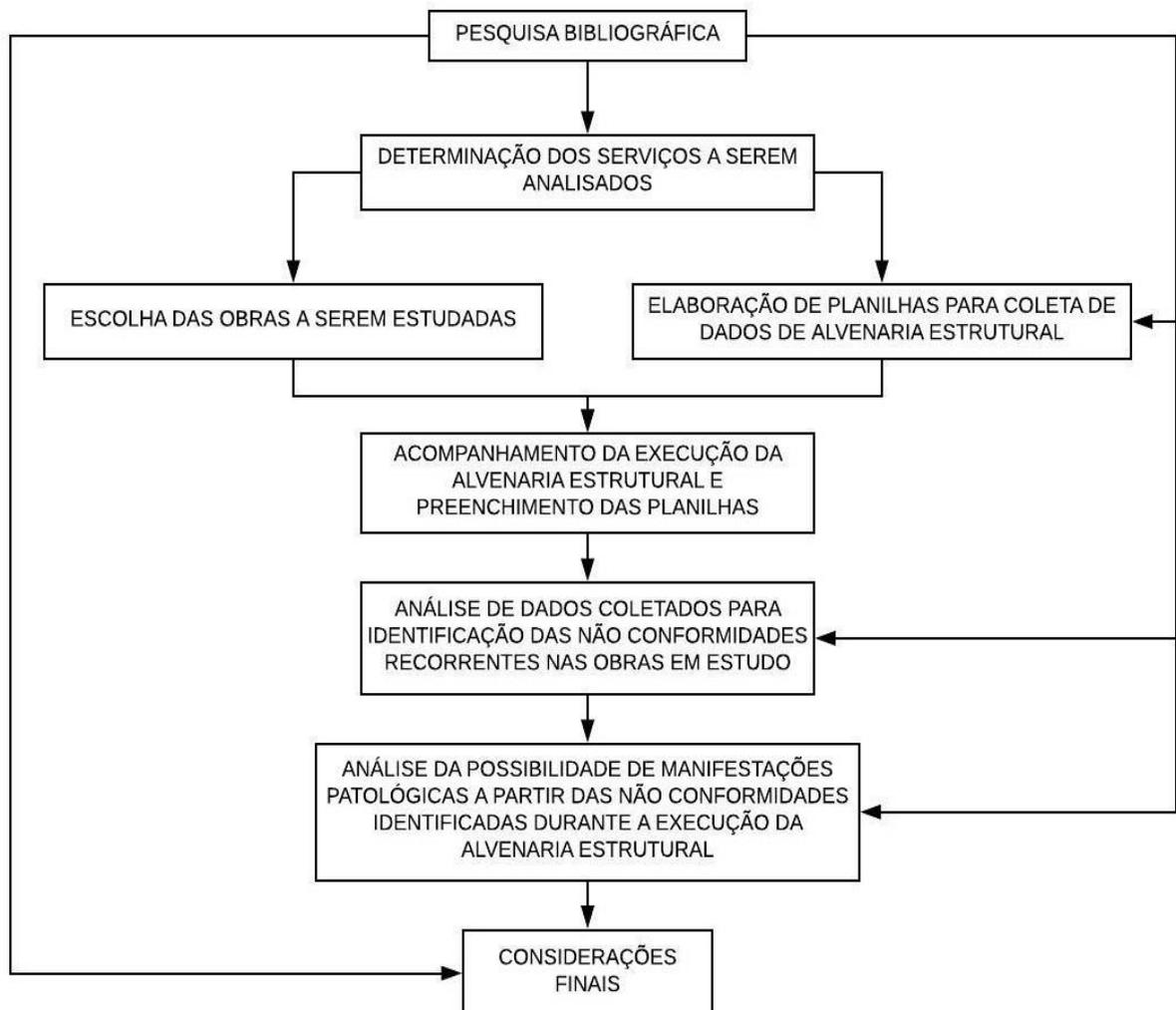
- a) a análise das falhas ou não conformidades observadas durante a execução de alvenarias das obras em estudo considera somente os itens apresentados na planilha elaborada para a coleta de dados;
- b) para a análise da possibilidade de manifestações patológicas são consideradas apenas as falhas observadas nas obras em estudo;
- c) itens relativos aos custos do sistema construtivo não são avaliados neste trabalho;
- d) itens relativos ao planejamento de equipes ou número de trabalhadores por função não são avaliados neste trabalho.

2.7 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Para a elaboração do trabalho, as seguintes etapas foram desenvolvidas:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) determinação dos serviços a serem analisados;
- c) escolha das obras a serem estudadas;
- d) elaboração de planilha para coleta de dados de alvenaria estrutural;
- e) acompanhamento da execução da alvenaria estrutural e preenchimento das planilhas;
- f) análise de dados coletados para identificação das não conformidades recorrentes nas obras em estudo;
- g) análise da possibilidade de manifestações patológicas a partir das não conformidades identificadas durante a execução da alvenaria estrutural;
- h) considerações finais.

Figura 1 – Fluxograma da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

O estudo foi iniciado pela pesquisa bibliográfica, etapa na qual o sistema construtivo em questão foi descrito e caracterizado de acordo com as informações coletadas através de normas técnicas, livros e artigos. Sendo assim, foram descritas as definições do sistema de acordo com opiniões de diferentes autores, que contribuíram não somente para essa etapa, mas também para o embasamento dos conceitos abordados nas etapas seguintes.

Após a descrição do sistema construtivo alvenaria estrutural de bloco cerâmico, buscou-se pela determinação dos serviços a serem analisados. A definição das etapas que foram acompanhadas e verificadas foi determinada a partir da revisão bibliográfica.

Na etapa seguinte, foram elaboradas planilhas para coleta de dados de alvenaria estrutural, as quais foram usadas nas verificações das paredes das obras em estudo. Paralelamente a isso, foram escolhidas duas obras que adotam o sistema construtivo abordado no trabalho, com características condizentes com o estudo desenvolvido.

Seguindo o fluxograma apresentado, realizou-se o acompanhamento da execução dos serviços nas duas obras, que permitiu o preenchimento das planilhas para coleta de dados de alvenaria estrutural elaboradas para posterior análise de dados.

Após a coleta dos dados, foi realizada a análise das principais falhas no processo executivo e não conformidades observadas nos conjuntos habitacionais, que foram apresentadas através de gráficos e quadros, permitindo o estudo sobre a possibilidade do aparecimento de manifestações patológicas nas edificações.

Por fim, através da pesquisa bibliográfica e dados obtidos em campo, apresentam-se as considerações finais.

3 O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

Este capítulo tem como finalidade buscar o conhecimento necessário sobre o funcionamento do Programa Minha Casa Minha Vida, que permitirá o entendimento das definições do programa. Além disso, será apresentado um breve histórico do déficit habitacional e os problemas mais comuns nas obras do programa.

3.1 POLÍTICAS HABITACIONAIS NO BRASIL

O Brasil mudou politicamente na década de 30 com o governo de Getúlio Vargas, o qual definiu um aumento expressivo nas intervenções da economia pelo Estado, que resultou no fortalecimento da classe social popular urbana brasileira, aumentando a questão habitacional e, assim, demandando participação do governo no setor da construção de moradias (FERREIRA, 2009, p. 13). De acordo com Freitas (2010, p. 4), a participação do governo no setor das habitações populares não somente aumentou a legitimidade do regime, mas também foi essencial na acumulação de capital no setor urbano por via da diminuição dos custos com a força do trabalho. No entanto, nem as medidas tomadas por Getúlio ou seus sucessores foram eficazes na tentativa de implantação de uma política habitacional que combatesse o problema (FERREIRA, 2009, p. 14).

A partir do Governo Lula, que teve início no ano de 2003 no Brasil, ocorreram mudanças no que se refere à participação do Estado na economia do país. Baseado no histórico dos governos anteriores ao do presidente Lula, o governo elaborou diferentes medidas políticas que foram além da fiscalização e regulamentação dos investimentos públicos. Assim, é lançado o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) no ano de 2007, o qual foi desenvolvido com o objetivo de retomar o planejamento e execução de grandes obras no Brasil (LIMA, 2015, p. 20). No ano seguinte, após a crise mundial de 2008, para sustentar os investimentos do PAC, o governo optou pela integração do programa à política econômica geral. Conseqüentemente, a verba alocada ao PAC foi aumentada (FREITAS, 2010, p. 21).

Segundo Lima (2015, p. 21), a partir do estímulo ao crédito e financiamento proporcionados pelo PAC, surge o Programa Minha Casa Minha Vida, o qual foi lançado no ano de 2009, visando promover desenvolvimento no setor da construção habitacional de baixa renda.

“[...] o Programa Minha Casa minha Vida (PMCMV) foi lançado em 2009, através da Lei 11.977, com o objetivo de criar mecanismos de incentivo à construção de novas unidades habitacionais em todos os municípios brasileiros” (LIMA, 2015, p. 25).

3.2 FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

O programa tem como objetivo facilitar a aquisição da moradia própria pelas famílias de baixa renda (Ministério das Cidades, 2016). Os benefícios são concedidos de acordo com o teto da renda familiar mensal, de acordo com o quadro 1 apresentado a seguir:

Quadro 1 – Concessões de benefícios pelo PMCMV por faixa de renda

FAIXA	RENDA FAMILIAR MENSAL	CARACTERÍSTICAS DE SUBSÍDIOS E JUROS
1	Até R\$ 1.800,00	Até 90% de subsídio do valor do imóvel. Pago em até 120 prestações mensais de, no máximo, R\$ 270,00 sem juros
1,5	Até R\$ 2.600,00	Até R\$ 47.500,00 de subsídio do imóvel. Taxa de juros de 5 % ao ano
2	Até R\$ 2.600,00	Até R\$ 29.000,00 de subsídio do imóvel. Taxa de juros de 5,5 % ao ano
	Até R\$ 3.000,00	Até R\$ 29.000,00 de subsídio do imóvel. Taxa de juros de 6 % ao ano
	Até R\$ 4.000,00	Até R\$ 29.000,00 de subsídio do imóvel. Taxa de juros de 7 % ao ano
3	Até R\$ 7.000,00	Taxa de juros de 8,16 % ao ano
	Até R\$ 9.000,00	Taxa de juros de 9,16 % ao ano

(fonte: Caixa Econômica Federal, 2018)

De acordo com informações do Ministério das Cidades (2016) além das divisões por faixas do PMCMV, o programa também é dividido em modalidades:

- a) Minha Casa, Minha Vida Urbano: esta modalidade destina-se aos que moram em centros urbanos, e enquadra-se em todas as faixas;

- b) Minha Casa, Minha Vida Entidades: esta modalidade funciona somente na Faixa 1, permitindo que em associação, famílias organizadas por Entidade Organizadora Habilitada produzam suas habitações populares;
- c) Minha Casa, Minha Vida Rural: esta modalidade é destinada às famílias rurais ou comunidades tradicionais. Esta parte do programa voltada aos agricultores familiares possui três grupos de renda, que variam até R\$ 78.000,00 anuais.

Além de atender aos requisitos de renda familiar, o Ministério das Cidades (2016) afirma que para participar do PMCMV, o candidato não pode:

- a) ser dono ou ter financiamento de imóvel residencial;
- b) ter recebido benefício de outro programa habitacional do Governo;
- c) estar cadastrado no Sistema Integrado de Administração de Carteiras Imobiliárias (SIACI) e/ou Cadastro Nacional de Mutuários (CADMUT);
- d) ter débitos com o Governo Federal.

O teto do valor dos imóveis varia de acordo com a localidade do empreendimento, que são apresentadas no quadro 2:

Quadro 2 – Teto do valor dos imóveis por recorte territorial

RECORTE TERRITORIAL	DF, RJ e SP	Região Sul, ES e MG	Região Centro- Oeste, exceto DF	Regiões Norte e Nordeste
Capitais estaduais classificadas pelo IBGE como metrópoles	R\$ 240 mil	R\$ 215 mil	R\$ 190 mil	R\$ 190 mil
Demais capitais estaduais e municípios com população maior ou igual a 250 mil habitantes classificados pelo IBGE como capitais regionais	R\$ 230 mil	R\$ 190 mil	R\$ 180 mil	R\$ 180 mil
Municípios com população maior ou igual a 100 mil habitantes; Municípios com população menor do que 100 mil habitantes integrantes das regiões metropolitanas das capitais estaduais	R\$ 180 mil	R\$ 170 mil	R\$ 165 mil	R\$ 160 mil
Municípios com população maior ou igual a 50 mil e menor que 100 mil habitantes	R\$ 145 mil	R\$ 140 mil	R\$ 135 mil	R\$ 130 mil
Municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes	R\$ 110 mil	R\$ 105 mil	R\$ 105 mil	R\$ 100 mil
Demais municípios	R\$ 95 mil	R\$ 95 mil	R\$ 95 mil	R\$ 95 mil

(fonte: Caixa Econômica Federal, 2018)

3.3 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Segundo o Ministério das Cidades (2018), para que as especialidades técnicas de execução de obras evoluam continuamente resultando em maior qualidade no setor da construção civil, criou-se o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras – SiAC.

De acordo com o Ministério das cidades (2018), o SiAC integra o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H, o qual busca formar um padrão para as empresas responsáveis por empreendimentos que recebem financiamento da Caixa Econômica Federal para o desenvolvimento de habitações voltadas para o Programa Minha Casa Minha Vida. Este padrão tem como meta incluir tecnologia construtiva aos empreendimentos habitacionais de interesse social, visando uma melhora da qualidade e execução destes projetos.

O SiAC tem como finalidade analisar os sistemas internos de gestão da qualidade nos serviços das empresas, tendo em conta as características específicas da atuação destas empresas no ramo da construção civil. Alguns princípios do SiAC são destacados pelo Ministério das Cidades (2018):

- a) Abrangência Nacional: o Sistema é único, definido por um Regimento Geral, Regimentos Específicos e Referenciais Normativos, adaptados às diferentes especialidades técnicas e sub-setores da construção civil envolvidos na produção do habitat;
- b) Caráter Evolutivo: Regimento estabelece níveis de avaliação da conformidade progressivos, segundo os quais, os sistemas de gestão da qualidade das empresas são avaliados e classificados. Ao mesmo tempo, induz a implantação gradual do sistema da qualidade, dando às empresas o tempo necessário para realizar essa tarefa;
- c) Caráter Pró-Ativo: busca-se criar um ambiente de suporte, que oriente as empresas na obtenção do nível de avaliação da conformidade almejado;
- d) Flexibilidade: pode se adequar às características regionais, às diferentes tecnologias e às formas de gestão próprias das especialidades técnicas e seus sub-setores.

Pode-se dizer, de acordo com o Regimento Específico da Especialidade Técnica Execução de Obras (2017), que o SiAC visa melhorar a eficiência técnica e econômica de empresas atuantes na construção civil, colocando em prática um sistema de gestão da qualidade, seja em qual for o subsetor da construção. Não somente isto, mas o SiAC também tem como finalidade aumentar a satisfação dos compradores das habitações com relação ao atendimento de suas exigências.

Quanto à avaliação da conformidade dos procedimentos de gestão da qualidade das empresas na execução dos serviços, o Regimento Específico da Especialidade Técnica Execução de

Obras (2017) estabelece requisitos para certificação dos sistemas de controle das empresas em nível A ou B. O quadro 3 a seguir ilustra as diferenças nos requisitos para obtenção das certificações do SiAC. A letra “X” da coluna que apresenta os níveis indica se é necessário ou não cumprir as especificações para cada nível.

Quadro 3 – Requisitos do sistema de gestão da qualidade das empresas

SiAC - Execução de Obras		Níveis		
SEÇÃO	REQUISITO	B	A	
4 Sistema de Gestão da Qualidade	4.1 Requisitos gerais	X	X	
	4.2. Requisitos de documentação	4.2.1. Generalidades	X	X
		4.2.2. Manual da Qualidade	X	X
		4.2.3. Controle de documentos	X	X
		4.2.4. Controle de registros	X	X
5 Responsabilidade da direção da empresa	5.1. Comprometimento da direção da empresa	X	X	
	5.2. Foco no cliente	X	X	
	5.3. Política da qualidade	X	X	
	5.4. Planejamento	5.4.1. Objetivos da qualidade	X	X
		5.4.2. Planejamento do Sistema de Gestão da Qualidade	X	X
	5.5. Responsabilidade, Autoridade e Comunicação	5.5.1. Responsabilidade e autoridade	X	X
		5.5.2. Representante da direção da empresa	X	X
		5.5.3. Comunicação interna		X
	5.6. Análise crítica pela direção	5.6.1. Generalidades	X	X
		5.6.2. Entradas para a análise crítica	X	X
5.6.3. Saídas da análise crítica		X	X	
6 Gestão de recursos	6.1. Provisão de recursos	X	X	
	6.2. Recursos humanos	6.2.1. Designação de pessoal	X	X
		6.2.2. Treinamento, conscientização e competência	X	X
	6.3. Infraestrutura	X	X	
6.4. Ambiente de trabalho		X		
7 Execução da obra	7.1. Planejamento da Obra	7.1.1. Plano da Qualidade da Obra	X	X
		7.1.2. Planejamento da execução da obra	X	X
	7.2. Processos relacionados ao cliente	7.2.1. Identificação de requisitos relacionados à obra	X	X
		7.2.2. Análise crítica dos requisitos relacionados à obra	X	X
		7.2.3. Comunicação com o cliente		X
	7.3. Projeto	7.3.1. Planejamento da elaboração do projeto		X
		7.3.2. Entradas de projeto		X
		7.3.3. Saídas de projeto		X
		7.3.4. Análise crítica de projeto		X
		7.3.5. Verificação de projeto		X
		7.3.6. Validação de projeto		X
		7.3.7. Controle de alterações de projeto		X
		7.3.8. Análise crítica de projetos fornecidos pelo cliente	X	X
	7.4. Aquisição	7.4.1. Processo de aquisição	X	X
		7.4.2. Informações para aquisição	X	X
7.4.3. Verificação do produto adquirido		X	X	

Continua

continuação

	7.5. Operações de produção e fornecimento de serviço	7.5.1. Controle de operações	X	X
		7.5.2. Validação de processos		X
		7.5.3. Identificação e rastreabilidade	X	X
		7.5.4. Propriedade do cliente		X
		7.5.5. Preservação de produto	X	X
	7.6. Controle de dispositivos de medição e monitoramento		X	X
8 Medição, análise e melhoria	8.1. Generalidades		X	X
	8.2. Medição e monitoramento	8.2.1. Satisfação do cliente	X	X
		8.2.2. Auditoria interna	X	X
		8.2.3. Medição e monitoramento de processos		X
		8.2.4. Inspeção e monitoramento de materiais e serviços de execução controlados e da obra	X	X
	8.3. Controle de materiais e de serviços de execução controlados e da obra não conformes		X	X
	8.4. Análise de dados		X	X
	8.5. Melhoria	8.5.1. Melhoria contínua	X	X
8.5.2. Ação corretiva		X	X	
8.5.3. Ação preventiva			X	

(fonte: Regimento Específico da Especialidade Técnica Execução de Obras, 2017)

3.4 PROBLEMAS EM OBRAS

O governo facilita a construção das obras de interesse social no Brasil, por meio dos programas de subsídio e financiamento de materiais para construção. No entanto, não há um controle adequado para verificação do andamento das obras, as quais recebem pouco investimento em novas tecnologias para sistemas construtivos, resultando em habitações precárias (FREITAS, 2010, p. 83).

Quando se realiza verificação sobre as manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de interesse social que foram construídos em alvenaria estrutural, encontra-se: “[...] fissuras mapeadas no revestimento de argamassa das fachadas, umidade por infiltração nas faces internas das paredes externas, fissuras e irregularidades na interface das lajes com as paredes do último pavimento e fissuras horizontais nas faces internas e externas das paredes do último pavimento” (RICHTER, 2007, p. 123). As possíveis causas das fissuras nas paredes de alvenaria estrutural são: “[...] falhas nos materiais utilizados no processo construtivo, falhas durante a execução dos serviços, falhas no processo de projeto e as ações externas” (RICHTER, 2007, p. 113).

Para Alexandre (2008, p. 160), as falhas observadas em empreendimentos habitacionais de baixa renda, as quais podem resultar em manifestações patológicas, podem ser separadas por categorias de causas, para que seja possível identificar as origens de fissurações nas paredes, relacionando estas origens com execução inadequada dos serviços, falhas nos materiais empregados no sistema construtivo e até mesmo erros na elaboração de projetos.

Segundo Richter (2007, p. 169), nas empresas responsáveis pela construção de conjuntos habitacionais de interesse social, geralmente o controle e verificação dos procedimentos não é eficaz ao ponto de garantir a conformidade do sistema construtivo de acordo com especificações recomendadas.

O Ministério da Transparência, Fiscalização e a Controladoria-Geral da União (CGU) são responsáveis pela avaliação da aplicação dos recursos na execução dos empreendimentos habitacionais de interesse social. Esta avaliação é feita através de relatórios, que contemplam quatro aspectos operacionais e finalísticos do Programa Minha Casa Minha Vida, que são citados a seguir (RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DA EXECUÇÃO DE PROGRAMA DE GOVERNO Nº 66, 2017):

- a) a contribuição do programa com o objetivo de diminuir o déficit habitacional;
- b) a conformidade dos procedimentos necessários para financiamento, liberação de recurso e acompanhamento de obras pelos atores competentes;
- c) o atendimento ao legítimo público-alvo do programa e a conformidade das especificações previstas em projeto;
- d) atendimento à expectativa dos compradores de unidades habitacionais do programa.

São apresentadas informações através dos quadros 4, 5, 6 e 7 que relacionam a conformidade com as especificações de projeto nestes empreendimentos, bem como a satisfação dos compradores destas habitações (RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DA EXECUÇÃO DE PROGRAMA DE GOVERNO Nº 66, 2017).

Quadro 4: Conformidade dos itens utilizados nas unidades habitacionais

Questionário - Avaliação do Empreendimento In Loco – Obras Concluídas	Quantidade de Respostas Obtidas	Percentual de Respostas Sim (das respostas obtidas)
Foi verificado caso em que a unidade habitacional não apresentou os itens previstos no projeto do empreendimento?	55	9,1%

(fonte: Relatório de Avaliação da Execução de Programa de Governo Nº 66, 2017)

Quadro 5: Unidades habitacionais com deterioração antes do término da garantia

Questionário - Avaliação do Empreendimento In Loco – Obras Concluídas	Quantidade de Respostas Obtidas	Percentual de Respostas Sim (das respostas obtidas)
Foi verificado caso em que a unidade habitacional apresentou deterioração antes do término da garantia?	55	56,4%

(fonte: Relatório de Avaliação da Execução de Programa de Governo N° 66, 2017)

Quadro 6: Satisfação dos beneficiários em relação aos imóveis

Questionário - Nível de Satisfação dos Beneficiários Qual o grau de satisfação com o imóvel?	
Alto	246 (33,1%)
Médio	351 (47,2%)
Baixo	67 (9,0%)
Insatisfeito	79 (10,6%)
Não se aplica	769

(fonte: Relatório de Avaliação da Execução de Programa de Governo N° 66, 2017)

Quadro 7: Problemas de construção dos imóveis financiados pelo PMCMV

Questionário - Nível de Satisfação dos Beneficiários Quais defeitos ou problemas de construção da residência foram encontrados?	
Depressões	62 (13,8%)
Falta de prumo e de esquadros	146 (32,4%)
Fissuras	96 (21,3%)
Infiltrações	207(46,0%)
Na cobertura	32 (7,1%)
Nas esquadrias	89 (19,8%)
Nas instalações elétricas	87 (19,3%)
Nas instalações hidráulicas	79 (17,6%)
Nas instalações sanitárias	53 (11,8%)
Pintura externa	43 (9,6%)
Pintura interna	86 (19,1%)
Piso	160 (35,6%)
Recalques	21 (4,7%)
Trincas	106 (23,6%)
Vazamentos	109 (24,2%)
Outras deficiências que comprometam a qualidade e a durabilidade da obra	184 (40,9%)
Não se aplica	1.010

(fonte: Relatório de Avaliação da Execução de Programa de Governo N° 66, 2017)

Embora tenha sido constatado elevado número de problemas e insatisfação de compradores nas obras vistoriadas, a CGU afirma que a avaliação da execução das habitações do PMCMV mostra resultados satisfatórios, com chances de aperfeiçoamentos para atenuar as falhas apontadas pelo relatório (RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DA EXECUÇÃO DE PROGRAMA DE GOVERNO N° 66, 2017).

4 ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS

Neste capítulo desenvolve-se a concepção básica e funcionamento do sistema, o qual é baseado não somente nas recomendações das normas técnicas de projeto e execução, mas também na revisão bibliográfica. Além disso, são apresentados o histórico e a evolução do sistema ao longo dos anos.

4.1 CONCEITO DO SISTEMA

Conceitua-se alvenaria estrutural “[...] o processo construtivo na qual, os elementos que desempenham a função estrutural são de alvenaria, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de forma racional” (CAMACHO, 2006, p. 1). De acordo com Ramalho e Corrêa (2003, p. 1), o princípio do funcionamento do sistema, quando se aborda o processo na construção civil, resume-se na correta transmissão de cargas por meio das tensões de compressão. O princípio citado anteriormente pressupõe que, além das cargas de compressão, existirão cargas de tração em alguns pontos da estrutura, que devem apresentar um valor de carga pouco expressivo. “[...] se as trações ocorrerem de forma generalizada ou seus valores forem muito elevados, a estrutura pode ser até mesmo tecnicamente viável, mas dificilmente será economicamente adequada” (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 1).

Segundo Roman et al. (1999, p. 4) as bases estruturais de sistemas de concreto armado são descartadas, pois utiliza-se as próprias paredes da habitação na resistência às tensões. Levando em consideração a existência de sistemas com procedimentos diferentes, quanto à concepção e desenvolvimento de cálculos das solicitações, é exigido que projetista e construtor saibam aplicar os fundamentos de alvenaria estrutural seguindo às recomendações técnicas, para que as soluções de engenharia não sejam concebidas através do conhecimento teórico aplicável ao concreto armado (ROMAN et al., 1999, p. 4). Torna-se fundamental a quantificação dos deslocamentos e solicitações atuantes na estrutura, pois é através do processo de cálculos, comportamento da estrutura e levantamento das ações atuantes que se desenvolve a análise estrutural do sistema (CAMACHO, 2006, p. 21).

4.2 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO

O sistema construtivo alvenaria estrutural é utilizado pelo homem há centenas de séculos. Inicialmente, os blocos eram compostos por pedras, argilas e outros materiais disponíveis para composição do sistema. Algumas obras se tornaram marcos históricos da humanidade, que desafiaram o tempo e chegam até a atualidade como verdadeiros monumentos não somente dentro da história geral, mas também dentro do tipo de estrutura abordada (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 2). “Até o final do século XIX, a alvenaria era um dos principais materiais de construção utilizados pelo homem. As construções da época eram então erguidas segundo regras puramente empíricas, baseadas nos conhecimentos adquiridos ao longo dos séculos” (CAMACHO, 2006, p. 5).

A evolução do concreto armado modificou o modo de construir no início do século XX. Com o avanço dos novos materiais, surgiram técnicas inovadoras para sistemas construtivos, que possibilitaram o desenvolvimento de obras de maior porte e arrojado. Durante a revolução provocada pelo uso das estruturas de concreto armado nas construções, as estruturas em alvenaria tiveram seu uso diminuído, sendo as alvenarias usadas na maioria das vezes apenas como elemento de vedação (CAMACHO, 2006, p. 5). De acordo com Camacho (2006, p. 5), uma crescente necessidade de inovações e alternativas em meados do século XX fez com que o sistema de alvenaria estrutural fosse redescoberto. A alvenaria, que durante longo período de tempo foi utilizada de forma empírica, mudou quando “[...] um grande número de pesquisas foram desenvolvidas em muitos países, permitindo que fossem criadas normas, e adotados critérios de cálculo baseados em métodos racionalizados” (CAMACHO, 2006, p. 5).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003, p. 4) o sistema construtivo em alvenaria é utilizado no Brasil desde o início do período de colonização que se deu início no século XVI. Mas, a concepção do sistema, quanto a construir de forma racional e econômica utilizando blocos estruturais, demorou para encontrar seu espaço. Não se sabe ao certo a data das edificações realizadas com blocos estruturais, “[...] mas pode-se supor que os primeiros edifícios construídos no Brasil tenham surgido em 1966, em São Paulo” (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 5).

O sistema construtivo em alvenaria estrutural é bem aceito pelo mercado brasileiro, embora sua chegada no Brasil tenha sido tardia, o sistema apresentou um acelerado desenvolvimento nos últimos anos e, além do mais, mostrou-se eficaz e econômico não somente como alternativa em

edificações residenciais, mas também em obras industriais (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 5). O reflexo da boa inserção das estruturas em alvenaria no mercado da construção é constatado por Ramalho e Corrêa (2003, p. 5), que afirmam um aumento no número de fábricas nacionais que produzem blocos para este sistema construtivo, sejam de concreto ou cerâmicos.

4.3 CLASSIFICAÇÃO

Segundo Camacho (2006, p. 3), o sistema construtivo de alvenaria estrutural pode ser classificado tanto pelo tipo de processo empregado, quanto ao tipo de blocos ou material usado, como a seguir:

- a) Alvenaria Estrutural Armada: é o processo construtivo em que, por necessidade estrutural, os elementos resistentes (estruturais) possuem uma armadura passiva de aço. Essas armaduras são dispostas nas cavidades dos blocos que são posteriormente preenchidas com micro-concreto (graute);
- b) Alvenaria Estrutural Não Armada: é o processo construtivo em que nos elementos estruturais existem somente armaduras com finalidades construtivas, de modo a prevenir problemas patológicos (fissuras, concentração de tensões, etc.);
- c) Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada: é o processo construtivo em que alguns elementos resistentes são projetados como armados e outros como não armados. De uma forma geral, essa definição é empregada somente no Brasil;
- d) Alvenaria Estrutural Protendida: é o processo construtivo em que existe uma armadura ativa de aço contida no elemento resistente;
- e) Alvenaria Estrutural de Tijolos ou de Blocos: função do tipo das unidades;
- f) Alvenaria Estrutural Cerâmica ou de Concreto: conforme as unidades (tijolos ou blocos) sejam de material cerâmico ou de concreto.

4.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003, p. 9), deve-se levar em consideração alguns detalhes fundamentais na escolha da alvenaria estrutural, pois a redução de custos esperada com a retirada de vigas e pilares depende das características da estrutura. Os parâmetros mais importantes a serem considerados são descritos a seguir (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 9):

- a) A altura da edificação: a alvenaria estrutural no Brasil é recomendada para edificações com um número máximo de 15 ou 16 pavimentos. Para alturas superiores às citadas anteriormente, não se encontram blocos com resistência suficiente para suportar à compressão, isto é, tornando-se quase que inevitável a utilização de um esquema de grauteamento generalizado na estrutura, o que pode trazer problemas de viabilidade econômica. Além disso, as ações horizontais em

- edificações altas exercem altas tensões sobre a estrutura, o que exige o emprego de armaduras e graute na estrutura;
- b) O arranjo arquitetônico da edificação: deve-se levar em consideração a densidade de paredes estruturais por metro quadrado de pavimento, isto é, em edificações não usuais, espera-se um valor razoável entre 0,5 e 0,7 m de paredes estruturais por metro quadrado de pavimento. Se este indicativo estiver dentro do limite citado, as condições de dimensionamento serão usuais;
 - c) O tipo de uso da edificação: a alvenaria estrutural é recomendada para edifícios com vãos relativamente pequenos, encontrados normalmente em construções de padrão médio ou baixo. Em edifícios comerciais é desaconselhado o uso de alvenaria estrutural, pois é comum a necessidade de rearranjo das paredes internas de acordo com as necessidades das diferentes empresas que façam a utilização da edificação.

4.4.1 Pontos positivos do sistema

De acordo com Roman et al. (1999, p. 8) as vantagens do sistema são encontradas inicialmente na elaboração de projetos, considerando que o “[...] sistema permite detalhamentos estéticos bastante atraentes, com variadas fôrmas, texturas e cores, oferecendo boas possibilidades arquitetônicas e estruturais” (ROMAN et al., 1999, p. 8).

Segundo Camacho (2006, p. 4), a redução de custos numa edificação que utiliza o sistema construtivo em alvenaria estrutural é proveniente de:

- a) Simplificação das técnicas de execução;
- b) Economia de fôrmas e escoramentos.

Se existirem fôrmas, serão apenas para as lajes. Se for possível fazer o uso de lajes pré-moldadas, o empreendimento ganha flexibilidade no planejamento, pois o andamento da obra não dependerá do tempo de cura das lajes. Considera-se também a redução de desperdício, tendo em vista que as paredes não sofrerão rasgos para passagem de instalações (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 11). Não é necessária grande diversidade de mão de obra para construção do empreendimento, “[...] o que possibilita menor número de equipes ou subcontratados para o trabalho, e redução significativa na mão de obra de carpintaria e ferragens, além do que, extrema facilidade de supervisão da obra” (ROMAN et al., 1999, p. 9).

4.4.2 Pontos negativos do sistema

Embora haja uma série de vantagens na adoção do sistema, em alguns casos acham-se empecilhos que podem inviabilizar o uso da alvenaria como estrutura da edificação. Ramalho e Corrêa (2003, p. 11) ressaltam três fatores importantes para atentar-se:

- a) Adaptação da estrutura: durante a vida útil de uma estrutura, esta pode sofrer alterações de acordo com as necessidades dos usuários. No entanto, em paredes que compõem a estrutura é tecnicamente inviável realizar modificações arquitetônicas na maioria dos casos;
- b) Interferência de projetos: a compatibilização é algo de extrema importância para o correto funcionamento de uma habitação. Em obras em que as paredes são parte da estrutura, a interferência entre projetos necessita de atenção especial, pois deve-se respeitar a manutenção do módulo e atentar-se a impossibilidade de rasgos nas paredes;
- a) Mão de obra: recomenda-se treinamento prévio das equipes que executarão o sistema. Os riscos de falhas na execução podem comprometer a segurança da edificação.

4.5 COMPONENTES DO SISTEMA

Segundo Camargo e Corrêa (2003, p. 6), os principais componentes do sistema construtivo em alvenaria estrutural são aqueles que irão compor os elementos da estrutura. As unidades de alvenaria, argamassa, graute e armaduras são descritas nos itens a seguir.

4.5.1 Unidades de alvenaria

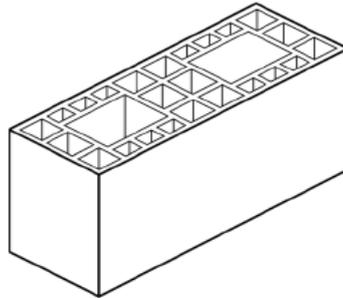
As unidades de alvenaria (blocos ou tijolos) são definidas por Camacho (2006, p. 9) como: “[...] componentes mais importantes que compõe a alvenaria estrutural, uma vez que são eles que comandam a resistência à compressão e determinam os procedimentos para aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos. ” No Brasil, quando se refere ao material componente das unidades de alvenaria, o uso é mais frequente com unidades cerâmicas, unidades de concreto e unidades de sílico-calcário (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 7). O desenvolvimento deste trabalho é baseado em estruturas com blocos cerâmicos, limitando-se assim à análise destes como unidades do sistema.

Os blocos cerâmicos estruturais possuem furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm e, além do mais, são definidos em (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a, p. 1-5):

- a) Bloco cerâmico de paredes vazadas: bloco adotado nos sistemas com paredes vazadas, ilustrado pela figura 2;

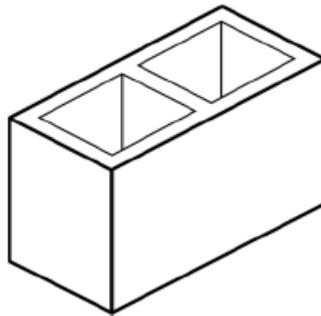
- b) Bloco cerâmico com paredes maciças: bloco adotado nos sistemas que possuem paredes externas maciças e as internas podem ser vazadas ou maciças, ilustrado pelas figuras 3 e 4;
- c) Bloco canaleta U: bloco com seção em fôrma de U, o qual possibilita a construção de vergas, contravergas e cintas de amarração, ilustrado pela figura 5.

Figura 2 – Bloco cerâmico de paredes vazadas



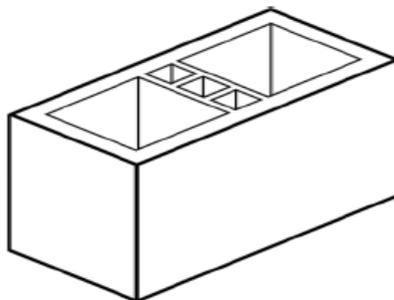
(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a, p. 2)

Figura 3 – Bloco cerâmico com paredes internas e externas maciças



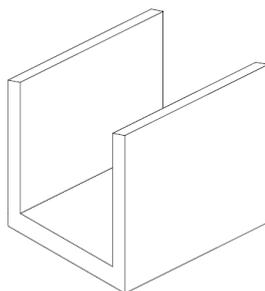
(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a, p. 3)

Figura 4 – Bloco cerâmico estrutural com paredes externas maciças e paredes internas vazadas



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a, p. 3)

Figura 5 – Bloco canaleta U



(fonte: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a, p. 5)

De acordo com a NBR 15270-2, a produção de blocos cerâmicos estruturais deve ser feita através de “[...] conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, e queimado a temperaturas elevadas” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a, p. 11). A identificação do fabricante e tipo de bloco cerâmico é obrigatória, “[...] trazer gravada, em uma das suas faces externas, a identificação do fabricante e do bloco ou tijolo em baixo relevo ou reentrância, com caracteres de no mínimo 5 mm de altura, sem que prejudique o seu uso [...]”, onde deve constar no mínimo: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a, p. 11):

- a) identificação do fabricante:
 - CNPJ;
 - razão social ou nome fantasia;
- b) dimensões de fabricação em centímetros, na sequência largura (L), altura (H) e comprimento (C), na fórmula (L x H x C), podendo ser suprimida a inscrição da unidade de medida em centímetros;
- b) indicação de rastreabilidade; lote ou data de fabricação;
- c) telefone do serviço de atendimento ao cliente ou correio eletrônico ou endereço do fabricante, importador ou revendedor/distribuidor;
- d) para blocos/tijolos da classe EST, as letras EST (indicativas de sua condição estrutural) após a indicação das dimensões nominais.

Para fins de controle dos blocos, a NBR 15812-2 estabelece critérios para o recebimento das unidades cerâmicas estruturais em obra. O controle de qualidade recomendado quanto ao número de unidades recebidas por vez no empreendimento, indica que “[...] para o controle da resistência à compressão, os lotes tenham no máximo 20 000 blocos ou o número de blocos necessário para a construção de dois pavimentos” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 5). Assim como no recebimento de outros materiais da alvenaria estrutural, a Norma especifica que deve ser feita inspeção nos blocos tanto no recebimento como no momento antes do uso, de forma a detectar as não-conformidades.

Segundo Alexandre (2008, p. 96), o uso de blocos com fissuras compromete a qualidade das paredes, favorecendo a manifestação de fissuras isoladas. De acordo com Roman et al. (1999, p. 24), outro fator que deve ser observado é a geometria das unidades, que devem apresentar dimensões homogêneas e superfícies lisas, sem presença de fissuras.

Após o recebimento das unidades cerâmicas no canteiro de obras, deve-se fazer o armazenamento deste componente, de maneira que sejam atendidos os seguintes itens expostos em (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 5):

- a) os blocos devem ser descarregados em uma superfície plana e nivelada que garanta a estabilidade da pilha;
- b) os blocos devem ser empregados preferencialmente na ordem do recebimento;
- c) deve haver indicação das resistências identificando o número do lote de obra e o local de sua aplicação;
- d) os blocos devem ser armazenados sobre lajes devidamente cimbradas ou sobre o solo, desde que seja evitada a contaminação direta ou indireta por ação da capilaridade da água.

Assim como citado pela NBR 15812-2 quanto à possibilidade de contaminação direta ou indireta pela ação da capilaridade da água, Alexandre (2008, p. 94) afirma que quando os blocos são depositados diretamente no solo e futuramente empregados nas alvenarias, a aderência entre argamassa e bloco é afetada.

4.5.2 Argamassa

Define-se como argamassa de assentamento o componente que tem como funções básicas a solidarização das unidades, absorção de deformações, transmissão de tensões entre as unidades da alvenaria, prevenção da penetração de água e de vento nas edificações. Para que sejam satisfeitas as funções citadas anteriormente para a argamassa utilizada na alvenaria, é necessário que se reúnam características de resistência, plasticidade, durabilidade e trabalhabilidade (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 7).

Roman et al. (1999, p. 13) ressaltam, apesar de que sejam verificados basicamente os mesmos elementos constituintes do concreto na composição das argamassas de assentamento, estes elementos possuem finalidades bastante diferentes. Posto isto, deve-se atentar aos diferentes procedimentos e recomendações para produção de argamassas de qualidade. De acordo com a NBR 15812-2, deve-se obter uma trabalhabilidade da argamassa de assentamento harmonizável com os demais materiais e ferramentas utilizados na construção da alvenaria. Além disso, a

Norma afirma que a argamassa de assentamento deve ser mantida em argamassadeira de metal ou plástico que confira estanqueidade ao componente. É válido citar que o ajuste da consistência da argamassa de assentamento com a adição de água pode ser executado no máximo duas vezes. Em locais de clima quente ou com presença de ventos, recomenda-se cobrir o local de preparo da argamassa, a fim de evitar a evaporação da água do componente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 7).

De acordo com a NBR 13281, a argamassa para assentamento e revestimento de paredes que será aplicada na obra deve ser corretamente recebida e armazenada, possibilitando uma minuciosa inspeção e amostragem do produto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 5).

4.5.2.1 Argamassa industrializada

Os seguintes itens são especificados pela NBR 13281 para recebimento e inspeção de argamassa industrializada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 6):

- a) O tamanho do lote deve ser estabelecido em comum acordo entre o fabricante e o cliente. Na ausência deste acordo, considera-se um lote a quantidade de argamassa, de cada tipo e fabricante, da mesma data de fabricação;
- b) Uma vez estabelecido o tamanho do lote, a amostragem deve ser feita para cada lote;
- c) Na amostragem de argamassa industrializada de cada lote, deve ser retirada uma amostra com no mínimo 50 kg, que deve ser dividida em dois exemplares aproximadamente iguais (cerca de 25 kg cada), identificados e acondicionados hermeticamente, de tal forma que não sejam modificadas as características do produto. Um dos exemplares deve ser utilizado para a realização dos ensaios prescritos nesta Norma e o outro deve ser reservado como testemunho para eventual comprovação dos resultados;
- d) As amostras devem ser devidamente identificadas no momento da coleta, antes de seu envio ao laboratório;
- e) O prazo decorrido entre a coleta e o início da realização dos ensaios no laboratório deve ser de no máximo 30 dias, respeitando o prazo de validade do produto. Para eventual comprovação de resultados, deve-se também respeitar o prazo de validade dos testemunhos.

4.5.2.2 Argamassa dosada em obra ou em central dosadora

Para o recebimento e inspeção de argamassa dosada em obra ou em central dosadora, a NBR 13281 especifica os seguintes itens (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 6):

- a) O tamanho do lote deve ser de no máximo 200 t da soma dos materiais em cada tipo de argamassa;
- b) Uma vez estabelecido o tamanho do lote, a amostragem deve ser feita para cada lote;
- c) A amostra deve consistir na quantidade de argamassa preparada com um saco de cimento, quantificando os outros componentes em função do traço escolhido para a aplicação pretendida;
- d) Deve ser reservada igual porção de materiais componentes da argamassa como testemunho para ensaios comprobatórios. Alternativamente, podem ser registradas todas as informações sobre os materiais empregados na preparação da argamassa, incluindo marca, tipo, procedência, lote de fabricação e outras informações de interesse, que possibilitem a realização de ensaios comprobatórios, se necessários, com os mesmos materiais, dosados na mesma proporção;
- e) As amostras devem ser devidamente identificadas no momento da coleta, antes de seu envio ao laboratório;
- f) Deve ser informado ao laboratório responsável pela realização dos ensaios a composição e o proporcionamento dos materiais da argamassa, a dosagem de água, bem como a forma de mistura utilizada.

4.5.3 Graute

Define-se graute em “[...] concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluido, eventualmente necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos” (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 8). De acordo Camargo e Corrêa (2003, p. 8), graute é o componente que possui a função de promover a solidarização dos blocos com as armaduras posicionadas nos vazios e, além disso, tem a capacidade de fornecer o aumento da área da seção transversal das unidades. É através do grauteamento das armaduras dispostas nos vazios dos blocos que se aumenta a capacidade portante da alvenaria à compressão ou tração.

Segundo a NBR 15812-2, deve haver uma definição prévia do graute que será utilizado na estrutura, destacando os seguintes itens (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 5):

- a) O graute deverá apresentar resistência à compressão de maneira que a resistência do prisma grauteado obtenha a resistência detalhada pelo projetista;
- b) No seu estado fresco, o graute deverá apresentar características que certifiquem o total preenchimento dos furos e não deve exibir retração que cause deslocamento do graute das paredes dos blocos;
- c) Em situações em que o graute for preparado no canteiro, é necessário a realização de ensaios, que comprovem o atendimento das características acima.

Os materiais utilizados para composição do graute são idênticos aos usados na produção do concreto convencional. No entanto, o diferencial está na relação água/cimento e tamanho do agregado graúdo, que é mais fino e passa pela peneira 12,5mm (ROMAN et al., 1999, p. 19). Segundo Roman et al. (1999, p. 20), pode ser acrescentada cal no preparo do graute para que a

rigidez da mistura seja diminuída. O acréscimo pode representar até 10% do volume de cimento, resultando em um *Slump Test* com abatimento entre 20 e 28 cm. A relação água/cimento deve variar entre 0,8 e 1,1 de acordo com o módulo de finura da areia.

Quanto ao transporte e lançamento do graute, Roman et al. (1999, p. 20) afirmam que poderá ser feito manualmente ou por bombeamento e, além disso, recomenda-se, invariavelmente, que no mínimo duas vezes seja feito o grauteamento, uma até meio pé direito e outra na última fiada, para que sejam minimizadas as possíveis ocorrências de vazios nos alvéolos dos blocos.

4.5.4 Armadura

O aço utilizado na alvenaria armada é o mesmo empregado em peças de concreto armado, todavia, na execução do sistema construtivo alvenaria estrutural, em todo o tempo será envolvida por graute, para assegurar o funcionamento composto entre armação e o restante dos componentes (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 8).

As armaduras utilizadas em juntas de argamassa devem ser de aço galvanizado ou de metal resistente à corrosão. É válido citar também a importância da correta colocação e posicionamento das armaduras para posterior grauteamento, a fim de garantir o funcionamento do sistema. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 18).

4.6 PROJETO

4.6.1 Coordenação de projetos

O controle de uma atividade ou produto depende da definição de suas características, de modo que a correta execução de um projeto somente poderá ser planejada se todas as informações estiverem disponíveis. Para que se eleve a qualidade do projeto global e, dessa maneira, a qualidade geral da construção, utiliza-se da coordenação de projetos. É através deste sistema de coordenação que se obtém as medidas de racionalização esperadas do sistema construtivo adotado e, além disso, basicamente todas as medidas de controle da qualidade são derivadas de

Identificação de falhas em alvenaria estrutural de bloco cerâmico: análise do sistema construtivo em empreendimentos habitacionais de interesse social quanto a possibilidade do aparecimento de manifestações patológicas

especificações expostas com clareza na fase de concepção do empreendimento. Não somente a diminuição de incertezas nas atividades são verificadas na execução, mas também é verificado um aumento na confiabilidade do processo com a implantação da coordenação de projetos. À vista disto, sugere-se a integração dos diferentes projetos do empreendimento pelo projetista. (ROMAN et al., 1999, p. 28). A alvenaria estrutural possui significativa correlação entre os diversos projetos que compõem uma construção (instalações, estrutura, arquitetônico), em razão de as paredes não possuem somente função estrutural, mas também de vedação, que pode abranger elementos de instalações quaisquer. Assim “[...] o responsável pelo projeto deverá identificar as interferências e as inconsistências entre todos os projetos que fazem parte do projeto executivo geral, resolvendo conflitos de modo que não ocorram improvisações na fase de execução da obra” (CAMACHO, 2006, p. 18).

4.6.2 Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico é o que define o partido geral do edifício, que serve como premissa para a elaboração dos demais projetos. Todavia, também sofre restrições ligados aos projetos de estrutura e instalações. “Caso o partido arquitetônico não seja adequado, será muito difícil compensá-lo através de medidas tomadas nos projetos complementares ou em invenções na obra” (ROMAN et al., 1999, p. 29). O quadro 8 apresenta os fundamentos para elaboração de projeto arquitetônico segundo recomendações de Roman et al. (1999, p. 29).

Quadro 8: Fundamentos do projeto arquitetônico

FUNDAMENTOS DO PROJETO ARQUITETONICO
Verificar condicionantes do projeto.
Objetivar máxima simetria.
Utilizar modulação.
Compatibilizar os projetos arquitetônicos com o estrutural e os de instalações.
Prever as paredes que podem funcionar como vedação, utilizando-as para passagem de tubulações.
Apresentar os detalhes construtivos de forma clara e objetiva.
Usar escalas diferentes para planta e detalhes.

(fonte: Roman et al. 1999, p. 29)

4.6.3 Projeto estrutural

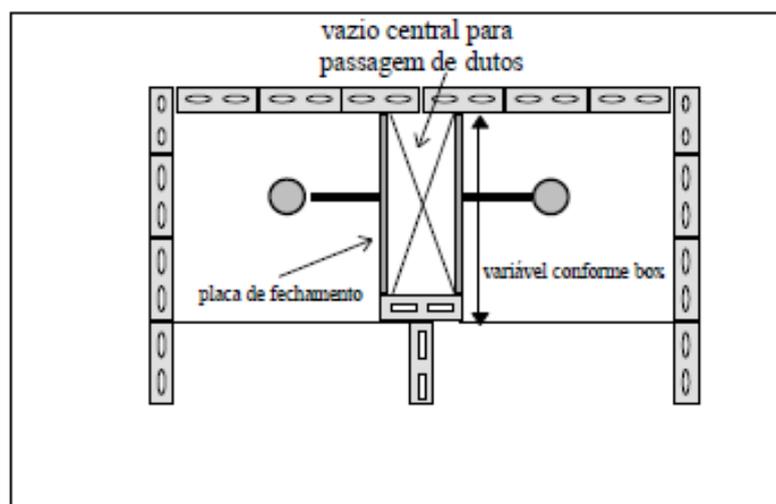
De acordo com Roman et al. (1999, p. 39), a construção que faz uso do sistema alvenaria estrutural aproveita as paredes não somente como itens de vedação da edificação, mas também como itens que resistem às solicitações verticais de lajes, peso próprio, utilização e às cargas horizontais provenientes da ação do vento. Sendo assim, as seguintes funções devem ser apresentadas pelas paredes estruturais da edificação (ROMAN et al., 1999, p. 39):

- a) Resistir às cargas verticais;
- b) Resistir às cargas de vento;
- c) Resistir a impactos;
- d) Isolar acusticamente e termicamente os ambientes;
- e) Prover estanqueidade à passagem de água da chuva e do ar.

4.6.4 Projetos hidráulico e elétrico

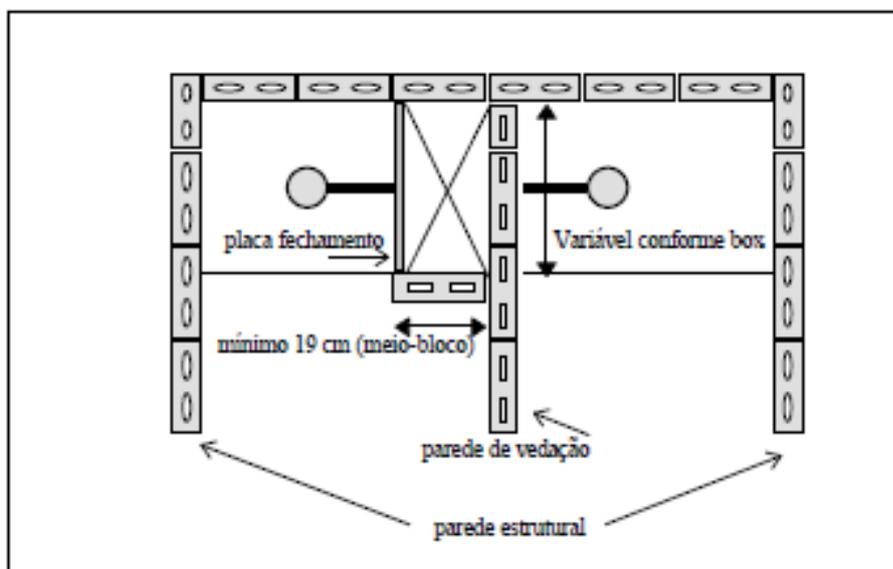
A definição de detalhamento do projeto executivo deve ser definida entre o projetista responsável pela hidráulica e o projetista arquitetônico. A partir desta definição, recomenda-se a tentativa de, sempre que viável, projetar as tubulações da edificação verticais pelos *shafts*. Enquanto isso, “[...] o trecho horizontal da instalação deverá ser projetado para passar entre a laje do teto e o forro” (ROMAN et al., 1999, p. 49). As figuras 6 e 7 ilustram tubulações agrupadas em *shaft* central e lateral respectivamente.

Figura 6 – Banheiro rebatido (com tubulações agrupadas em um *shaft* central)



(fonte: ROMAN et al., 1999, p. 50)

Figura 7 – Banheiro rebatido (com tubulações agrupadas em um *shaft* lateral)



(fonte: ROMAN et al., 1999, p. 50)

Segundo Roman et al. (1999, p. 49), na ocasião em que o projeto arquitetônico viabilizar a utilização de uma única parede compartilhada entre todas as áreas que possuam instalações hidráulicas, pode-se fazer uso de ligações das mesmas às prumadas dispostas na parte de fora e rentes à parede, para que seja possível um fechamento com painel removível, o qual facilita a manutenção. Desta maneira, a edificação pode ser executada com *kits* pré-fabricados e, além disso, as inspeções nas instalações hidráulicas dispensam a remoção do acabamento.

Na elaboração do projeto elétrico da estrutura, deve-se prever a passagem dos eletrodutos através dos blocos vazados. Além disso, é interessante verificar que na execução da edificação em alvenaria estrutural, interruptores e caixas de tomada podem ser antecipadamente instalados nos blocos cortados que serão assentados durante a execução da parede. A dimensão e posição dos quadros de distribuição da obra devem ser detalhadas em projeto, bem como as caixas de tomadas e interruptores (ROMAN et al., 1999, p. 52).

As recomendações de Roman et al. (1999, p. 53) para dimensões dos quadros de distribuição em paredes com modulação de 20 cm e 15 cm são apresentadas nos quadros 9 e 10 a seguir:

Quadro 9 - Dimensões recomendadas para quadros de distribuição – modulação de 20 cm

Nº de blocos horizontal X vertical	Dimensões de Quadros de Distribuição para modulação de 20 cm - (m) X (m)
1 X 2	0,40 X 0,40
1 ½ X 3	0,60 X 0,60
2 X 4	0,80 X 0,80
2 ½ X 5	1,00 X 1,00
4 X 6	1,20 X 1,20

(fonte: ROMAN et al., 1999, p. 53)

Quadro 10 - Dimensões recomendadas para quadros de distribuição – modulação de 15 cm

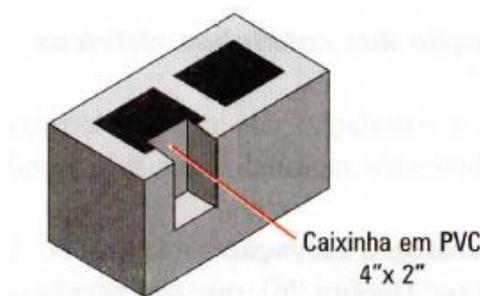
Nº de blocos horizontal X vertical	Dimensões de Quadros de Distribuição para modulação de 15 cm - (m) X (m)
1 ½ X 2	0,45 X 0,40
2 X 3	0,60 X 0,60
2 X 4	0,60 X 0,80
3 X 5	0,90 X 1,00
4 X 6	1,20 X 1,20

(fonte: ROMAN et al., 1999, p. 53)

Para a instalação das caixas elétricas nas paredes, recomenda-se dois procedimentos racionalizados no sistema de alvenaria estrutural (MANZIONE, 2007, p. 65):

- Durante a elevação – Utiliza-se “blocos elétricos” (figura 8), que são previamente cortados para se chumbar as caixinhas elétricas. Este procedimento é executado em uma central específica da obra;
- Após a elevação – Neste procedimento, os pontos elétricos são marcados, os blocos são cortados e é feito o chumbamento das caixinhas, após a elevação da alvenaria.

Figura 8 – Bloco elétrico utilizado para evitar cortes nas paredes

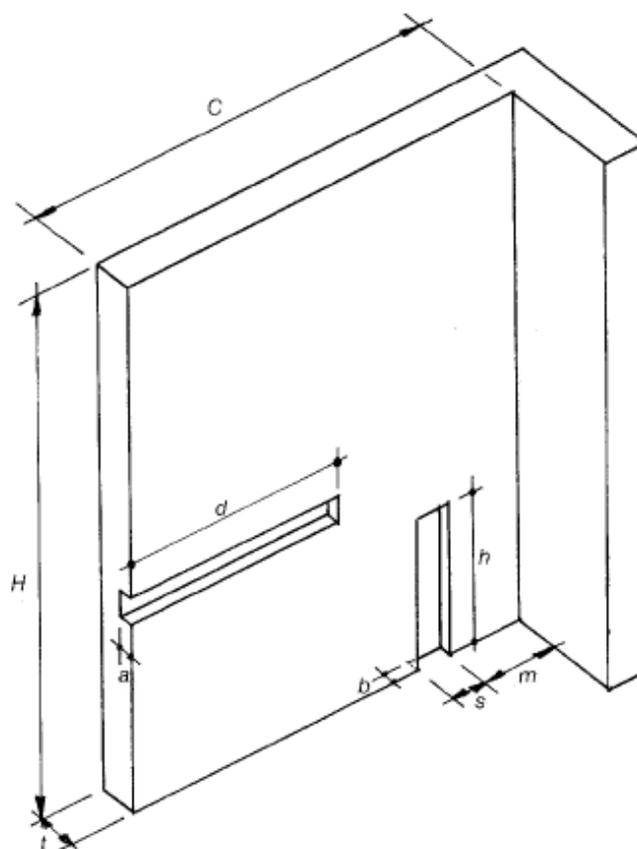


(fonte: MANZIONE, 2007, p. 66)

Segundo Alexandre (2007, p. 99), a execução de rasgos ou quebras nas paredes com função estrutural pode prejudicar a capacidade de suporte das mesmas, possibilitando o surgimento de manifestações patológicas, como fissuras isoladas nas paredes. No entanto, Sabbatini (2003, p. 27) afirma que o corte nas paredes é permitido para que seja possível embutir instalações, contando que estes cortes sejam especificados em projeto e, fora isso, deve-se respeitar limites de profundidade e comprimento, que são ilustrados através da figura 9.

Figura 9 – Dimensões máximas dos cortes admitidos em paredes estruturais

medida	dimensão
a	$\leq 3 \text{ cm}$
b	$\leq t / 3$
d	$\leq C / 5$
h	$\leq H / 3$
s	$\leq t$
m	$\geq 20 \text{ cm}$



(fonte: SABBATINI, 2003, p. 27)

4.6.5 Projeto executivo

A elaboração de um projeto executivo é essencial para que se obtenha o maior número de vantagens durante o processo construtivo em alvenaria estrutural. Não é somente a elaboração de um projeto executivo que resulta em um aumento significativo da produção, pois deve-se averiguar se as recomendações dos projetistas são claras para interpretação da mão de obra no

canteiro de obras. A ausência de detalhes e informações com ambivalência no projeto diminuem a produtividade, que fica prejudicada pelos retrabalhos e atrasos nos prazos. (ROMAN et al., 1999, p. 54).

De acordo com Roman et al. (1999, p. 54), deve-se desenvolver os seguintes itens em um projeto executivo de alvenaria estrutural:

- a) planta baixa;
- b) cortes e elevações;
- c) informações técnicas dos materiais a serem utilizados;
- d) detalhes-padrão de amarrações e de ligações parede/pilar;
- e) detalhes de vergas e contra-vergas;
- f) detalhes de passagem de tubulações e localização de pontos elétricos e hidráulicos;
- g) detalhes especiais (pontos a serem grauteados, amarrações com ferros, etc.).

4.7 COORDENAÇÃO MODULAR

A definição de coordenação modular se resume em “[...] técnica que permite, a partir de um módulo básico, estabelecer as dimensões dos ambientes tanto no sentido horizontal (modulação horizontal) como vertical (modular vertical)” (MANZIONE, 2007, p. 29). Para Camacho (2006, p. 18), o fato de que o bloco apresenta dimensões conhecidas e de pouca variabilidade dimensional, permite que seja aplicada a modulação no sistema construtivo em alvenaria estrutural.

A finalidade do emprego da modulação na execução da alvenaria estrutural é a preservação das paredes frente à cortes e desperdícios. Sendo assim, a coordenação modular visa o ajuste de todas as proporções da obra, as quais devem ser baseadas no tamanho dos blocos que serão empregados na execução do sistema. Ainda na elaboração da modulação, “[...] devem ser previstos todos os encontros de paredes, aberturas, pontos de graute e ferragem, ligação laje/parede, caixas de passagem, colocação de pré-moldados e instalações em geral” (CAMACHO, 2006, p. 18).

4.7.1 Modulação horizontal

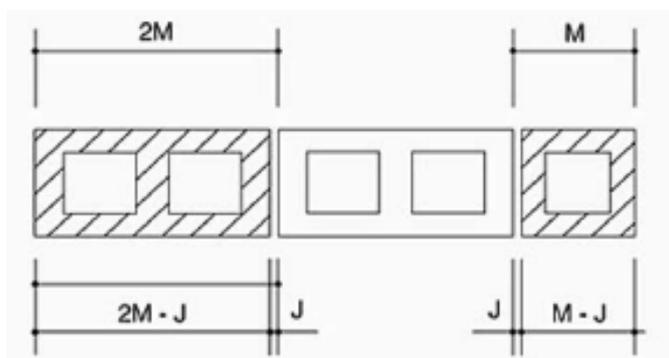
Para o entendimento do conceito de modulação das paredes, são apresentadas a seguir as definições de dimensões efetivas, modulares e nominais dos blocos, bem como a definição de família de blocos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a, p. 6):

- dimensões efetivas: valores dimensionais reais, medidos diretamente nos blocos ou tijolos;
- dimensões modulares: dimensões de largura, altura e comprimento cujas medidas atendem ao módulo básico $M = 10$ cm e seus submódulos;
- dimensões nominais: valores de largura (L), altura (H) e comprimento (C), que identificam um bloco ou tijolo, correspondentes a múltiplos e submúltiplos do módulo dimensional $M = 10$ cm menos 1 cm;
- família de blocos/tijolos cerâmicos: conjunto de componentes necessários para a construção das alvenarias e suas amarrações, que tem como característica comum a mesma largura.

De acordo Camargo e Côrrea (2003, p. 16), o conceito primário a ser abordado é sobre o dimensionamento modular. No momento em que é adotado um determinado módulo, este será identificado como M , o qual refere-se ao comprimento real do bloco somado da espessura de uma junta, que será identificada como J .

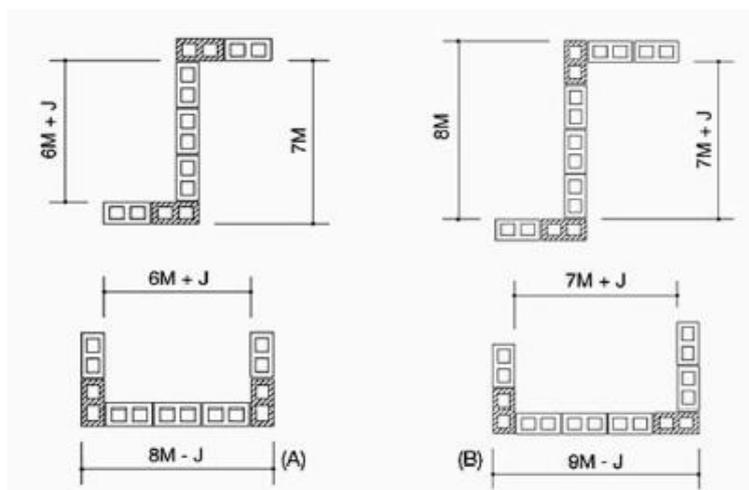
Considerando o emprego de juntas mais comuns, que possuem espessura de 1 cm, conclui-se que os comprimentos nominais das principais unidades resultarão em seus comprimentos modulares (15, 20, 30, 35, 45 cm) subtraídos de 1 cm (14, 19, 29, 34, 44 cm) (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 16). As figuras 10 e 11 apresentadas a seguir ilustram as dimensões modulares e nominais das unidades em função de M (módulo) e J (junta):

Figura 10 – Dimensões modulares e nominais



(fonte: RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 16)

Figura 11 – Dimensões modulares entre faces de blocos

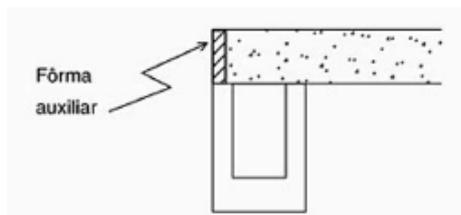


(fonte: RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 16)

4.7.2 Modulação vertical

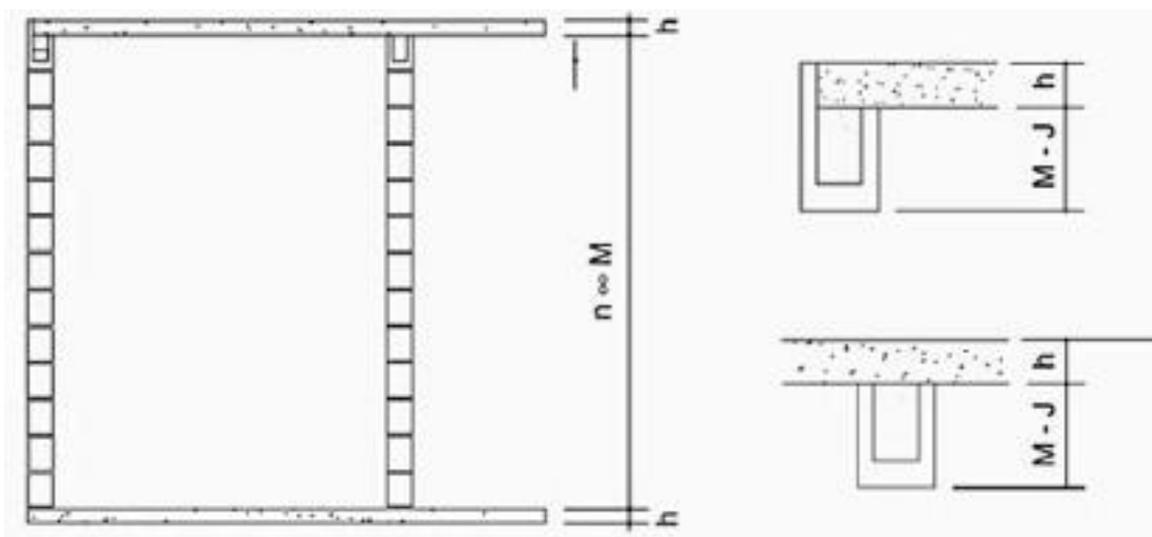
Camargo e Côrrea (2003, p. 21) afirmam que é incomum observar mudanças notáveis no arranjo arquitetônico originários da modulação vertical. São principalmente duas as formas de se executar esta modulação: distância modular de piso a teto e distância modular de piso a piso. Na primeira, as “[...] paredes de extremidades terminarão com um bloco J que tem uma das suas laterais com uma altura maior que a convencional, de modo a acomodar a altura da laje. Já as paredes internas terão sua última fiada composta por blocos canaleta comuns” (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 21). No entanto, nesse sistema pode-se não utilizar blocos J, os quais podem ser substituídos por blocos canaleta convencionais, efetuando-se a concretagem da laje com uma fôrma auxiliar. As figuras 12 e 13 apresentadas a seguir ilustram o detalhe de parede externa sem o uso do bloco J, bem como os detalhes de modulação vertical de piso a teto em paredes externas e internas.

Figura 12 – Detalhe de parede externa sem o uso do bloco J



(fonte: RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 22)

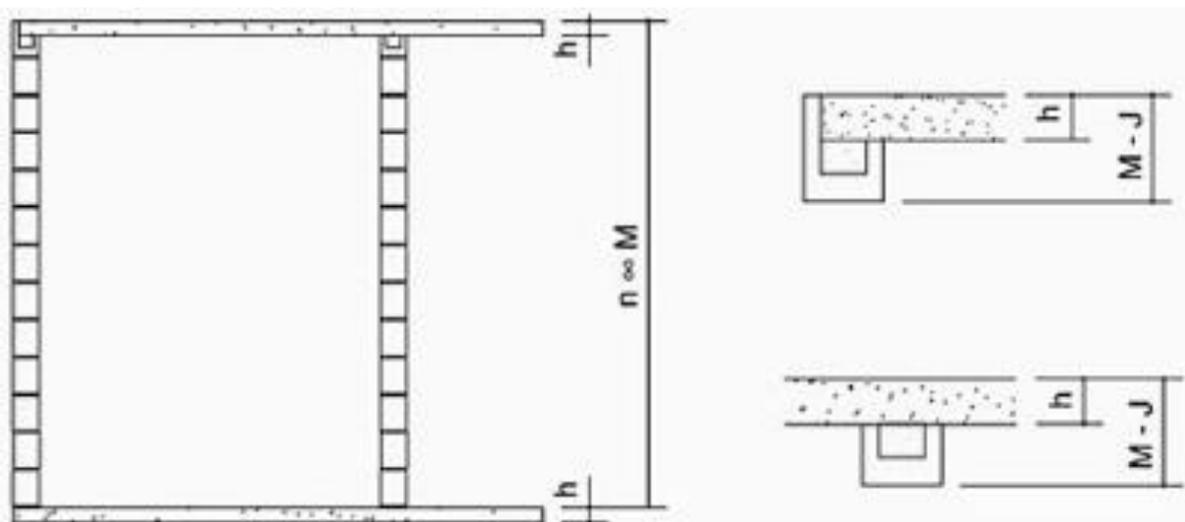
Figura 13 – Modulação de piso a teto em paredes externas e internas



(fonte: RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 22)

Outra alternativa de modulação vertical que pode ser usada é a aplicação da distância modular de piso a piso. Neste cenário, uma das laterais terá altura inferior ao normal nos blocos J, os quais formarão as paredes externas e terão a função de fornecer a acomodação da espessura da laje. Nas paredes internas, deve-se utilizar na última fiada, blocos compensadores, visando o ajuste da distância de piso a teto que não estará modulada (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 22). A figura 14 apresentada a seguir ilustra o detalhe da modulação vertical de piso a piso:

Figura 14 – Modulação de piso a piso em paredes externas e internas



(fonte: RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 23)

4.8 EXECUÇÃO

Para aplicação do sistema construtivo em alvenaria estrutural em uma edificação, requer-se rigor no processo de execução, demandando não somente uma metodologia a ser utilizada, mas também de ferramentas e equipamentos adequados. Igualmente, o canteiro de obras deve apresentar organização e planejamento, juntamente com estudo fundamentado do posicionamento das máquinas que serão responsáveis pelo transporte vertical e horizontal (MANZIONE, 2007, p. 91). Além disto, Manzione (2007, p. 96) afirma que a execução da alvenaria estrutural se divide em duas etapas: marcação e elevação.

4.8.1 Marcação da alvenaria

Para execução da alvenaria estrutural, deve-se possuir as plantas baixas com informações sobre primeira e segunda fiadas dos diferentes níveis da edificação. Segundo Manzione (2007, p. 41), as informações mínimas que devem estar presentes na planta da primeira fiada são:

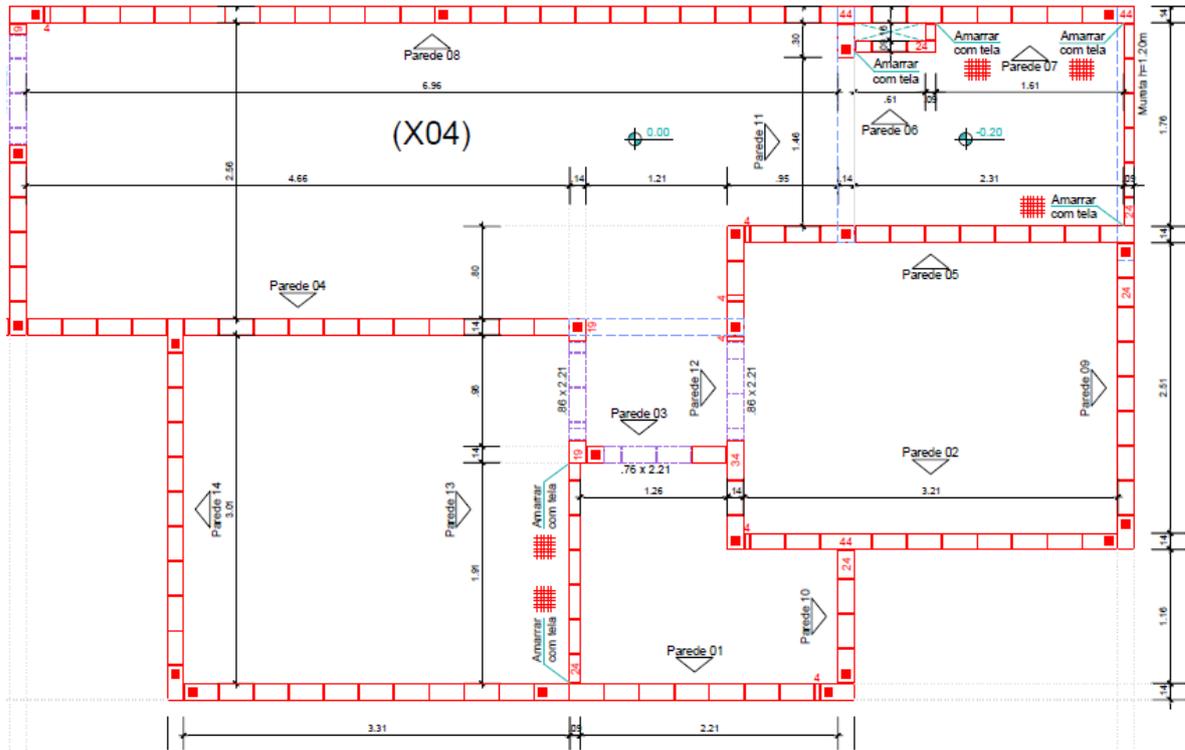
- a) eixos de locação com medidas acumuladas a partir da origem;
- b) eixos de locação com medidas acumuladas até a face dos blocos;
- c) dimensões internas dos ambientes com medidas sem acabamentos;
- d) indicação dos blocos estratégicos com cores diferentes;
- e) indicação de elementos pré-fabricados;
- f) posicionamento de *shafts* e furação de lajes;
- g) representação diferente entre as paredes estruturais e as de vedação;
- h) numeração das paredes e indicação de suas vistas;
- i) indicação dos pontos de graute;
- j) medidas dos vãos das portas;
- k) representação das cotas de forma direta evitando a obtenção de medidas por diferenças.

As plantas das elevações das paredes também são cruciais para a execução da alvenaria estrutural. Manzione (2007, p. 44) afirma que os desenhos das elevações devem conter:

- a) indicação da posição de todos os blocos;
- b) identificação com cores diferentes dos blocos especiais e dos compensadores;
- c) representação colorida das tubulações elétricas e caixinhas;
- d) representação de todos os pré-moldados leves (vergas, quadros, etc.);
- e) cotas dos vãos das portas e janelas;
- f) cotas dos níveis dos pavimentos e a espessura das lajes;
- g) indicação dos pontos de graute com textura mais escura;
- h) indicação das barras de aço verticais e horizontais;
- i) legenda;
- j) tabela com resumo de quantidades de blocos, aço, graute e pré-moldados.

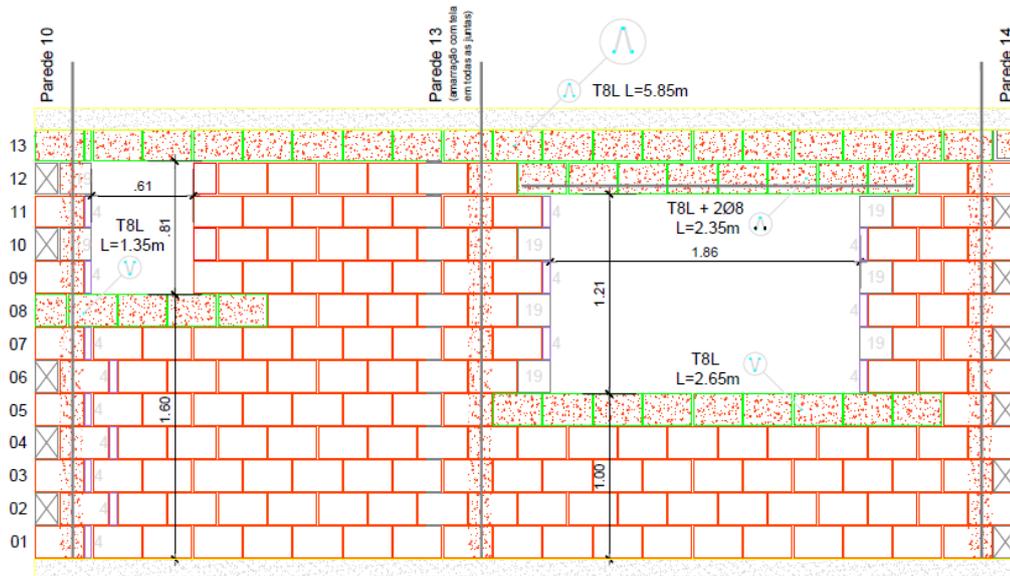
A figura 15 ilustra um exemplo de planta de primeira fiada da alvenaria estrutural, enquanto a figura 16 ilustra um exemplo de elevação de paredes. Ambos os desenhos foram obtidos através de projetos da obra A, que foi observada para a realização deste trabalho.

Figura 15 – Planta de primeira fiada da alvenaria estrutural



(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

Figura 16 – Planta de elevação da alvenaria estrutural



(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

As principais etapas de execução da marcação da alvenaria são descritas a seguir (MANZIONE, 2007, p. 96):

- a) esquadro e nível – com o uso do nível alemão, deve-se procurar o ponto mais alto da laje e, neste ponto, assentar um bloco que será o referencial de nível (Bloco RN);
- b) locação dos eixos – os eixos de locação devem ser marcados na laje. Para isso, deve ser consultada a planta de primeira fiada e utilizado o fio traçante para a marcação dos eixos. A planta de primeira fiada deverá conter cotas acumuladas e locação dos blocos estratégicos, que são os blocos de amarração localizados nos cantos e nos encontros das paredes;
- c) assentamento dos blocos estratégicos – utilizando como referência o nível do bloco RN e os eixos de locação já desenhados na laje, deverão ser assentados os blocos estratégicos e deverá ser feita a verificação do esquadro;
- d) assentamento dos blocos da primeira fiada – os esticadores de linha deverão ser fixados nas cabeças dos blocos para permitir o nivelamento e alinhamento dos blocos da primeira fiada;
- e) umedecimento da superfície – com o auxílio de uma broxa, deve-se molhar a superfície que ficará em contato com a argamassa da primeira fiada;
- f) espalhamento de argamassa – com o auxílio de uma colher de pedreiro, deve ser espalhada a argamassa de assentamento da primeira fiada;
- g) assentamento dos blocos da primeira fiada – assentar e nivelar os blocos da primeira fiada, utilizando o esticador de linhas e a régua técnica;
- h) assentamento de escantilhões – esta é a última etapa da fase de marcação. Deve-se distribuir os escantilhões nos cantos dos cômodos, assentá-los e aprumá-los, coincidindo a primeira marca com o nível da primeira fiada dos blocos. Desta forma, as fiadas seguintes estarão niveladas.

A seguir são descritas as recomendações e tolerâncias especificadas pela NBR 15812-2 para execução da marcação das paredes de alvenaria estrutural, que são expostas através dos itens 4.8.1.1 a 4.8.1.3.

4.8.1.1 Eixos de referência planimétricos

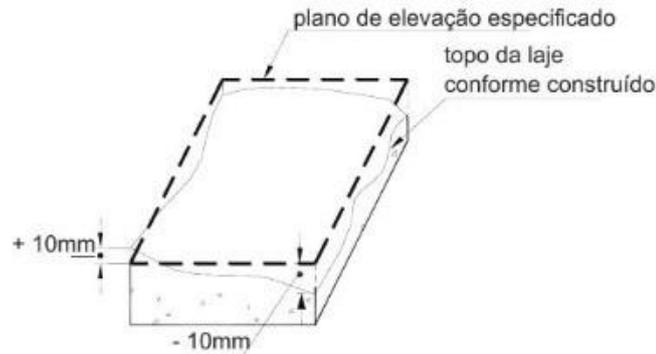
Segundo especificações da NBR 15812-2, os eixos de referência das medidas que identificam as paredes, independente do pavimento, devem ser mostrados em projeto, pois controlam a exatidão geométrica da união que será construída. Consequentemente, a escolha das referências dos eixos são de extrema importância para obtenção das dimensões da edificação com precisão. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 14).

4.8.1.2 Nível do piso dos pavimentos

Conforme as especificações da NBR 15812-2, a tolerância permitida para desvio do nível da superfície do pavimento tem o limite de mais ou menos 10 mm relativamente à posição

determinada, conforme ilustra a figura 17 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 15).

Figura 17 – Variação do nível da superfície dos pavimentos



(fonte: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 15)

4.8.1.3 Espessura de junta horizontal da primeira fiada

De acordo com a NBR 15812-2, é necessário observar os valores mínimos e máximos para espessura das juntas horizontais no assentamento dos blocos da primeira fiada. Estas juntas horizontais de argamassa devem apresentar no mínimo 5 mm de espessura, enquanto o valor máximo deverá respeitar o limite de 20 mm. A Norma ainda cita que se a junta horizontal da primeira fiada for maior do que o limite máximo especificado, deve-se executar um nivelamento com concreto que apresente mesma resistência da laje (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 15).

As informações descritas pela NBR 15812-2 nos itens 4.7.1.1 a 4.7.1.3 são resumidas através do quadro 11 apresentado a seguir, elaborado pelo autor com base nas informações contidas na Norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 15).

Quadro 11 – Valores de tolerância para marcação da alvenaria estrutural

Fator	Tolerância
Eixos de Referência Planimétricos	Conforme projeto
Nível do Piso dos Pavimentos	± 10 mm em relação ao plano especificado
Junta Horizontal da Primeira Fiada	Mínimo 5 mm de espessura
	Máximo 20 mm de espessura

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 15)

4.8.2 Elevação da alvenaria

Após a marcação da alvenaria, deve-se seguir para a fase de elevação da parede. De acordo com Manzione (2007, p. 100), é essencial que sejam garantidas as seguintes características na segunda fase executiva:

- a) prumo;
- b) nível;
- c) alinhamento;
- d) planicidade.

Além disso, a seguir são apresentadas sugestões para prática de elevação da alvenaria elaboradas por Sabbatini (2003 apud MANZIONE, 2007):

- a) uso obrigatório de projeto para produção compatibilizado e com as informações de instalações;
- b) assentamento sobre base nivelada, não sendo recomendada a elevação sobre baldrame sem a concretagem prévia do piso térreo;
- c) assentamento não poderá ser feito debaixo de chuva;
- d) não molhar os blocos durante a elevação;
- e) não cortar blocos para ajustes de medidas; utilizar para isto peça pré-moldadas previstas em projeto;
- f) as contravergas deverão ser armadas, ultrapassando 30cm a lateral do vão;
- g) o respaldo deverá ser feito em blocos canaletas, sendo perfeitamente niveladas e grauteadas antes da montagem da laje;
- h) as vergas de portas e janelas devem ser previstas em projeto e avançarão 10cm para a lateral do vão;
- i) a união entre paredes estruturais deve ser feita preferencialmente por amarração de blocos. Não se recomenda o uso de grampos, pois, além de difícil controle em obra, possibilitam o aparecimento de patologias;
- j) as paredes estruturais e não estruturais não devem ser unidas, devendo ser previstas juntas de trabalho.

Para que as alvenarias funcionem de acordo com o modelo considerado na elaboração de projeto, é substancial que sejam observadas as tolerâncias de alinhamento horizontal (nível) e vertical das paredes (prumo), juntas de argamassas de assentamento das unidades cerâmicas e dos reforços armados especificados para as paredes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 15).

A seguir são descritas as recomendações e tolerâncias especificadas pela NBR 15812-2 para execução da elevação e respaldo das paredes de alvenaria estrutural, que são expostas através dos itens 4.7.2.1 a 4.7.1.9. Estes itens também descrevem a possibilidade de manifestações

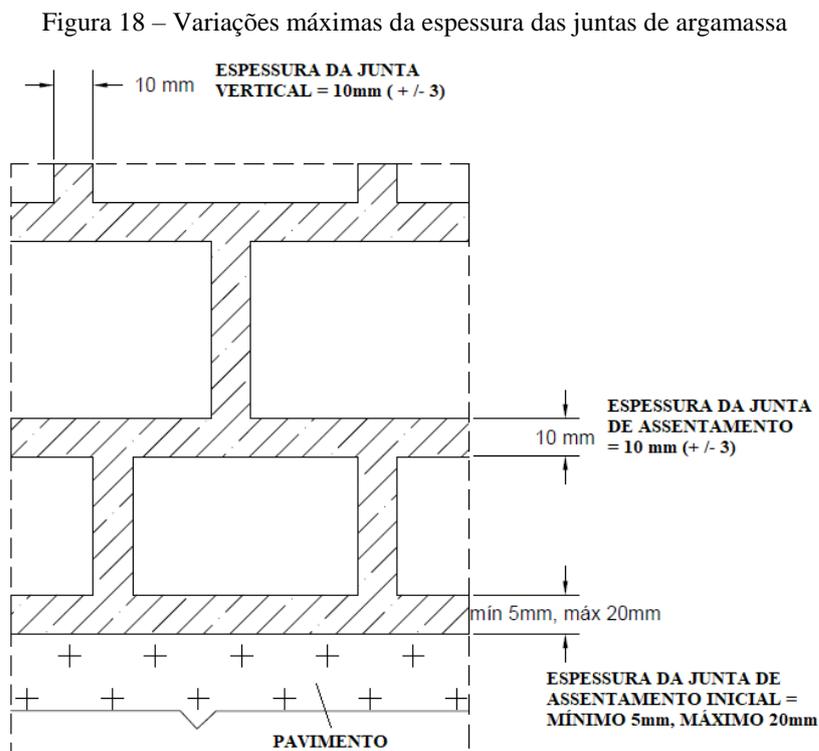
patológicas na edificação, que podem ser oriundas de variações na execução das etapas durante a elevação das paredes.

4.8.2.1 Assentamento dos blocos

Os blocos devem ser assentados e alinhados de acordo com o especificado em projeto, de modo que não seja frequente a necessidade de ajustes. Para o assentamento dos blocos, cordões de argamassa devem ser aplicados em um prolongamento que não afete a trabalhabilidade da argamassa devido sua exposição ao tempo, além de evitar a queda de argamassa nos vazados dos blocos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 15).

4.8.2.2 Espessura de juntas horizontais e verticais

Segundo especificações da NBR 15812-2, tanto as juntas verticais como as horizontais devem apresentar espessuras de 10 mm, com exceção das juntas horizontais da primeira fiada, com tolerância de mais ou menos 3 mm (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 15). A figura 18 apresentada a seguir ilustra as espessuras de acordo com as especificações da Norma.



(fonte: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 16)

A resistência de uma alvenaria pode ser melhorada caso a relação espessura da junta e altura da unidade seja diminuída. No entanto, esta diminuição de valores, que hipoteticamente resultariam em alvenarias de maior resistência, não é aconselhada, dado que as juntas não conseguiriam absorver as irregularidades presentes nas unidades (ROMAN et al., 1999, p. 25).

Falhas no cumprimento das especificações de projeto quanto à espessura das juntas de argamassa das paredes, bem como o não preenchimento das mesmas, podem resultar no comprometimento da junta de argamassa, que assegura o funcionamento da parede como um conjunto monolítico, distribui as tensões atuantes na estrutura e garante a estanqueidade das alvenarias (CAVALHEIRO, 2006 apud ALEXANDRE, 2008).

De acordo com Alexandre (2008, p. 101), juntas de argamassa de grande espessura podem gerar fissuras isoladas nas paredes, podendo ser tanto na direção vertical quanto horizontal. Mamede (2001 apud SINHA, 1994) afirma que a redução do consumo de argamassa, obtida através do não preenchimento das juntas verticais, possibilita o aumento da produção na execução das paredes, que são vantagens para economia da obra e velocidade de execução, porém, a resistência ao cisalhamento da estrutura é reduzida em cerca de 40%. Esta desvantagem pode resultar em fissuras nas paredes sob a laje de cobertura, devido à uma diminuição da resistência ao cisalhamento das alvenarias (MAMEDE, 2001 apud BASSO, 1997).

4.8.2.3 Ligação de paredes

A NBR 15812-2 define a amarração direta de paredes como “padrão de ligação de paredes por intertravamento de blocos, obtido com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra ao longo das interfaces comuns” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 4).

De acordo com Manzione (2007, p. 101), a elevação deve ser iniciada pelas paredes externas, pois desta maneira é possível deixar as saídas para as paredes internas com formato conhecido como “castelo”. Sabbatini (2003, p. 22) recomenda que a união entre paredes seja executada através de interpenetração, possibilitando a distribuição de esforços e dificultando o surgimento de manifestações patológicas nas paredes, como o aparecimento de fissuras.

4.8.2.4 Vãos das paredes

Segundo Manzione (2007, p. 103), as aberturas para as esquadrias dos cômodos devem ser executadas com o auxílio de gabaritos, que podem ser metálicos, para garantir a perfeição do vão. É importante que sejam verificadas as medidas corretas dos vãos no decorrer do processo de elevação da alvenaria. Não somente isso, mas o prumo e a planicidade da parede e o nível das fiadas devem ser verificados no decurso do serviço. Desta maneira, recomenda-se que o próprio funcionário responsável pela elevação confira a qualidade da elevação com o auxílio de régua técnica e prumo nível (MANZIONE, 2007, p. 103). A NBR 15812-2 não especifica valores de tolerância para execução de vãos para esquadrias.

4.8.2.5 Vergas e contravergas

De acordo com a NBR 15812-2, a verga é uma “[...] viga alojada sobre abertura de porta ou janela e que tenha a função exclusiva de transmissão de cargas verticais para as paredes adjacentes à abertura”, enquanto a contraverga é definida como o “[...] elemento estrutural colocado sob o vão de abertura com a função de redução de fissuração nos seus cantos”. Estes elementos podem ser executados com bloco canaleta preenchido com graute e armaduras, devendo apresentar apoio lateral mínimo de 30 cm, bem como peças moldadas no local ou pré-moldadas, de acordo com o projeto estrutural (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 18).

Segundo Mamede (2001, p. 108), para impedir o aparecimento de manifestações patológicas em regiões próximas às aberturas, como por exemplo fissuras indesejáveis, executam-se os elementos estruturais vergas e contravergas, que se localizam sobre e sob os vãos respectivamente. Vergas ou contravergas que não atendam ao transpasse mínimo especificado em projeto podem resultar em falhas na distribuição dos esforços oriundos das paredes adjacentes, propiciando a manifestação de fissuras inclinadas a partir das extremidades dos vãos das esquadrias. (THOMAZ, 1990 apud ALEXANDRE, 2008).

4.8.2.6 Cintas de respaldo

De acordo com a NBR 15812-2, a cinta é definida como o “[...] elemento estrutural apoiado continuamente na parede, ligado ou não às lajes, vergas ou contravergas”, e deverá ser executada antes da montagem das fôrmas das lajes do pavimento superior ou da colocação de

lajes pré-moldadas. Deve-se executar, no término das alvenarias de um pavimento, uma cinta de respaldo, a qual irá solidarizar as paredes executadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 18).

A cinta de amarração é indispensável para consolidar as paredes dos pavimentos, facilitando a transferência das solicitações horizontais oriundas das lajes e solicitações verticais resultantes dos pavimentos superiores (PENTEADO, 2003 apud ALEXANDRE, 2008). Segundo Alexandre (2008, p. 109), cintas que não possuam armadura no encontro das paredes ou que apresentem armaduras sem transpasse nos cantos possibilitam o aparecimento de manifestações patológicas, como fissuras em diversos pontos nas paredes. Estas fissuras decorrem pelo comprometimento da amarração das paredes.

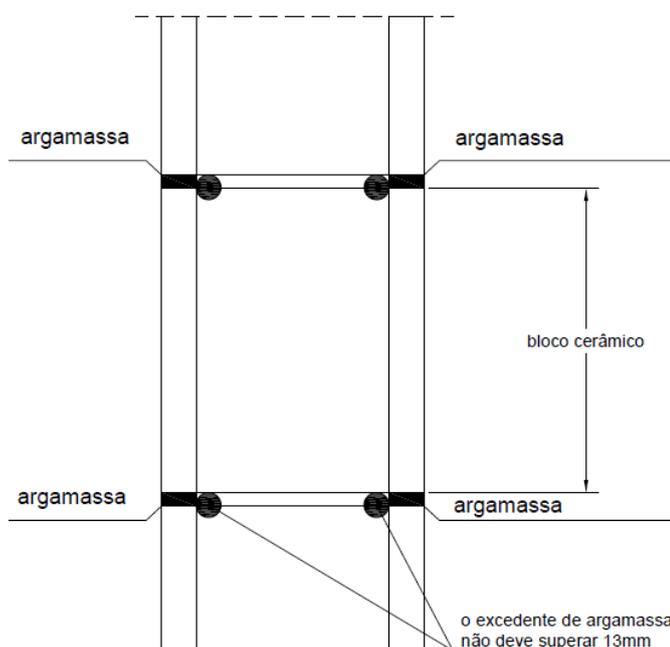
4.8.2.7 Etapas de grauteamento

De acordo com a NBR 15812-2, os seguintes itens devem ser observados em relação à etapa de grauteamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 18):

- a) os vazados não podem ter rebarbas de argamassa e as dimensões mínimas recomendadas são de 50 mm x 70 mm;
- b) antes de vertes o graute, os furos devem estar perfeitamente desobstruídos. Para tal, recomenda-se a limpeza das rebarbas de argamassa;
- c) a altura máxima de lançamento do graute deve ser de 1,6 m. Recomenda-se a concretagem em duas etapas para os pés-direitos convencionais de 2,80 m, sendo a altura da primeira etapa definida pela altura das contravergas das janelas. Se o graute for devidamente aditivado, garantida a coesão sem segregação, a altura de lançamento máximo permitido é de 2,80 m;
- d) o adensamento deve ser feito concomitantemente com o lançamento do graute e a armadura das paredes não deve ser utilizada como ferramenta de compactação. No adensamento manual deve-se empregar haste entre 10 mm e 15 mm de diâmetro, devendo ter comprimento de forma a atingir o fundo do furo a preencher;
- e) os vazados devem ser grauteados no mínimo 24 h após a execução da alvenaria, a não ser que sejam preenchidos com a própria argamassa de assentamento;
- f) as emendas devem ser feitas conforme especificado em projeto.

A NBR 15812-2 afirma que as janelas de inspeção dos vazados que serão grauteados devem possuir dimensões mínimas de 7 cm de largura por 10 cm de altura e, além disso, os vazados devem estar desobstruídos, sendo 13 mm o excedente máximo de argamassa no interior dos blocos, conforme ilustra a figura 19 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 19).

Figura 19 – Desobstrução dos vazados



(fonte: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 19)

De acordo com Alexandre (2008, p. 106), o preenchimento de contravergas com graute após a elevação da alvenaria até o nível da última fiada pode ser considerada uma falha, pois a qualidade do graute de preenchimento pode ser prejudicada pelos resíduos da argamassa de assentamento que se acumulam na parte interna das canaletas. Esta falha afeta o desempenho das contravergas, colaborando para o aparecimento de fissuras nas paredes. Esta mesma falha de limpeza, quando observada na parte interna dos vazados dos blocos, oriundas do processo de assentamento das unidades, pode afetar o preenchimento dos pontos de graute vertical, pois a passagem é parcialmente obstruída, resultando em zonas ocas por toda a extensão da parede grauteada ou até mesmo a formação de “nichos”.

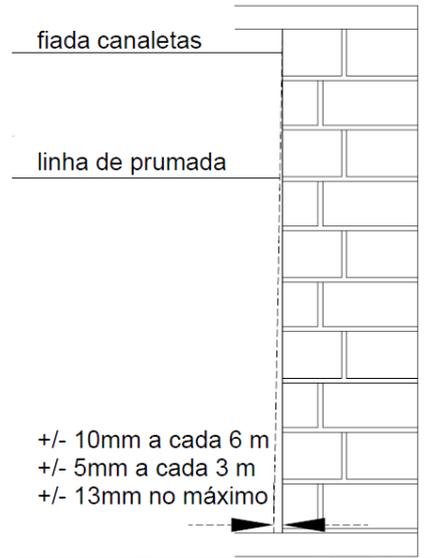
Além do grauteamento com falhas, paredes com número inferior de pontos de graute em relação ao especificado em projeto facilitam o aparecimento de manifestações patológicas, que podem surgir como fissuras em regiões localizadas das paredes dos últimos pavimentos da torre, tal como pontos próximo às lajes e cantos das alvenarias (ALEXANDRE, 2008, p. 97).

4.8.2.8 Prumo, alinhamento e nível

Segundo especificações da NBR 15812-2, o desaprumo e desalinhamento máximo das paredes do pavimento não podem superar 13 mm, e devem atender aos limites de 5 mm a cada mais ou

menos 3 metros e mais ou menos 10 mm a cada 6 metros, conforme ilustra a figura 20 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 17).

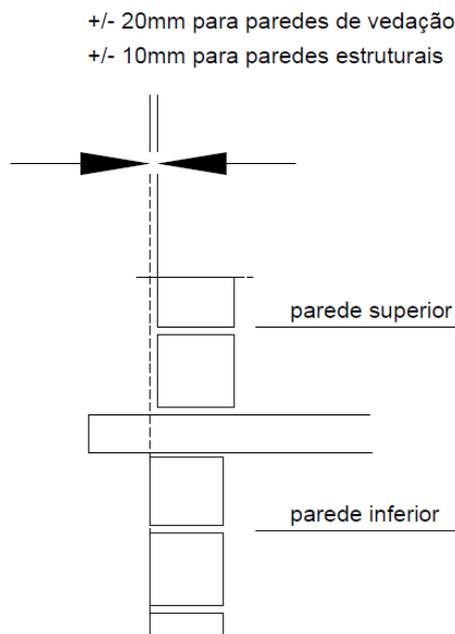
Figura 20 – Limites máximos para desaprumo das paredes



(fonte: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 17)

De acordo com a NBR 15812-2, a descontinuidade vertical das alvenarias de um andar para o adjacente não pode apresentar um desvio superior a 10 mm, conforme ilustrado pela figura 21 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 17).

Figura 21 – Descontinuidade máxima entre alvenarias de andares adjacentes



(fonte: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 18)

4.8.2.9 Controle e aceitação das alvenarias

No sistema construtivo de alvenaria estrutural de bloco cerâmico, deve-se realizar inspeção em todas as paredes para a aceitação final, com o objetivo de verificar o atendimento aos requisitos especificados na NBR 15812-2. As informações descritas nos itens 4.7.2.1 a 4.7.2.8 são resumidas através do quadro 12, que apresenta as exigências especificados pela NBR 15812-2 para aceitação da alvenaria. O quadro foi elaborado pelo autor com base nas informações contidas na Norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 20).

Quadro 12 – Valores de tolerância para elevação da alvenaria estrutural

Fator		Tolerância
Junta Horizontal	Espessura	± 3 mm
	Nível	2 mm / m
		10 mm no máximo
Junta Vertical	Espessura	± 3 mm
	Nível	2 mm / m
		10 mm no máximo
Alinhamento da Parede	Vertical	± 2 mm
		± 10 mm no máximo por piso
		± 25 mm na altura total
	Horizontal	± 2 mm
		± 10 mm no máximo

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 20)

5 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram visitados dois empreendimentos na região metropolitana de Porto Alegre, que foram denominados pelo autor como obras A e B, com o intuito de não identificar as empresas responsáveis pelas construções. Foram analisadas 40 unidades da obra A e 40 unidades da obra B para a coleta de dados, que foi feita através da utilização de planilha para coleta de dados de alvenaria estrutural elaborada pelo autor, a qual é apresentada no anexo A. As empresas responsáveis pelos empreendimentos em estudo disponibilizaram os dados das fichas de verificação utilizadas para inspeção das paredes, bem como os projetos arquitetônicos e estruturais das torres. Após a coleta de dados, foram apuradas as principais falhas executivas observadas nas duas obras em estudo, resultando na análise das não conformidades relacionadas com a possibilidade do surgimento de futuras manifestações patológicas nas edificações.

5.1 APRESENTAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS

Os dois empreendimentos avaliados para elaboração deste trabalho fazem parte do Programa Minha Casa Minha Vida e são descritos a seguir. É válido citar que as obras possuem diferentes projetistas de estrutura e arquitetura. Sendo assim, as imagens anexadas ao trabalho obtidas através dos projetos estruturais e arquitetônicos cedidos pelas empresas podem apresentar divergência na apresentação. As duas empresas responsáveis pelos empreendimentos inspecionavam a execução de todos os serviços da obra, no entanto, a mão de obra para a execução de alvenaria estrutural era terceirizada tanto na obra A quanto na obra B.

5.1.1 Obra A

Foram analisadas duas torres pertencentes ao empreendimento denominado obra A, que se localiza na região metropolitana de Porto Alegre. A empresa responsável pelo empreendimento possui certificação nível B para o sistema de gestão da qualidade (vide item 3.3).

Identificação de falhas em alvenaria estrutural de bloco cerâmico: análise do sistema construtivo em empreendimentos habitacionais de interesse social quanto a possibilidade do aparecimento de manifestações patológicas

A obra A é constituída por 12 torres, que foram planejadas em três fases de construção, possuindo 5 pavimentos cada, com 4 unidades por pavimento, resultando em 20 unidades por torre e 240 unidades na sua totalidade. As unidades apresentam área privativa de 49,39 m², que contemplam dois dormitórios, um banheiro, uma área de cozinha/estar e sacada com churrasqueira. As torres não possuem elevadores. O empreendimento engloba salão de festas, praça arborizada, espaço fitness, playground, chimarródromo e 240 vagas de estacionamento.

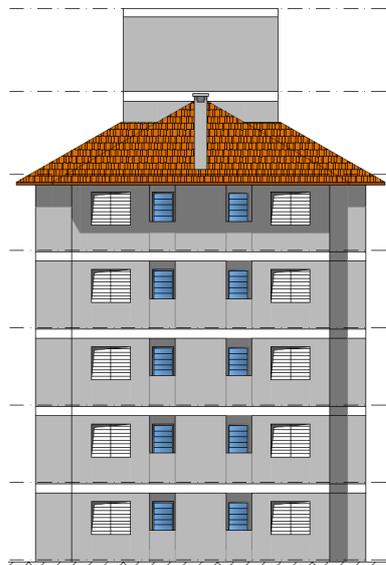
As figuras 22 e 23 apresentam a fachada principal e lateral das torres da obra A, obtidas através dos projetos arquitetônicos cedidos pela empresa responsável do empreendimento.

Figura 22 – Fachada principal das torres na obra A



(fonte: Imagem do projeto arquitetônico da obra A cedido pela empresa)

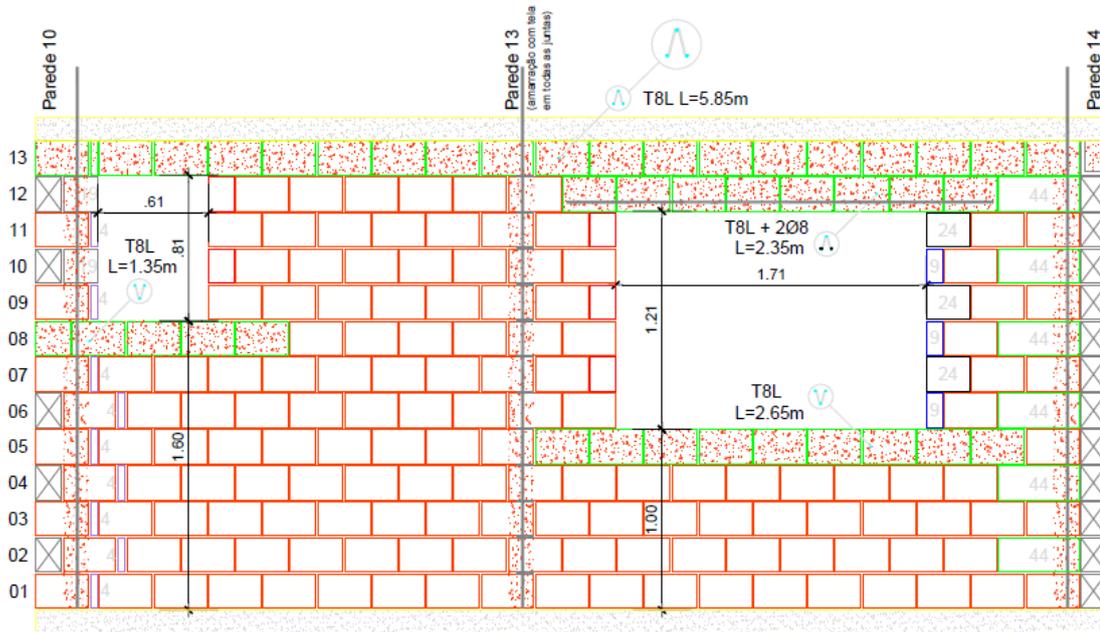
Figura 23 – Fachada lateral das torres na obra A



(fonte: Imagem do projeto arquitetônico da obra A cedido pela empresa)

A planta de elevação da parede identificada como parede 01 nas torres da obra A é apresentada através da figura 25, obtida através dos projetos de alvenaria estrutural cedidos pela empresa. A planta de elevação foi escolhida aleatoriamente, com o objetivo de exemplificar as especificações dos elementos constituintes das paredes. São indicados na figura 25 os locais de pontos de graute vertical e paredes ortogonais, bem como as medidas dos vãos para posterior instalação de esquadrias e cotas para auxílio da execução da parede. As contravergas de vãos localizados acima de 160 cm eram grauteadas junto com as cintas de respaldo das paredes.

Figura 25 – Planta de elevação da parede 01 na obra A



(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

Todas as torres da obra A possuem 20 apartamentos iguais do ponto de vista arquitetônico. No entanto, a alvenaria estrutural possui algumas diferenças nos quantitativos de graute e aço, que são oriundos da alvenaria construída para a entrada da torre. Os valores apresentados nos quadros 13, 14 e 15 foram obtidos através dos projetos estruturais cedidos pela empresa.

Quadro 13 – Quantitativo de grautes verticais na obra A

Grautes verticais – obra A		
Por pavimento	Armadura Ø10mm	Volume de graute
Pavimento térreo	267 m	1,10 m ³
Pavimento tipo	255 m	1,05 m ³

(fonte: Projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

Quadro 14 – Quantitativo de cintas, vergas e contravergas na obra A

Cintas, vergas e contravergas – obra A		
Por pavimento	Treliça T8L	Volume de graute
Pavimento térreo	264 m	4,54 m ³
Pavimento tipo	262 m	4,52 m ³

(fonte: Projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

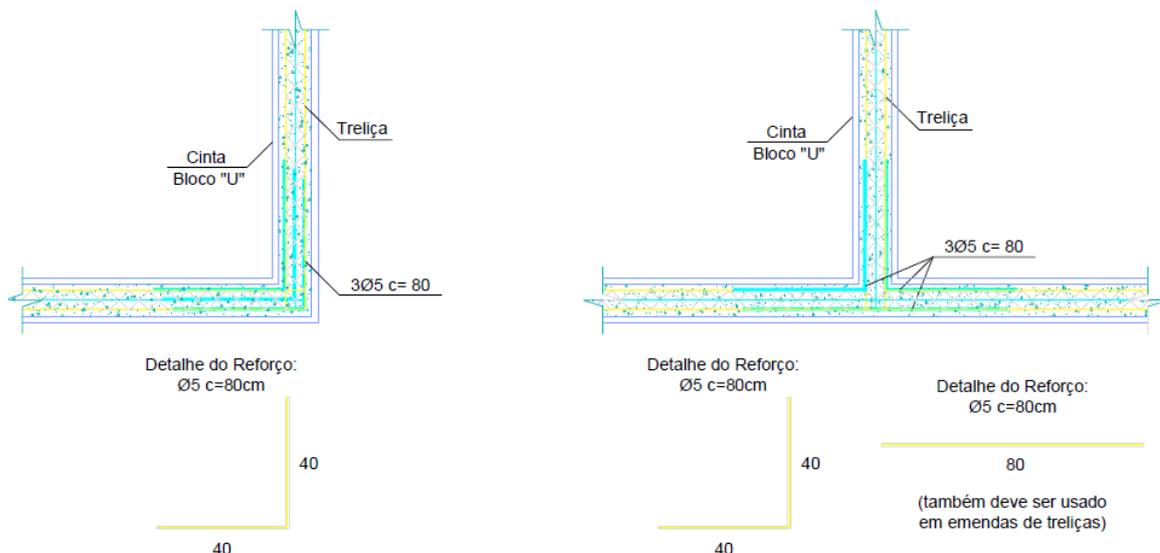
Quadro 15 – Quantitativo de armaduras de reforços na obra A

Armaduras de Reforços – obra A		
Por pavimento	Armadura Ø5mm (cantos das cintas e emendas de treliças)	Armadura Ø8mm (reforço das vergas)
Pavimento térreo	147 m	40 m
Pavimento tipo	145 m	35 m

(fonte: Projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

Os detalhes de reforços nos cantos das cintas e emendas de treliças nas alvenarias das torres da obra A são apresentados na figura 26, obtida através dos projetos de alvenaria estrutural cedidos pela empresa. São ilustrados os 3 reforços de bitola 5 mm e comprimento 80 cm utilizados nos encontros de paredes em formato “L”, enquanto nos encontros de paredes em formato “T” são utilizados 2 reforços iguais aos citados anteriores, somados a um terceiro reforço sem dobras com as mesmas dimensões.

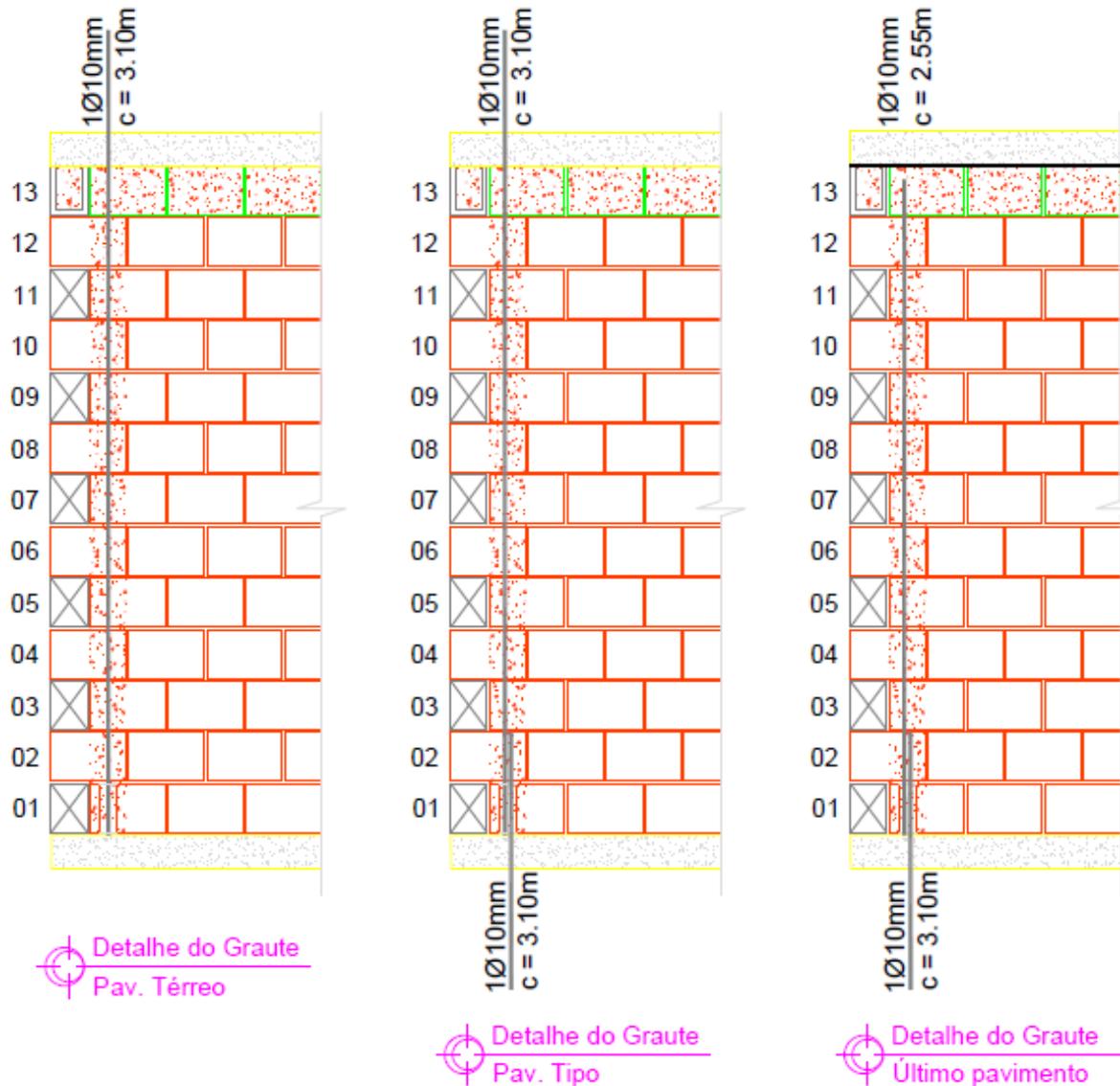
Figura 26 – Detalhes de reforços nos cantos das cintas e emendas de treliças nas alvenarias das torres na obra A



(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

Os pontos de graute vertical nas alvenarias das torres da obra A são ilustrados através da figura 27, obtida através dos projetos de alvenaria estrutural cedidos pela empresa. As barras são de bitola 10 mm e comprimento de 310 cm nos pavimentos térreo e tipo, com exceção do último pavimento, pois não ocorre o traspasse desta armadura vertical para a laje de cobertura, em consequência da junta de trabalho prevista em projeto.

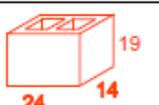
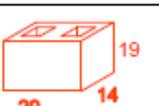
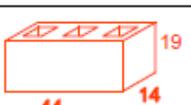
Figura 27 – Detalhe de armaduras dos pontos de graute vertical nas alvenarias das torres na obra A



(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

As alvenarias da obra A são executadas com blocos estruturais de cerâmica, que são ilustrados pela figura 28, obtida através dos projetos de alvenaria estrutural cedidos pela empresa.

Figura 28 – Blocos cerâmicos estruturais utilizados nas alvenarias da obra A

TIPOS DE BLOCO	
	Pastilha (14x04x19)
	Pastilha (14x09x19)
	Meio bloco (14x14x19)
	Bloco 19 (14x19x19)
	Especial 24 (14x24x19)
	Inteiro (14x29x19)
	Bloco e meio (14x44x19)
	Canaleta (14x29x19)

(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

As resistências características dos componentes utilizados nas alvenarias das torres da obra A são apresentadas no quadro 16, enquanto as áreas totais por pavimento são apresentadas no quadro 17. Os valores apresentados nos quadros a seguir foram obtidos através dos projetos estruturais cedidos pela empresa.

Quadro 16 – Resistências características dos componentes utilizados nas alvenarias das torres da obra A

Resistências características dos componentes (MPa) – obra A	
Bloco	7,0
Argamassa	4,0
Graute	14,0

(fonte: Projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

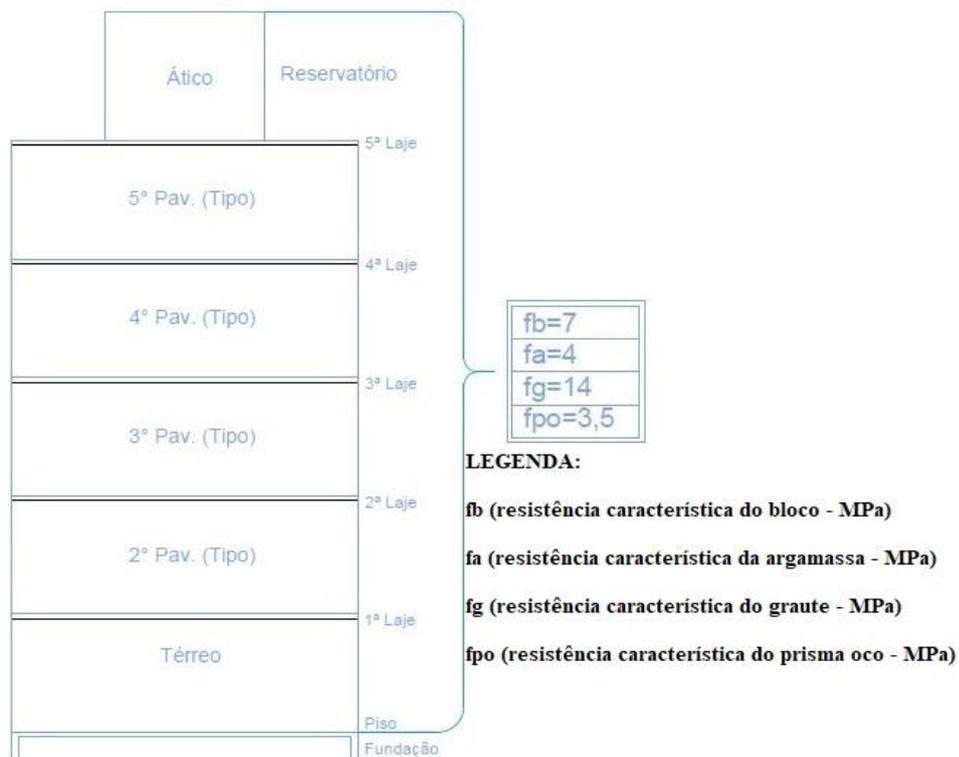
Quadro 17 – Áreas dos pavimentos das torres da obra A

Áreas (m²) – obra A		
Por pavimento	Área de alvenaria	Área de laje
Térreo	492,1 m ²	218,5 m ²
Tipo	479,6 m ²	215,2 m ²

(fonte: Projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

As resistências características dos componentes das alvenarias das torres construídas na obra A são ilustradas através do corte esquemático da figura 29, obtida através dos projetos de alvenaria estrutural cedidos pela empresa.

Figura 29 – Corte esquemático das torres da obra A



(fonte: adaptado do projeto estrutural da obra A cedido pela empresa)

Para posterior análise e levantamento de dados relativos às falhas na execução das alvenarias nas obras em estudo, observou-se a divisão de etapas para a elevação das paredes. Na obra A, a divisão ocorre em cinco etapas, conforme apresentado a seguir:

- Locação;
- Alvenaria 1ª etapa elevação;
- Grauteamento 1ª etapa;
- Alvenaria 2ª etapa de elevação;
- Grauteamento 2ª etapa.

5.1.2 Obra B

Foi analisada uma torre pertencente ao empreendimento denominado obra B, que se localiza na cidade de Porto Alegre. A empresa responsável pelo empreendimento não informou sobre certificação para o sistema de gestão da qualidade (vide item 3.3).

A obra B é formada por 27 torres, as quais foram planejadas em três fases de construção. Cada torre possui 5 pavimentos, com 8 unidades por pavimento, totalizando 40 unidades por torre e 1080 na sua totalidade. As unidades apresentam área privativa de 45,70 m², que contemplam dois dormitórios, um banheiro, uma área de estar/jantar e uma cozinha com área de serviço. O empreendimento também engloba salão de festas, playground e 1080 vagas de estacionamento.

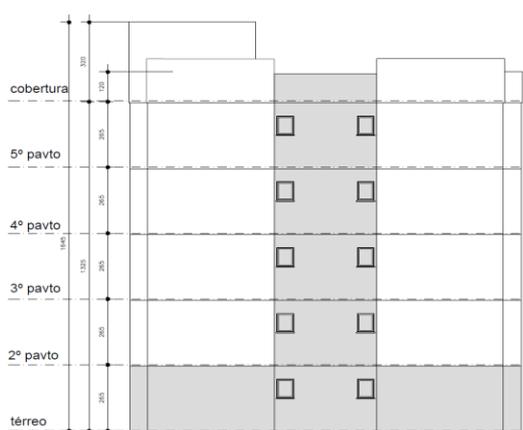
As figuras 30 e 31 apresentam a fachada principal e lateral das torres da obra B, obtidas através dos projetos arquitetônicos que foram cedidas pela empresa responsável pelo empreendimento.

Figura 30 – Fachada principal das torres na obra B



(fonte: Imagem do projeto arquitetônico da obra B cedido pela empresa)

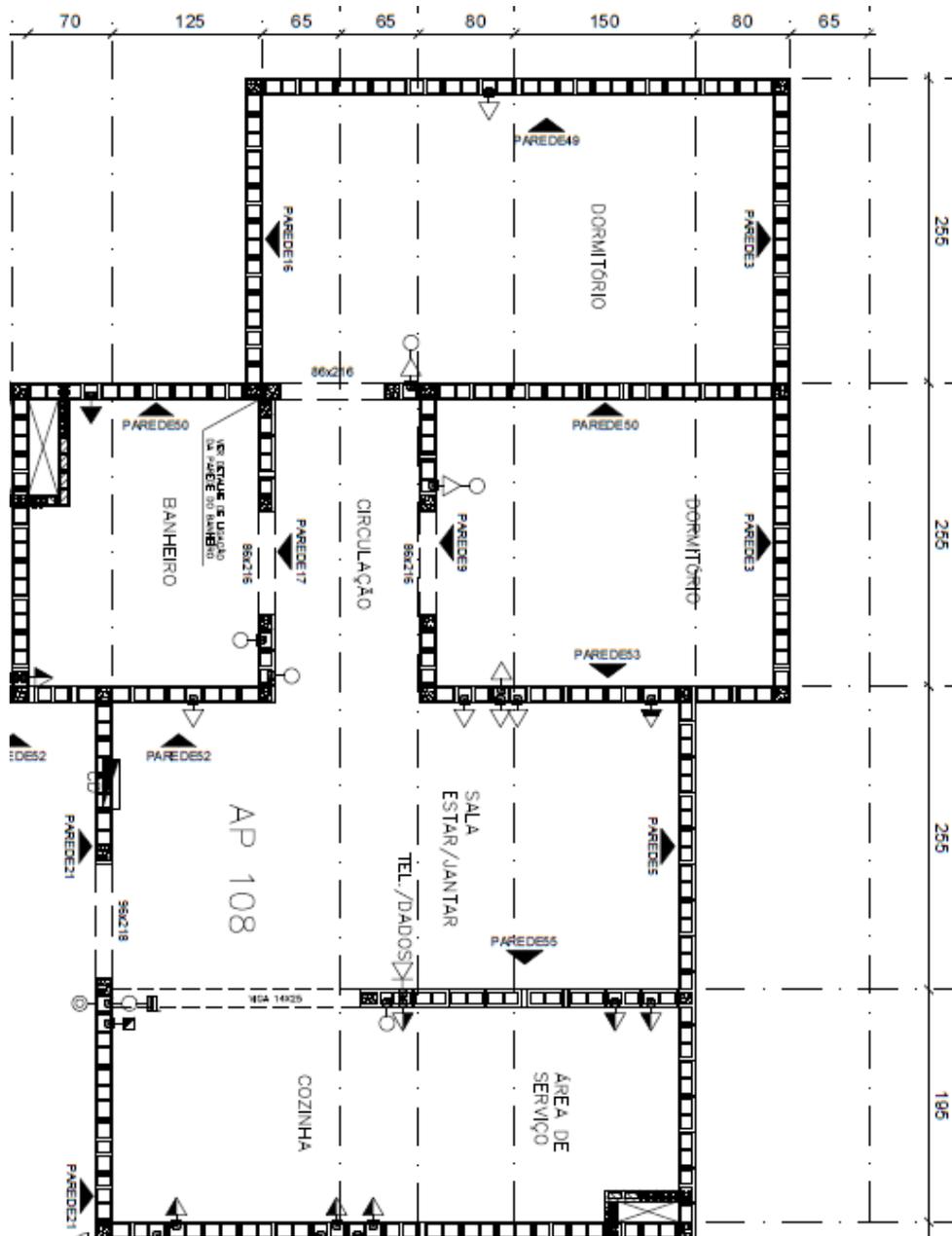
Figura 31 – Fachada lateral das torres na obra B



(fonte: Imagem do projeto arquitetônico da obra B cedido pela empresa)

A planta de primeira fiada da alvenaria estrutural das unidades terminadas em 08 na obra B é ilustrada através da figura 32, obtida através dos projetos de alvenaria estrutural cedidos pela empresa. Assim como o método de escolha para exemplificar as plantas da estrutura na obra A, escolheu-se aleatoriamente as unidades terminadas em 08 das torres pertencentes à obra B, pois todas as unidades apresentam as mesmas áreas e divisões internas. Constatou-se que o projeto de primeira fiada utilizado para execução das paredes na obra B indica os pontos das instalações elétricas, ao contrário dos projetos utilizados na obra A.

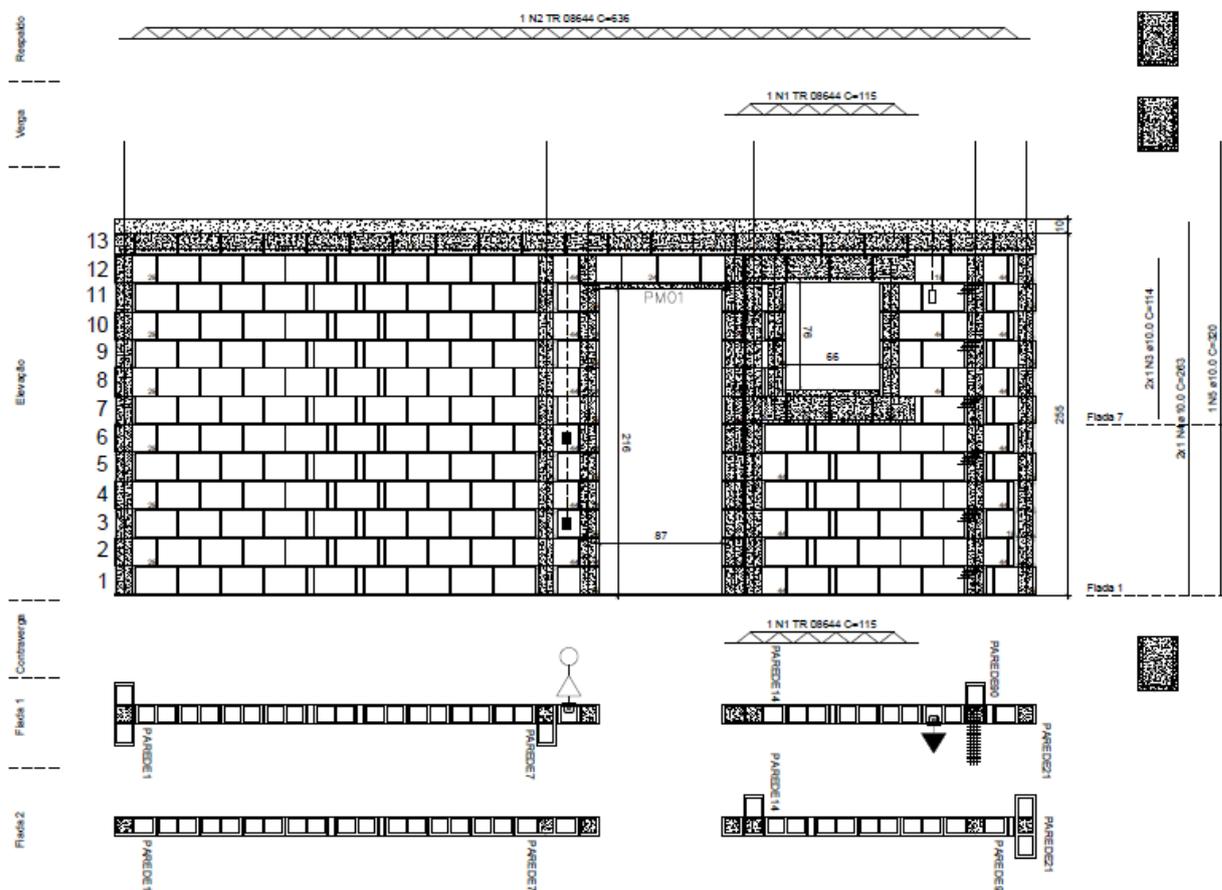
Figura 32 – Planta de primeira fiada da alvenaria estrutural das unidades terminadas em 08 na obra B



(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra B cedido pela empresa)

A planta de elevação da parede identificada como parede 65 nas torres da obra B é apresentada através da figura 33, obtida através dos projetos de alvenaria estrutural cedidos pela empresa. A escolha desta planta foi feita de forma aleatória, apenas com a finalidade de exemplificar os elementos constituintes da parede. Assim como os projetos de elevação de paredes utilizados na obra A, observou-se que os projetos utilizados na obra B também apresentam medidas de vãos, pontos de graute vertical, paredes ortogonais e especificações de treliças. Além disto, os pontos de instalações elétricas também são apontados nos projetos de elevação, o que representa maior grau de detalhamento de projeto.

Figura 33 – Planta de elevação da parede 65 na obra B



(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra B cedido pela empresa)

Todas as torres da obra B apresentam 40 unidades com as mesmas áreas e divisões internas. Porém, assim como observado nas torres da obra A, a estrutura das torres na obra B possui diferenças nos quantitativos de graute e aço, provenientes das paredes construídas no pavimento térreo para poços de luz e entrada da torre. Os valores apresentados por meio dos quadros 18, 19 e 20 foram obtidos através dos projetos estruturais cedidos pela empresa.

Constatou-se diferença na bitola da armadura utilizada nos reforços nos cantos das cintas e emendas de treliças, bem como nos reforços das vergas e contravergas, que são executados com armadura de bitola 5 mm e 8 mm respectivamente na obra A, enquanto na obra B todos os reforços são executados com armadura de bitola 10 mm.

Quadro 18 – Quantitativo de grautes verticais na obra B

Grautes verticais – obra B		
Por pavimento	Armadura Ø10mm	Volume de graute
Pavimento térreo	518,4 m	2,13 m ³
Pavimento tipo	499,2 m	2,05 m ³

(fonte: Projeto estrutural da obra B cedido pela empresa)

Quadro 19 – Quantitativo de cintas, vergas e contravergas na obra B

Cintas, vergas e contravergas – obra B		
Por pavimento	Treliça T8L	Volume de graute
Pavimento térreo	514 m	8,72 m ³
Pavimento tipo	500 m	8,63 m ³

(fonte: Projeto estrutural da obra B cedido pela empresa)

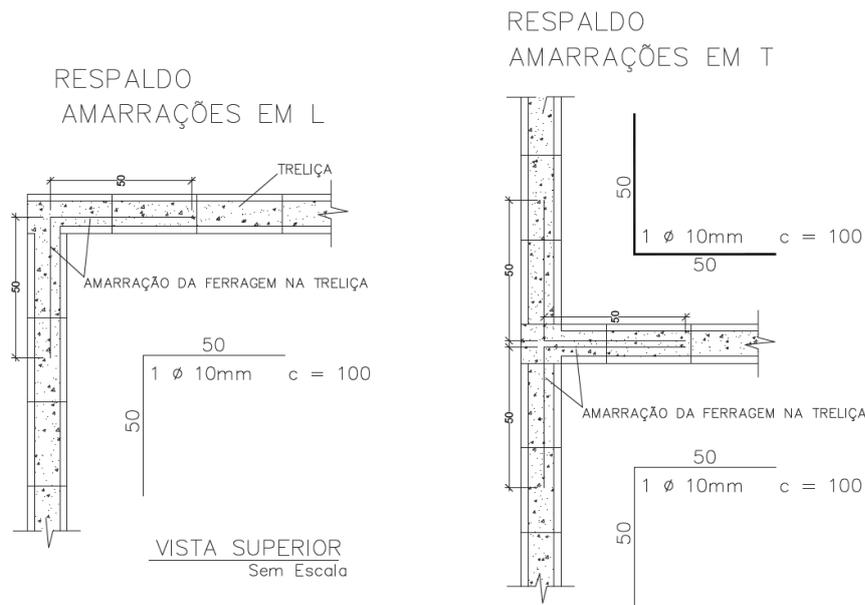
Quadro 20 – Quantitativo de armaduras de reforços na obra B

Armaduras de Reforços – obra B		
Por pavimento	Armadura Ø10mm (cantos das cintas e emendas das treliças)	Armadura Ø10mm (reforço das vergas)
Pavimento térreo	312 m	82 m
Pavimento tipo	308 m	80 m

(fonte: Projeto estrutural da obra B cedido pela empresa)

Os detalhes de reforços nos cantos das cintas e emendas de treliças nas alvenarias das torres da obra B são ilustrados através da figura 34, obtida através dos projetos de alvenaria estrutural cedidos pela empresa. Diferente dos reforços executados no encontro de paredes em formato “L” da obra A, os reforços da obra B nestes encontros de paredes são executados com apenas uma armadura de bitola 10 mm, que apresenta comprimento de 100 cm. Notou-se diferença também nos encontros de paredes em formato “T”, sendo utilizados reforços compostos de duas armaduras de bitola 10 mm e comprimento 100 cm nas alvenarias da obra B.

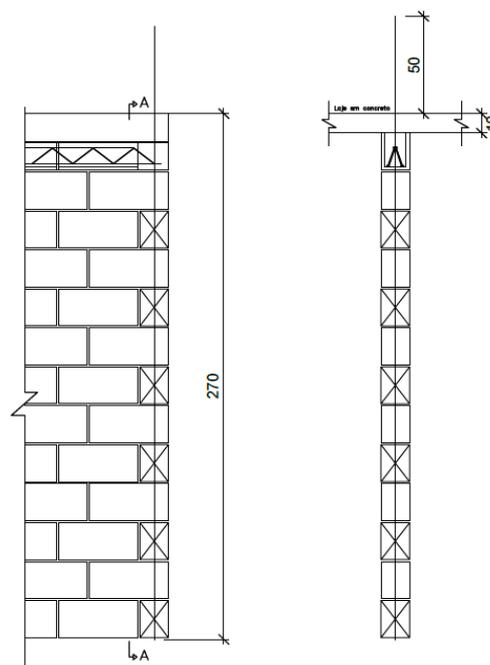
Figura 34 – Detalhes de reforços nos cantos das cintas e emendas de treliças nas alvenarias das torres na obra B



(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra B cedido pela empresa)

Os pontos de graute vertical nas alvenarias das torres da obra B são ilustrados através da figura 35, obtida através dos projetos de alvenaria estrutural cedidos pela empresa. Foi observado que o comprimento do traspasse da armadura nas alvenarias das torres da obra B é de 50 cm, enquanto na obra A é de 40 cm.

Figura 35 – Detalhe de armaduras dos grautes verticais nas alvenarias das torres na obra B



(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra B cedido pela empresa)

Assim como na obra A, as paredes da obra B são executadas com blocos estruturais cerâmicos, que são ilustrados pela figura 36, obtida através dos projetos de alvenaria estrutural cedidos pela empresa.

Figura 36 – Blocos cerâmicos estruturais utilizados nas alvenarias da obra B

		Inteiro (14x29x19)
		Meio bloco (14x14x19)
		Contrafiamento "T" (14x44x19)
		Bloco 19 (14x19x19)
		Canaleta (14x29x19)
		Meio canaleta (14x14x19)
		Canaleta Especial (14x29x14)
		Bloco Especial (14x24x14)
		Pastilha (14x04x19)
		Pastilha (14x09x19)

(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra B cedido pela empresa)

As resistências características dos componentes utilizados nas alvenarias da obra B são apresentadas no quadro 21 e, em seguida, são apresentadas as áreas totais por pavimento no quadro 22. A resistência característica do graute utilizado nos primeiros pavimentos é diferente do graute utilizado no restante da torre nas alvenarias da obra B. A argamassa de assentamento utilizada na obra B apresenta resistência característica de 6 MPa, enquanto este elemento apresenta 4 MPa na obra A. Os valores apresentados nos quadros a seguir foram obtidos através dos projetos estruturais cedidos pela empresa.

Quadro 21 – Resistências características dos componentes utilizados nas alvenarias das torres da obra B

Resistências características dos componentes (MPa) – obra B	
Bloco - Todos os pavimentos	7,0
Argamassa - Todos os pavimentos	4,0
Graute - Térreo e 2º pavimentos	20,0
Graute - 3º, 4º e 5º pavimentos	15,0

(fonte: Projeto estrutural da obra B cedido pela empresa)

Quadro 22 – Áreas dos pavimentos das torres da obra B

Áreas (m²) – obra B		
Por pavimento	Área de alvenaria	Área de laje
Pavimento térreo	492,1 m ²	218,5 m ²
Pavimento tipo	479,6 m ²	215,2 m ²

(fonte: Projeto estrutural da obra B cedido pela empresa)

As resistências características dos componentes das alvenarias das torres construídas na obra B são ilustradas através do corte esquemático da figura 37, obtida através dos projetos de alvenaria estrutural cedidos pela empresa.

Figura 37 – Corte esquemático das torres da obra B

	BLOCO 7 MP _a Graute 15 MP _a COBERT. Prisma 1,1 MP _a
5° PAV	BLOCO 7 MP _a Graute 15 MP _a Prisma 1,1 MP _a
4° PAV	BLOCO 7 MP _a Graute 15 MP _a Prisma 1,9 MP _a
3° PAV	BLOCO 7 MP _a Graute 15 MP _a Prisma 2,9 MP _a
2° PAV	BLOCO 7 MP _a Graute 20 MP _a Prisma 3,9 MP _a
TÉRREO	BLOCO 7 MP _a Graute 20 MP _a Prisma 4,2 MP _a

(fonte: Imagem do projeto estrutural da obra B cedido pela empresa)

Assim como realizado na obra A, observou-se a divisão de etapas para a elevação das paredes com o intuito de possibilitar a análise e levantamento de dados relativos às falhas na execução das alvenarias. Na obra B, os procedimentos são divididos em três etapas, devido a união entre as etapas de elevação e, fora isso, o grauteamento das paredes ocorre em etapa única, conforme apresentado a seguir:

- a) Locação;
- b) Elevação;
- c) Grauteamento.

5.2 PLANILHA PARA COLETA DE DADOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Para a realização de coleta de dados e posterior análise das falhas mais comuns na execução das alvenarias, observou-se os procedimentos de serviço e planilhas utilizadas pelas empresas na realização das inspeções da alvenaria estrutural. A partir disto, foi elaborada uma planilha para coleta de dados relacionados aos serviços das diferentes etapas de execução da alvenaria estrutural, que é apresentada no anexo A deste trabalho. Os itens presentes na planilha elaborada para esta pesquisa tiveram como base os parâmetros de controle adotados pelas empresas responsáveis das obras em estudo.

A pesquisa foi desenvolvida com o intuito de obter dados em torno de uma mesma quantidade de alvenarias nas duas obras em estudo. Sendo assim, para o estudo realizado na obra A, utilizaram-se 10 planilhas para coleta de dados de alvenaria estrutural, sendo uma planilha para cada pavimento das duas torres analisadas. Como cada pavimento apresenta 4 unidades e as torres são compostas por 5 pavimentos, a análise resultou na obtenção de dados de 40 unidades. Na obra B, o estudo foi realizado com a utilização de 5 planilhas para coleta de dados de alvenaria estrutural, sendo uma planilha para cada pavimento da única torre analisada. As torres da obra B apresentam 8 unidades por pavimento, o que resultou na coleta de dados de 40 unidades.

Os dados para a análise foram complementados com informações contidas nas planilhas de controle e inspeção de alvenarias cedidas pelas empresas responsáveis das obras em estudo, pois as visitas realizadas aos canteiros de obras não permitiram o acompanhamento de todas as etapas de execução das alvenarias das 40 unidades da obra A e das 40 unidades da obra B.

Durante a coleta de dados, constatou-se que frequentemente a mesma falha de execução das paredes ocorria mais de uma vez numa mesma unidade. Para a identificação das não conformidades na alvenaria estrutural, o número da unidade era registrado, assim como o número da parede identificada no projeto estrutural. Os quadros 23 e 24 exemplificam o método de inspeção das alvenarias realizado neste trabalho, bem como a identificação dos locais em que as não conformidades foram observadas.

Quadro 23 – Planilha para coleta de dados na locação das alvenarias

INSPEÇÃO DE OBRA	PLANILHA PARA COLETA DE DADOS				PÁGINA 01/04				
	ALVENARIA ESTRUTURAL - BLOCO CERÂMICO								
Obra: A		Executante: Contratado Terceirizado							
Legenda para inspeção		A - Aprovado	R - Reprovado	® - Aprovado após reinspeção					
Local do serviço: Torre 6				UNIDADES DE INSPEÇÃO					
Item - O que verificar	Parâmetro controle / tolerância	301	302	303	304				
A. Locação									
1. Locação da alvenaria	Menor do que 10 mm	A	A	A	A				
2. Esquadro da marcação (1ª fiada)	Menor do que 3 mm na maior ponta do esquadro	R	R	A	A				
3. Paginação do projeto	Paginação conforme projeto	R	A	A	A				
4. Nivelamento 1ª fiada	A bolha deve estar no centro da régua de nível	A	A	A	A				
Data de aprovação:									
Responsável pela inspeção:					Assinatura:				

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 24 – Planilha para coleta de dados das não conformidades das alvenarias

ID	Não conformidade	Ação	REINSPEÇÃO	
			Responsável	Aprov. (data)
Und. 301 Etapa A Item 2	Mudança na equipe de alvenaria. As paredes 12, 13 e 14 estão fora de esquadro (erros maiores do que parâmetros permitidos).	Refazer a 1ª fiada com supervisão do engenheiro responsável.	Eng. Responsável Obra A	01/01/2018
Und. 302 Etapa A Item 2	Mudança na equipe de alvenaria. As paredes 01, 04, 13 e 14 estão fora de esquadro (erros maiores do que parâmetros permitidos).	Refazer a 1ª fiada com supervisão do engenheiro responsável.	Eng. Responsável Obra A	01/01/2018
Und. 301 Etapa A Item 3	A parede 04 apresenta erro na paginação. A parede está incompatível com o projeto da estrutura, refletindo na dimensão do vão da porta (dimensão divergente da indicada em projeto).	Refazer a 1ª fiada com supervisão do engenheiro responsável.	Eng. Responsável Obra A	01/01/2018

(fonte: elaborado pelo autor)

Identificação de falhas em alvenaria estrutural de bloco cerâmico: análise do sistema construtivo em empreendimentos habitacionais de interesse social quanto a possibilidade do aparecimento de manifestações patológicas

5.2.1 Itens da planilha para coleta de dados de alvenaria estrutural

Os itens que compõem a planilha utilizada para coleta de dados de alvenaria estrutural nas obras em estudo, conforme citado anteriormente, possuem os mesmos parâmetros de controle e tolerância adotados pelas empresas responsáveis dos empreendimentos. As principais divisões e subdivisões presentes na planilha elaborada pelo autor são descritas a seguir.

5.2.1.1 Etapa de locação da alvenaria

Deve-se conferir os cantos da laje antes de iniciar a etapa de locação da alvenaria, que é conferida com trena e possui tolerância de erro de 10 mm na obra A, enquanto os procedimentos da obra B não indicam tolerância para este item. Nas duas obras analisadas, a execução da 1ª fiada para marcação de alvenaria é feita a partir da fixação de linhas de prumada na parte externa do prédio, possibilitando o delineamento das prumadas e esquadros da alvenaria nos diversos pavimentos. O nivelamento da 1ª fiada não possui tolerâncias para desvios em nenhuma das obras em estudo.

Observou-se que nenhuma das empresas responsáveis pelas obras inspeciona as juntas horizontais de assentamento da 1ª fiada das alvenarias. Sendo assim, este item não consta na planilha para a coleta de dados.

Em relação à verificação da compatibilidade entre projetos das instalações elétricas antes do início da locação das alvenarias, observou-se que na obra A é feita a conferência de esquadro e posicionamento das esperas elétricas e hidrossanitárias deixadas no radier ou laje, com tolerância de 3 mm na maior ponta do esquadro. No entanto, os projetos das alvenarias utilizados na obra A não indicam onde estão estas esperas, enquanto os projetos das alvenarias utilizados na obra B indicam os pontos das instalações elétricas. A empresa B faz a mesma conferência de esquadro, porém com tolerância de 2 mm na maior ponta do esquadro.

Em ambas as obras, o procedimento de execução de furos para posicionamento das armaduras verticais, que ficam dentro dos vazados dos blocos, é feito com broca justa a dimensão do diâmetro do aço nos pontos definidos em projeto. É recomendada a limpeza dos resíduos de pó nos furos, bem como a utilização de marreta para a penetração até o fundo do furo executado. A profundidade destes furos não é especificada pelos procedimentos de serviços das obras.

O quadro 25 apresenta todos os itens inspecionados na etapa de locação das alvenarias nas obras em estudo. Deve-se observar a existência de itens duplicados, os quais indicam divergências entre obra A e B nos parâmetros de controle.

Quadro 25 – Itens inspecionados na locação da alvenaria

Locação da Alvenaria	
Item - O que verificar	Parâmetro controle / tolerância
Locação da alvenaria (obra A)	Menor do que 10 mm
Locação da alvenaria (obra B)	Não possui tolerância para erros
Esquadro da marcação 1ª fiada (obra A)	Menor do que 3 mm na maior ponta do esquadro
Esquadro da marcação 1ª fiada (obra B)	Menor do que 2 mm na maior ponta do esquadro
Paginação do projeto	Paginação conforme projeto
Nivelamento 1ª fiada	A bolha deve estar no centro da régua de nível

(fonte: elaborado pelo autor)

5.2.1.2 Etapa de elevação da alvenaria

Após a etapa de locação da alvenaria, a elevação das alvenarias é iniciada pelos cantos, utilizando o sistema de tipo castelo para a amarração das paredes. Observou-se que os procedimentos das duas empresas recomendam o sistema castelo junto aos cantos para a união entre paredes estruturais, enquanto as paredes sem função estrutural devem ser fixadas com tela a cada duas fiadas.

O assentamento dos blocos deve ser executado nas obras conforme a paginação de projeto e, além disso, os blocos devem ser posicionados ao mesmo tempo em que a argamassa está trabalhável e plástica. Na obra A, as espessuras de juntas de argamassa horizontais e verticais devem apresentar espessura de 10 mm, com tolerância de desvio máximo de 3 mm. Na obra B, as espessuras de juntas verticais devem ser executadas com espessuras entre 8 mm e 13 mm, enquanto as juntas horizontais devem apresentar espessura entre 9 mm e 11 mm.

Não foram previstas juntas de dilatação nas paredes das torres da obra A. Na obra B eram previstas juntas de dilatação com espessura de 2 cm, as quais deveriam seguir as especificações de projeto, resultando na colocação de poliestireno entre as paredes, cintas de respaldo e lajes.

Na obra A, a definição da altura final do vão das portas e de finalização da alvenaria deve ser realizada na altura das fiadas intermediárias das paredes. No entanto, não são especificadas tolerâncias para a conferência dos vãos de esquadrias. Na obra B, existe uma tolerância máxima de 10 mm para execução dos vãos das esquadrias, desde que o vão fique maior do que o especificado em projeto.

Na parte inferior e superior dos vãos das janelas e superiores das portas, em ambas as obras estudadas, são feitas vergas e contravergas, em que são usados blocos canaleta preenchidos com graute, possuindo treliça e reforços de acordo com os detalhes de projetos. São especificados que estes elementos grauteados devem ultrapassar 20 cm para cada lado além dos vãos das esquadrias na obra A. Na obra B, para a execução deste mesmo apoio lateral, recomenda-se uma extensão de 30 cm para cada lado além dos vãos das esquadrias.

Na obra A, as vergas são executadas apoiadas sobre escoras, sendo uma fôrma de madeira para cada verga, centralizado no vão e apoiado na base com cunhas de madeira, e são retiradas somente após a colocação da laje do pavimento superior ou transcorridos 7 dias da concretagem. Na Obra B, as vergas são executadas de mesma maneira, mas não há instruções para o tempo necessário antes da retirada das escoras.

Na obra A, em relação ao nível durante a elevação da alvenaria, a conferência deve ser feita na primeira, intermediária e última fiadas, com o auxílio de uma régua de bolha no sentido horizontal. A verificação do nível das paredes na obra B também deve ser feita com régua de bolha e, além disto, os funcionários possuíam mangueira de nível para a realização desta conferência. No entanto, os procedimentos da obra B não especificam em que fiadas as verificações devem ser feitas. Nenhuma das obras especifica o uso de escantilhão para execução das paredes. Esta ferramenta auxilia o processo de assentamento dos blocos, proporcionando juntas de argamassa padronizadas entre as fiadas, dispensando correções futuras no nível das paredes em caso de não conformidades. Os procedimentos de serviço da obra A indicam que a tolerância para o desnível horizontal deve ser inferior à 2 mm por metro. Na obra B, a bolha deve estar no centro da régua de nível.

Na obra A, a cinta de respaldo das alvenarias é composta de canaletas e em seu interior são colocados treliças e reforços, conforme detalhes do projeto estrutural. Na obra B, as duas últimas fiadas são preenchidas com graute e também apresentam treliças e reforços em seu interior.

A verificação do prumo das paredes nas obras em estudo, realizada no sentido vertical, é feita através da utilização de um prumo de face com corda. Observou-se que não havia padrões para a extensão desta corda ou para o peso do prumo utilizados nas obras. Na obra A, a tolerância permitida para desvio de prumo é de 5 mm por pavimento, enquanto os procedimentos da obra B não especificam valores para tolerância do alinhamento vertical da parede.

O quadro 26 apresenta os itens inspecionados nas etapas de elevação das alvenarias nas obras em estudo. Assim como na etapa de locação, o quadro a seguir mostra itens duplicados, com o objetivo de expor as diferenças nos parâmetros de controle adotados pelas empresas.

Quadro 26 – Itens inspecionados na elevação da alvenaria

Elevação da Alvenaria	
Item - O que verificar	Parâmetro controle / tolerância
Sistema castelo junto aos cantos	Existência do sistema castelo (interpenetração alternada nas interfaces comuns)
Se houver encontro com parede sem função estrutural	Fixação com tela metálica ancorada na junta de assentamento (cada duas fiadas)
Junta de argamassa horizontal (obra A)	$7 \text{ mm} < J < 13 \text{ mm}$
Junta de argamassa horizontal (obra B)	$9 \text{ mm} < J < 11 \text{ mm}$
Junta de argamassa vertical (obra A)	$7 \text{ mm} < J < 13 \text{ mm}$
Junta de argamassa vertical (obra B)	$8 \text{ mm} < J < 13 \text{ mm}$
Junta de dilatação (obra A)	Torres não possuem juntas de dilatação
Junta de dilatação (obra B)	Junta de dilatação 2 cm - Inserir poliestireno entre as paredes, cintas de respaldo e lajes
Paginação do projeto / controle de vãos (obra A)	Paginação conforme projeto e atenção ao dimensionamento dos vãos
Paginação do projeto / controle de vãos (obra B)	Paginação conforme projeto e tolerância máxima de 10 mm para vãos

continua

continuação

Elevação da Alvenaria	
Vergas/ Contravergas (obra A)	Armadura conforme detalhes de projeto e apoio lateral mínimo de 20 cm
Vergas/ Contravergas (obra B)	Armadura conforme detalhes de projeto e apoio lateral mínimo de 30 cm
Nível (obra A)	Menor do que 2 cm por metro
Nível (obra B)	Bolha no centro da régua de prumo
Prumo (obra A)	Desvio no alinhamento vertical inferior à 5 mm por pavimento
Prumo (obra B)	Não possui tolerância desvios no alinhamento vertical
Esquadro (obra A)	Menor do que 3 mm na maior ponta do esquadro
Esquadro (obra B)	Menor do que 2 mm na maior ponta do esquadro
Marcação dos níveis para determinação da altura dos taipas e respaldo da alvenaria	Conforme o projeto

(fonte: elaborado pelo autor)

5.2.1.3 Etapa de grauteamento da alvenaria

Em ambas empresas, deve-se conferir a limpeza e umedecimento de vazados a serem grauteados e, além disto, o posicionamento de armaduras e emendas devem ser feitas de acordo com especificações de projeto.

Na obra A, são deixadas janelas de inspeção na primeira e sétima fiadas, para amarração dos aços e conferência do preenchimento dos vazados com graute. Estas janelas de inspeção são pequenas aberturas nas paredes para conferência do preenchimento total do graute nos locais especificados em projetos estruturais (vide item 4.8.2.7). Na obra B, as janelas de inspeção são feitas apenas na primeira fiada. A conferência das janelas de inspeção ocorre 10 dias após o grauteamento da parede na obra A, enquanto os procedimentos da obra B não determinam parâmetros para esta conferência.

O lançamento do graute ocorre em duas etapas nas paredes da obra A, sendo que a primeira etapa de grauteamento é realizada na altura das contravergas de vãos com altura de 100 cm em relação ao piso do pavimento, enquanto a segunda etapa ocorre na altura das cintas de respaldo

das alvenarias, incluindo vergas dos vãos e, além disso, contravergas de vãos com altura 160 cm em relação ao piso do pavimento. Na obra B, o lançamento do graute é realizado em etapa única, a qual é realizada na altura das cintas e inclui todos os elementos de contravergas e vergas de diferentes alturas em relação ao nível do pavimento.

O quadro 27 apresenta os itens inspecionados nas etapas de grauteamento das alvenarias nas obras em estudo. Assim como nas etapas descritas anteriormente, o quadro a seguir mostra itens duplicados, com a finalidade de exibir as diferenças nos parâmetros de controle adotados pelas empresas.

Quadro 27 – Itens inspecionados no grauteamento da alvenaria

Item - O que verificar	Parâmetro controle / tolerância
Limpeza e Umedecimento dos vazados	Local pronto e limpo
Armadura e Traspasse graute vertical	Conforme o projeto
Janelas de Inspeção (obra A)	1ª e 7ª fiadas - Preenchida (Fechada com fôrma de madeira)
Janelas de Inspeção (obra B)	1ª fiada - Preenchida (Fechada com fôrma de madeira)
Posição do Graute	Conforme o projeto
Limpeza e Umedecimento da calha	Local pronto e limpo
Traspasse da treliça além do vão (obra A)	Apoio lateral mínimo de 20 cm
Traspasse da treliça além do vão (obra B)	Apoio lateral mínimo de 30 cm
Lançar graute em todo pilar juntamente com a contraverga (obra A)	Em todo pilar juntamente com a contraverga até a altura desta - Preenchimento total
Lançar graute em todo pilar juntamente com contraverga, verga e cinta de respaldo (obra B)	Em todo pilar juntamente com a cinta de respaldo até a altura desta - Preenchimento total
Lançar graute em todo pilar juntamente com verga e cinta de respaldo (obra A)	Em todo pilar juntamente com a cinta de respaldo até a altura desta - Preenchimento total

(fonte: elaborado pelo autor)

5.2.2 Inspeção e verificação de não conformidades nas obras em estudo

Na obra A, a vistoria das paredes é de responsabilidade do engenheiro, que inspeciona a execução dos serviços com o auxílio do estagiário. Antes da ida ao canteiro, para que seja possível fazer uma verificação completa da etapa, são separados os projetos necessários para conferência e, além disso, apuram que ferramentas são essenciais para a inspeção a ser feita.

A inspeção dos serviços na obra A é feita em cinco etapas (locação, 1ª elevação, grauteamento 1ª etapa, 2ª elevação e grauteamento 2ª etapa). As verificações são feitas por unidade na obra A, e quando não conformidades são observadas, deve-se indicar na parte final da planilha de serviço o número da parede e em que unidade foi observada a falha.

Após a verificação dos itens da planilha de serviço da primeira etapa, o documento é assinado pelo engenheiro, que deve colocar a data da inspeção realizada. Caso sejam aprovados todos os itens da primeira etapa, a etapa seguinte ocorre de acordo com o programado pelo setor de planejamento da obra até nova verificação do engenheiro, e assim sucessivamente. Se encontrados problemas, o projetista é consultado, obtendo o procedimento a ser seguido em cada caso. Após a resposta do projetista, a solução é repassada ao encarregado do serviço de alvenaria, que tem um prazo determinado até nova verificação do engenheiro responsável pela verificação. Se a correção estiver de acordo com o solicitado, a etapa seguinte é liberada para execução.

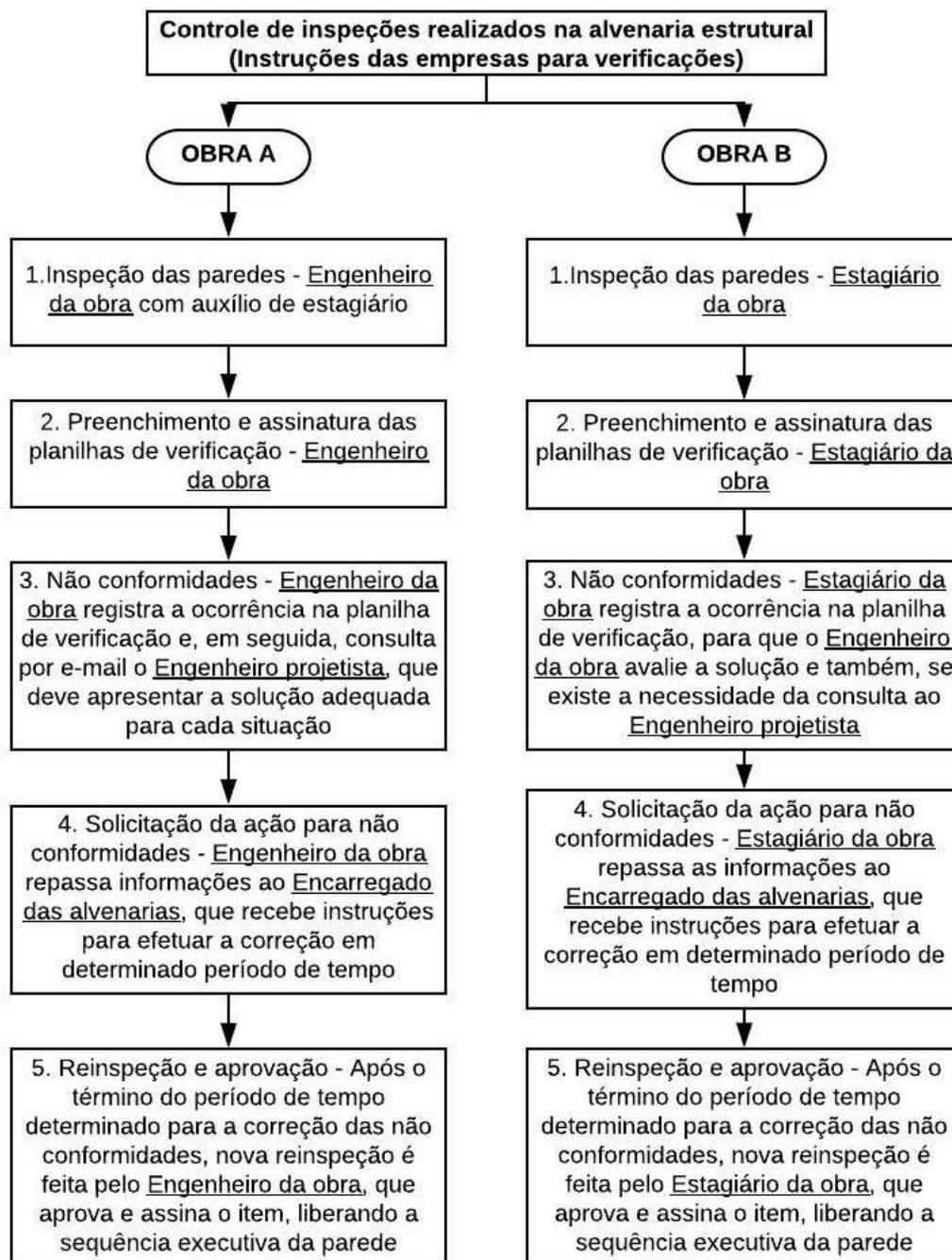
Na obra B, o acompanhamento da execução das paredes é feito pelo estagiário da obra, que também tem a função de preencher as planilhas de serviço da alvenaria. O estagiário segue para os locais de verificação munido dos projetos de alvenaria estrutural, arquitetônico e instalações. No entanto, para que as inspeções sejam realizadas, o estagiário necessita de ferramentas, que são emprestadas pelo encarregado da empreiteira contratada para execução da alvenaria. A empresa responsável pela obra B não disponibiliza os equipamentos necessários para as verificações recomendadas nos procedimentos de serviços.

A verificação dos serviços na obra B é separada em três etapas (locação, elevação e grauteamento). A inspeção das torres na obra B é feita por unidade e, quando são constatados erros, deve-se especificar o número da parede e unidade em que a falha foi observada. Após, o estagiário deve comunicar ao engenheiro da obra, que avalia a necessidade de consulta ao projetista estrutural. Posteriormente, o engenheiro comunica a solução ao estagiário, que deverá

repassar a informação ao encarregado pelas alvenarias e agendar nova inspeção. Se problemas não forem constatados, o estagiário aprova a etapa e assina a planilha, possibilitando a continuidade da construção das paredes.

O controle de inspeções das alvenarias nas obras em estudo é apresentado na figura 38 através de um fluxograma, que ilustra a sucessão de acontecimentos nas verificações das paredes.

Figura 38 – Fluxograma do controle de inspeções das alvenarias nas obras



(fonte: elaborado pelo autor)

6 RESULTADOS DA PESQUISA

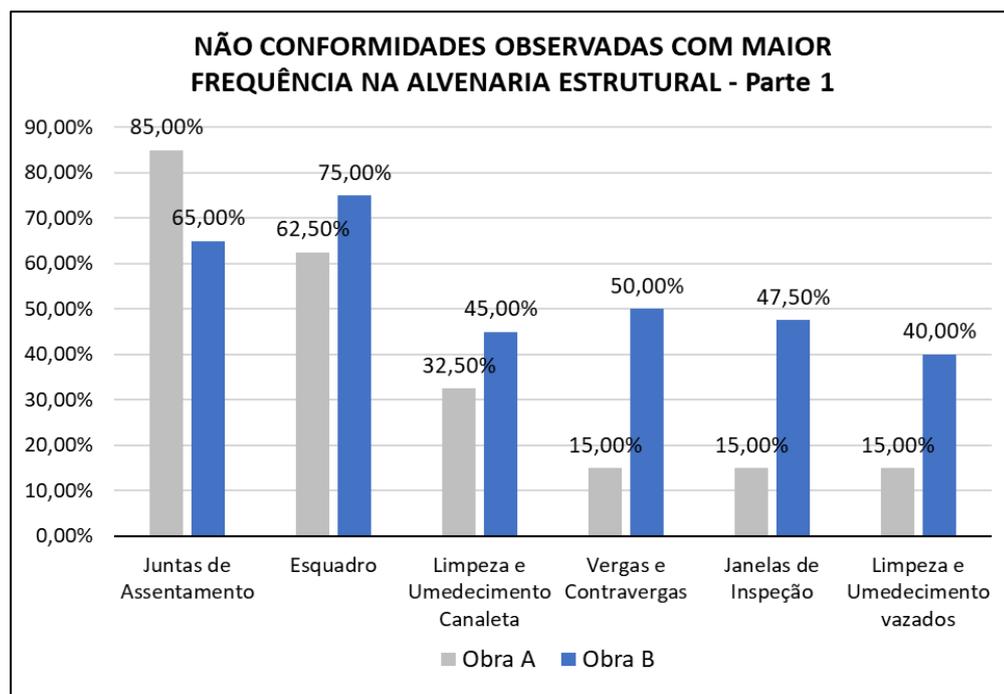
Neste capítulo são apresentados e analisados os dados obtidos de alvenaria estrutural.

6.1 IDENTIFICAÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES

Embora a conferência possua diferenças no método, oriundas da divisão em duas etapas do grauteamento nas paredes da obra A, as não conformidades constatadas em itens que aparecem em mais de uma etapa, como por exemplo, a conferência de espessura das juntas de argamassa para assentamento de blocos, foram contabilizadas apenas uma vez quando observadas nas unidades e, para resultar em 100 % no caso de não conformidades em todas as unidades verificadas, cada uma das 40 unidades analisadas representa 2,5 % do total para cada obra. Esta relação de proporção foi aplicada para a análise de dados nas duas obras em estudo.

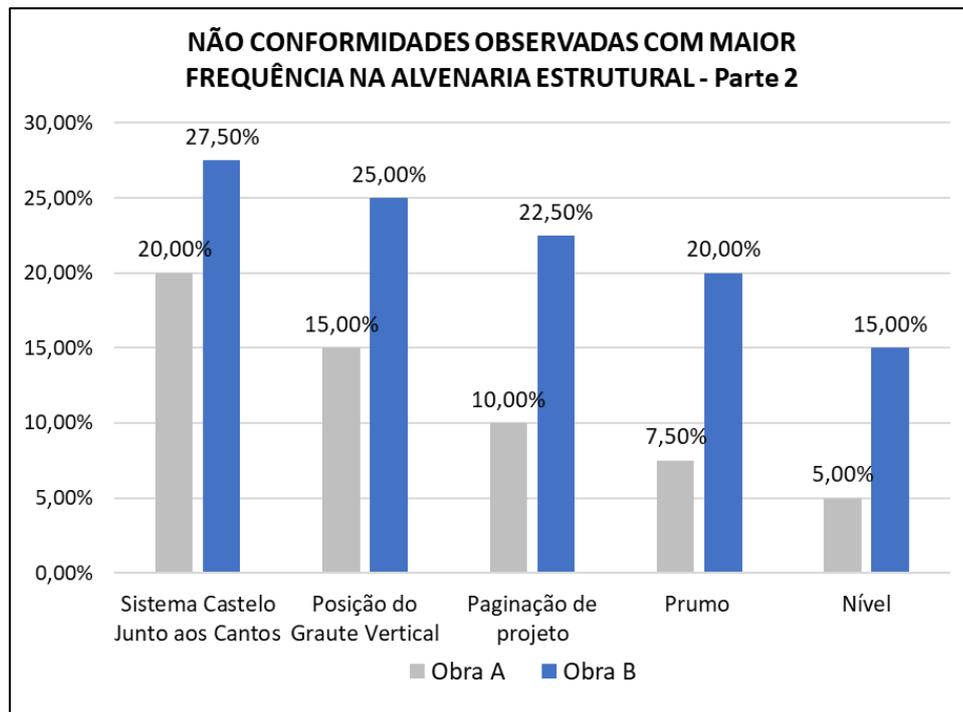
A partir dos gráficos apresentados nas figuras 39 e 40, que ilustram os resultados da pesquisa em percentuais nas obras A e B, é possível visualizar os itens com maior frequência de não conformidades relacionadas às tolerâncias especificadas para execução da estrutura.

Figura 39 – Não conformidades observadas com maior frequência nas alvenarias das obras em estudo – Parte 1



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 40 – Não conformidades observadas com maior frequência nas alvenarias das obras em estudo – Parte 2

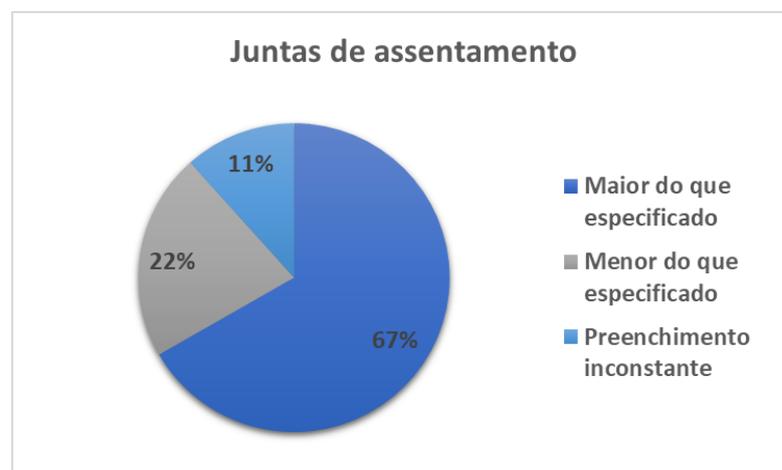


(fonte: elaborado pelo autor)

Após a apuração das não conformidades observadas com maior frequência, elaborou-se diagramas circulares a fim de ilustrar os tipos de não conformidades constatadas nestes itens.

A figura 41 apresenta o diagrama circular das não conformidades observadas nas juntas de argamassa para assentamento de blocos. Constatou-se que a não conformidade mais frequente neste item foram as juntas de argamassa com espessura maior do que o especificado.

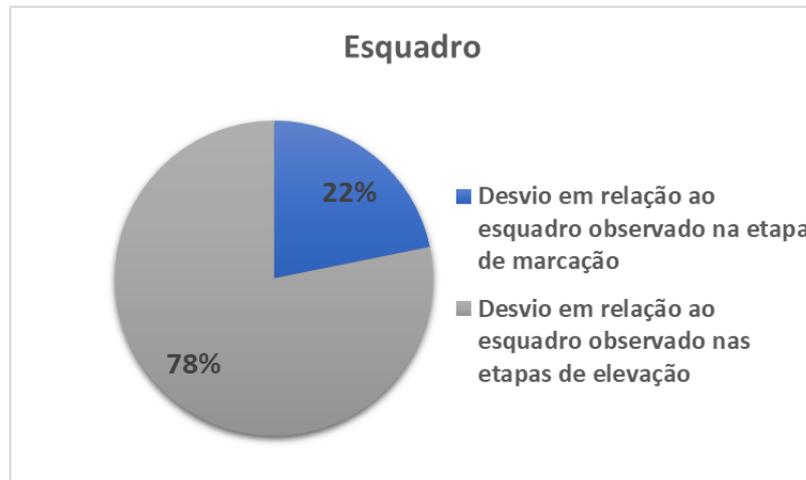
Figura 41 – Não conformidades observadas nas juntas de argamassa para assentamento



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 42 apresenta o diagrama circular das não conformidades observadas na verificação do esquadro das alvenarias. Constatou-se que a não conformidade mais frequente neste item foi o desvio em relação ao esquadro nas etapas de elevação.

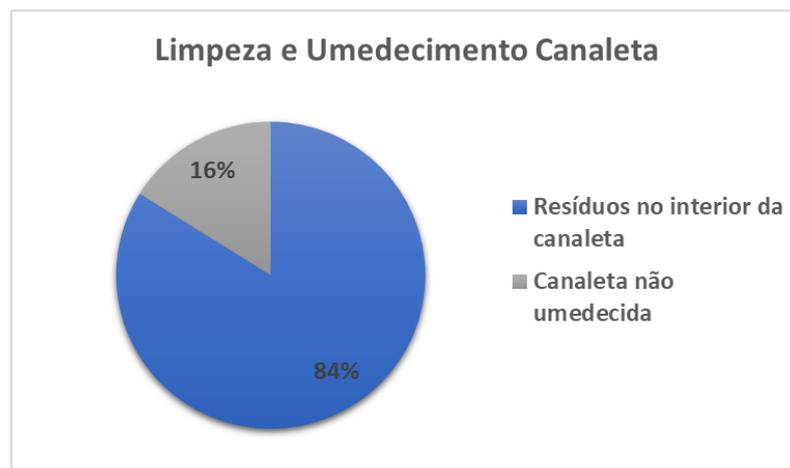
Figura 42 – Não conformidades na verificação do esquadro



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 43 apresenta o diagrama circular das não conformidades observadas na verificação da limpeza e umedecimento dos blocos canaleta. Constatou-se que a não conformidade mais frequente neste item era a presença de resíduos no interior da canaleta.

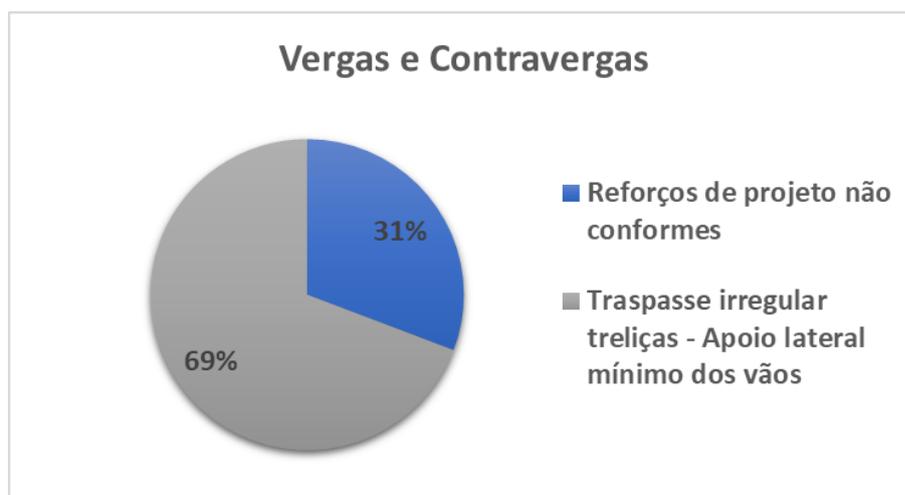
Figura 43 – Não conformidades de limpeza e umedecimento dos blocos canaleta



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 44 apresenta o diagrama circular das não conformidades observadas na verificação das vergas e contravergas das alvenarias. Constatou-se que a não conformidade mais frequente neste item está relacionada ao traspasse irregular das treliças, não atendendo aos requisitos especificados para apoio lateral mínimo dos vãos.

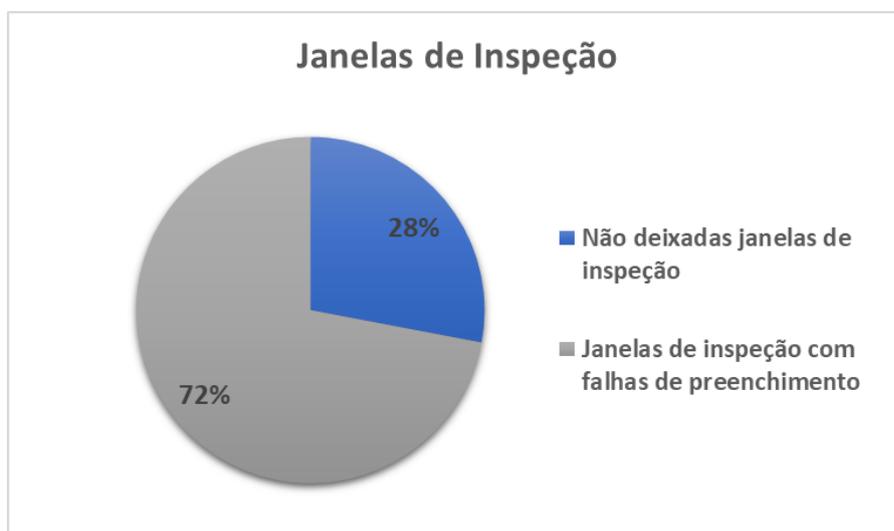
Figura 44 – Não conformidades em vergas e contravergas



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 45 apresenta o diagrama circular das não conformidades observadas na verificação das janelas de inspeção das alvenarias. Constatou-se que a não conformidade mais frequente neste item foi motivada pelas falhas do preenchimento total das janelas de inspeção.

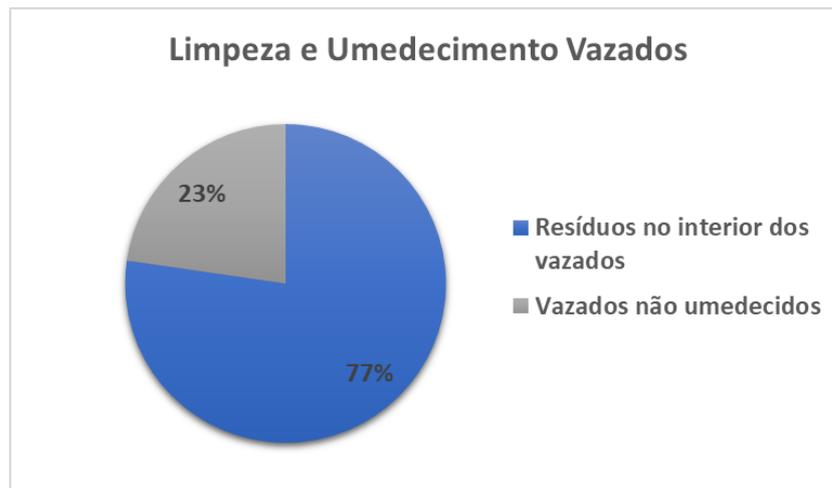
Figura 45 – Não conformidades na verificação de janelas de inspeção



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 46 apresenta o diagrama circular das não conformidades observadas na verificação de limpeza e umedecimento dos vazados dos blocos. Constatou-se que a não conformidade mais frequente neste item, assim como na verificação da limpeza e umedecimento da canaleta, é motivada pela presença de argamassa remanescente do assentamento dos blocos nos vazados.

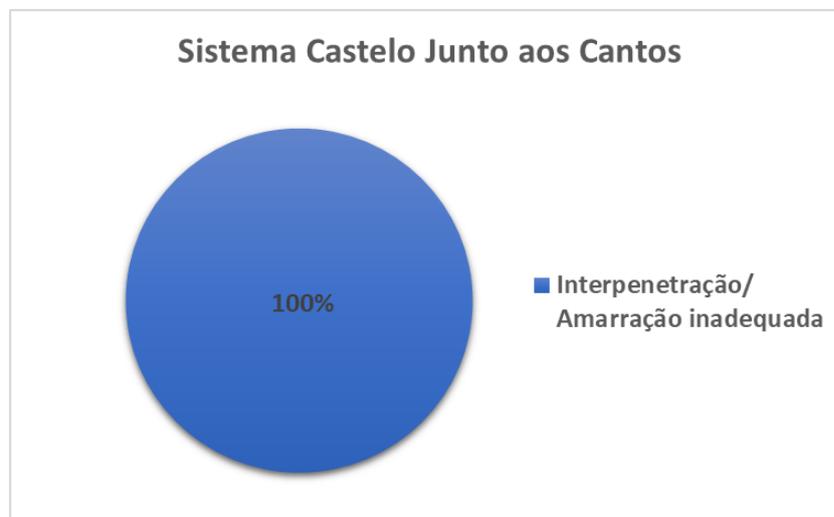
Figura 46 – Não conformidades de limpeza e umedecimento dos vazados



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 47 apresenta o diagrama circular das não conformidades observadas na verificação da execução do sistema tipo castelo nos cantos das paredes. Constatou-se que todas as não conformidades deste item eram relacionadas à uma amarração inadequada entre alvenarias.

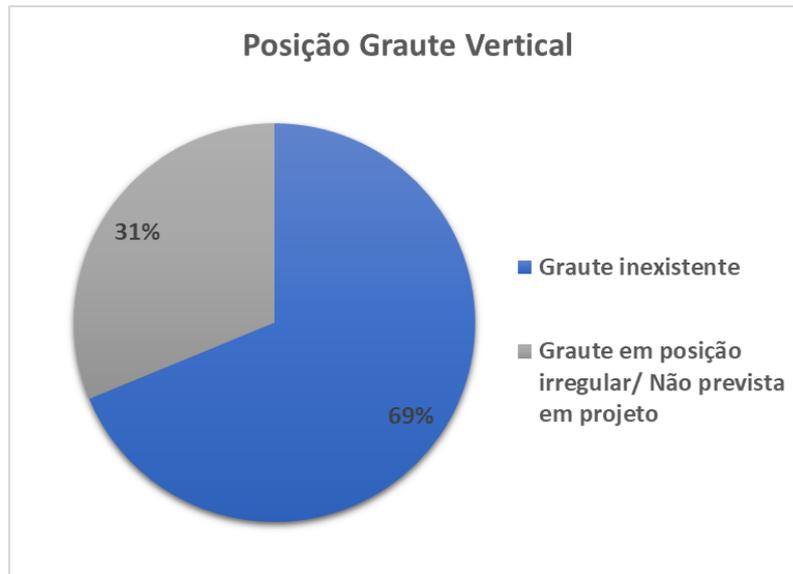
Figura 47 – Não conformidades na verificação do sistema castelo junto aos cantos das paredes



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 48 apresenta o diagrama circular das não conformidades observadas na verificação do posicionamento do graute vertical nas alvenarias. Constatou-se que a maioria das não conformidades estavam relacionadas à inexistência dos pontos especificados em projeto. Além disso, constatou-se que o graute vertical eventualmente era executado em local errado nas paredes, divergindo das especificações dos projetos da alvenaria estrutural.

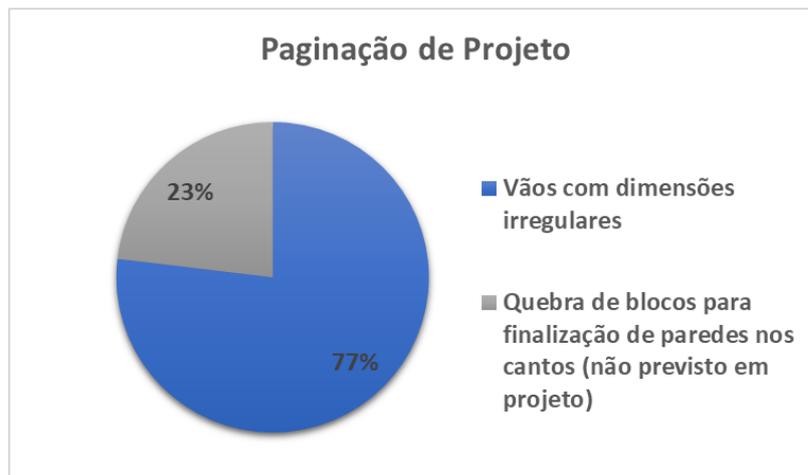
Figura 48 – Não conformidades de posição do graute vertical nas paredes



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 49 apresenta o diagrama circular das não conformidades observadas na verificação da paginação de projeto das alvenarias. Constatou-se que a não conformidade mais frequente neste item era observado através da irregularidade das dimensões dos vãos.

Figura 49 – Não conformidades da paginação de projeto das paredes



(fonte: elaborado pelo autor)

Após o levantamento de dados das não conformidades observadas nas obras em estudo, realizou-se uma análise sobre a aplicação do sistema em empreendimentos habitacionais de interesse social, visando relacionar as falhas constatadas com a possibilidade de manifestações patológicas nas edificações.

6.2 POSSIBILIDADE DO SURGIMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Após a identificação das não conformidades nas etapas de execução das paredes, os itens foram relacionados com os elementos e componentes em que as falhas de execução foram observadas, possibilitando a análise de eventuais futuras manifestações patológicas nas alvenarias. Mesmo que itens como armazenamento e recebimento de materiais não tenham sido parte das coletas de dados, foram registrados quando observados nos canteiros das obras em estudo, pois também podem resultar no aparecimento de manifestações patológicas na estrutura, como será descrito a seguir. As falhas são separadas e agrupadas nos seguintes itens:

- a) Unidades de alvenaria;
- b) Junta de argamassa;
- c) Graute vertical;
- d) Parede estrutural;
- e) Verga e contraverga;
- f) Cinta de respaldo.

6.2.1 Unidades de alvenaria

Observou-se falhas no recebimento e armazenamento dos blocos nas obras em estudo. A figura 50 mostra o problema no controle de recebimento na obra B, ilustrando blocos fissurados e fraturados, que podem prejudicar a resistência das alvenarias, comprometendo a qualidade e possibilitando o aparecimento de fissuras isoladas (vide item 4.5.1).

Na obra A, constatou-se problemas no armazenamento dos blocos, os quais estavam em contato com água acumulada sobre o solo, conforme ilustrado pela figura 51. Nestes casos, onde a contaminação pela presença da água em contato com o bloco é observada, a aderência entre os blocos e argamassa pode ser afetada. Além disto, os blocos não estavam armazenados em pilhas planas (vide item 4.5.1). Esta falha de armazenamento na obra A foi observada apenas uma vez durante as visitas para levantamento de dados.

Ambas empresas responsáveis pelas obras em estudo afirmaram que os ensaios de blocos cerâmicos estruturais eram realizados regularmente conforme especificações de normas técnicas. No entanto, não foi cedido nenhum relatório de controle que comprovasse qualquer

tipo de ensaio nas unidades da alvenaria. Também não foram observados procedimentos para testes ou verificações dos blocos cerâmicos.

Figura 50 – Blocos fissurados e com fraturas na obra B



(fonte: foto do autor)

Figura 51 – Blocos em contato com água e armazenados de forma inadequada



(fonte: foto do autor)

6.2.2 Junta de argamassa

Verificou-se que as paredes das torres de ambas as obras apresentavam elevada frequência de erros na execução das juntas de argamassa, tanto verticais quanto horizontais, onde foram observados problemas com espessura e preenchimento. A variabilidade observada na espessura das juntas, assim como o não preenchimento das mesmas, podem comprometer o funcionamento da parede como um conjunto monolítico, além de possíveis problemas com estanqueidade e distribuição de esforços (vide item 4.7.2.2). As juntas de argamassa de grande espessura observadas na figura 52 podem ocasionar fissuras isoladas nas paredes, que podem se manifestar tanto no sentido horizontal quanto vertical (vide item 4.7.2.2).

Figura 52 – Juntas de argamassa com espessura variável nas obras A e B



(fonte: foto do autor)

As falhas também foram observadas na ausência de preenchimento de juntas de argamassa das paredes e, também de acordo com a revisão bibliográfica (vide item 4.7.2.2), pode ocorrer uma diminuição ao redor de 40% da resistência ao cisalhamento da estrutura, que pode ocasionar fissuras nas paredes sob a laje de cobertura da torre. A figura 53 ilustra paredes da obra A que apresentam falhas no preenchimento das juntas horizontais e verticais.

Figura 53 – Falhas no preenchimento de juntas de argamassa na obra A



(fonte: foto do autor)

6.2.3 Graute vertical

Foram constatados problemas no processo de grauteamento vertical, onde a principal falha observada foi no preenchimento dos pontos de graute. Estes preenchimentos com falhas foram verificados nas janelas de inspeção das paredes das obras A e B, conforme ilustrado na figura 54. Este preenchimento com graute é prejudicado devido às falhas de limpeza da argamassa seca no interior dos vazados das unidades, que pode resultar em zonas ocas na extensão da alvenaria grauteada ou formação de nichos (vide item 4.7.2.7).

Figura 54 – Janelas de inspeção com falhas de preenchimento nas obras A e B



(fonte: foto do autor)

Outro problema verificado foi a ausência do preenchimento nos pontos de graute conforme especificado em projeto, que é ilustrado na figura 55. Conforme a literatura consultada (vide item 4.7.2.7), isto pode acarretar em manifestações patológicas nas paredes dos pavimentos superiores da torre, sendo em forma de fissuras em determinadas localidades das paredes, que surgem em regiões próximas às lajes e também nos cantos das alvenarias. Isto pode ser oriundo da diminuição da capacidade portante da alvenaria à compressão ou tração, que deve ser obtida através do processo de grauteamento das armaduras dispostas nos vazios dos blocos.

Figura 55 – Ausência do ponto de graute na obra B



(fonte: foto do autor)

6.2.4 Parede estrutural

Foram observadas as falhas no conjunto da parede provocados por rasgos, tanto no sentido vertical quanto horizontal, os quais eram feitos para passagem de tubulações das instalações prediais. Baseado na literatura consultada (vide item 4.6.5), constatou-se que os rasgos apresentavam dimensões superiores aos limites recomendados. A execução de rasgos e quebras observados nas paredes das obras, que são ilustrados pela figura 56, podem afetar sua capacidade de suporte, causando o aparecimento de manifestações patológicas, como fissuras isoladas nas paredes (vide item 4.6.5).

Figura 56 – Rasgos nas paredes das obras A e B



(fonte: foto do autor)

Também foram verificados problemas na união entre as paredes das obras, observados na execução da interpenetração entre alvenarias relacionadas à aplicação sistema do tipo castelo. De acordo com a bibliografia (vide item 4.7.2.3), as tensões são transmitidas de uma parede para a outra nas regiões em que as mesmas se encontram e, além disso, este é um ponto de concentração de cargas, que pode ser considerada fraca e com possibilidade do aparecimento de fissuras.

6.2.5 Verga e contraverga

Na verificação de vergas e contravergas, elementos armados e grauteados sobre e sob os vãos das paredes respectivamente, foram observadas falhas no traspasse de armadura ou graute, falta de limpeza dos vazados e grauteamento de contravergas após a segunda elevação da alvenaria. Falhas na execução dos apoios laterais mínimos de vergas ou contravergas podem afetar a transmissão e distribuição dos esforços de carregamento para paredes adjacentes, permitindo o surgimento de fissuras inclinadas que partem dos cantos dos vãos de esquadrias (vide item 4.7.2.5), conforme ilustrado na figura 57.

Figura 57 – Contraverga com apoio lateral oco em parede da obra A



(fonte: foto do autor)

Foi detectada a falta de limpeza no interior dos blocos canaleta, os quais são utilizados para execução de vergas e contravergas. A falha na limpeza dos resíduos foi observada com maior frequência nas torres da obra B, podendo ser relacionada ao fato do grauteamento das contravergas ocorrer após a segunda elevação das paredes. As características que conferem a resistência esperada das vergas e contravergas dependem da qualidade do grauteamento, que pode ser afetada pela presença dos resíduos acumulados no interior dos blocos. Sendo assim, segundo a literatura consultada (vide item 4.7.2.7), esta falha pode afetar o desempenho solicitado destes elementos, propiciando o surgimento de fissuras nas paredes. A figura 58 ilustra a falta de limpeza dos vazados na obra B.

Figura 58 – Blocos canaleta (contravergas) com resíduos de argamassa



(fonte: foto do autor)

6.2.6 Cinta de respaldo

Com base nas informações das planilhas de verificação das alvenarias fornecidas pelas obras, constatou-se o registro de falhas na execução das cintas de respaldo, em específico na parte de colocação de armaduras de reforços, conforme indicado em projetos. Segundo a literatura consultada (vide item 4.7.2.6), esta falha pode resultar no surgimento de fissuras em diversos pontos nas paredes, pois a amarração das paredes é afetada.

Assim como observado em contravergas, constatou-se a falha na limpeza dos vazados dos blocos canaleta, que eram grauteados mesmo com a presença de resíduos de argamassa, que são ilustrados na figura 59. Estas falhas podem comprometer a função do elemento grauteado, favorecendo o aparecimento de fissuras nas paredes (vide item 4.7.2.7).

Figura 59 – Blocos canaleta (cinta de respaldo) com resíduos de argamassa



(fonte: foto do autor)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de avaliar as falhas recorrentes no processo executivo da alvenaria estrutural de bloco cerâmico em habitações populares, que foram relacionadas com a possibilidade do surgimento de manifestações patológicas nas edificações.

O estudo foi baseado na análise da coleta de dados realizada a partir do acompanhamento do processo construtivo em dois empreendimentos de interesse social na região metropolitana de Porto Alegre. Foram avaliados dados obtidos de 40 unidades da obra A e 40 unidades da obra B, resultando na análise de 80 unidades no total.

Foi pressuposto que as empresas responsáveis pelos empreendimentos voltados para população de baixa renda, que constroem as edificações para serem vendidas através do Programa Minha Casa Minha Vida, possuem procedimentos para a realização dos serviços de alvenaria estrutural, que viabilizam a identificação das falhas durante o processo executivo das paredes, as quais resultam em não conformidades nas edificações e, além disto, servem como controle das inspeções.

Para atingir o objetivo principal de identificar as principais falhas durante a construção das habitações, foram elaboradas planilhas para coleta de dados de alvenaria estrutural, com a finalidade de verificar a conformidade das etapas de execução das paredes com as especificações das duas empresas. Com os dados obtidos, apurou-se as falhas de execução da estrutura observadas com maior frequência nas duas obras em estudo.

As duas empresas possuíam planilhas ou fichas de verificação para controle da execução da alvenaria estrutural. No entanto, alguns itens não apresentavam tolerâncias para desvios, como por exemplo a locação da alvenaria na obra B. Como apresentado durante o trabalho, constatou-se que as tolerâncias na execução das alvenarias nas obras em estudo possuíam divergências entre si, embora estivessem dentro dos limites especificados por Norma.

Geralmente, os parâmetros de controle da obra B possuíam limites mais rigorosos quanto à tolerância para desvios. Porém, de acordo com a pesquisa realizada, constatou-se que se os parâmetros de controle da obra B fossem iguais aos desvios tolerados na execução dos serviços da estrutura da obra A, ainda assim a obra B apresentaria maior número de não conformidades.

Constatou-se que as inspeções das paredes na obra A eram realizadas por um engenheiro civil, que tinha o auxílio de um estagiário, além de ter todas as ferramentas que julgava necessário para as conferências estabelecidas nos procedimentos de serviço. Na obra B, constatou-se que as inspeções das unidades eram realizadas por um estagiário, que não possuía longo tempo de experiência em canteiro de obras e, não somente isto, mas também o fato de que o estagiário responsável pelas verificações não possuía os instrumentos para as inspeções podem ter contribuído para as falhas em maior número observadas na obra B.

Na apuração de resultados obtidos por meio das planilhas para coleta de dados de alvenaria estrutural, constatou-se que problemas nas espessuras das juntas de argamassa para assentamento de blocos eram os mais recorrentes nas unidades das duas obras em estudo, sendo observados em 85% das unidades da obra A e 65% das unidades da obra B.

O segundo item com maior frequência de não conformidades estava associado ao esquadro das paredes, sendo constatado em 62,50% das unidades da obra A e 75% das unidades da obra B. Percebeu-se que os funcionários não usavam o escantilhão no encontro das paredes, somente o sistema tipo castelo, conforme procedimentos especificados pelas empresas.

Na análise de execução das torres da obra A, constatou-se que a execução das paredes era dividida em cinco etapas, devido ao processo de grauteamento, que ocorria primeiramente na altura das contravergas, e posteriormente na altura das cintas de respaldo. Na obra B, o processo era dividido em três etapas, pois o grauteamento ocorria somente em uma etapa, devendo preencher os grautes verticais, contravergas, vergas e cintas de respaldo em um único processo.

O fato do grauteamento das paredes ser realizado em etapa única na obra B pode estar relacionado com as não conformidades observadas na limpeza das canaletas, que foram constatadas em 45% das unidades, enquanto este mesmo tipo de não conformidade foi observada em 32,5% das unidades da obra A. Os resíduos no interior da canaleta eram comuns na obra B, pois a elevação da alvenaria era contínua após a altura da contraverga, mesmo sem o preenchimento deste elemento com graute.

Também foram observadas falhas no preenchimento dos pontos de graute vertical, constatadas em 47,5% das unidades da obra B. Estas não conformidades podem ser, em parte, correlacionadas a altura do lançamento do graute praticada na obra B.

Com a observação da falha frequente no preenchimento das janelas de inspeção, a empresa responsável pela obra B poderia dividir as etapas de grauteamento em duas ou fiscalizar com maior rigor a limpeza dos resíduos de argamassa no interior dos vazados.

Nas duas obras em estudo, constatou-se que os projetos não foram compatibilizados antes do início da construção do empreendimento, resultando em grande número de projetos utilizados pelos encarregados das alvenarias, o que pode ter contribuído para erros de paginação ou rasgos nas paredes desnecessários. Além disso, não eram utilizados gabaritos para aberturas de vãos, o que pode ter contribuído para as não conformidades observadas neste item.

A compatibilização de projetos é fundamental, e mesmo que não tenha sido feita antes do início do empreendimento, pode-se considerar que investir parte do custo do empreendimento em revisões de projeto é necessário, pois evita possíveis perdas na capacidade portante da alvenaria oriundas de cortes ou quebras em pontos não previstos das paredes, que podem gerar fissuras isoladas nas paredes.

Foi feita uma análise de eventuais futuras manifestações patológicas nas alvenarias, que foram relacionadas, a partir de citações de autores e livros, com as falhas observadas no processo executivo da estrutura. Esta análise também abrangeu problemas observados referentes ao recebimento e armazenamento de blocos.

Constatou-se que as falhas no processo executivo da alvenaria estrutural podem gerar fissuras em diversos pontos das paredes, principalmente as que foram observadas com maior frequência nas obras, como os problemas de espessura das juntas de assentamento variáveis, que diminuem consideravelmente a resistência aos esforços de solicitação na estrutura.

Os problemas verificados no preenchimento do graute vertical citado anteriormente podem gerar em zonas ocas ao longo da parede grauteada ou até mesmo a formação de nichos. Não somente isto, os problemas verificados com a ausência do ponto de graute especificado em projeto podem levar a fissuras nos cantos das paredes, oriundos da diminuição da capacidade de resistência da alvenaria à compressão ou à tração.

Em vista dos argumentos apresentados e dados obtidos como resultado da pesquisa, nota-se que grande parte das falhas são oriundas de falta de compatibilização de projetos, procedimentos de serviços que não instruem o uso de equipamentos como escantilhão e gabaritos, realização de grauteamento das paredes em etapa única, além de responsabilidade de

fiscalização de todas as unidades de um empreendimento por um estagiário com pouca supervisão.

Constatou-se que existe a necessidade de maior investimento no controle de execução do sistema construtivo adotado pelas empresas, seja na alocação de custos em projetos, aquisição de equipamentos ou aumento da equipe de engenharia para controle dos serviços da obra.

Não foram estudados ou observados como eram realizados os pagamentos das contratadas terceirizadas que executavam as alvenarias nas duas obras em estudo. No entanto, as empresas responsáveis destes empreendimentos habitacionais poderiam aliar a liberação de pagamento aos empreiteiros terceirizados após a conferência dos serviços, com o intuito de obter a qualidade do sistema estrutural conforme suas especificações.

A empresa responsável pela obra A possui certificação nível B para gestão da qualidade do SiAC, e ainda assim apresentava nível elevado de não conformidades na estrutura. Este fato leva a crer que a fiscalização dos órgãos públicos que viabilizam estes empreendimentos não é eficaz nas inspeções da qualidade dos sistemas estruturais. A empresa responsável pela obra B não informou se possuía certificação no sistema de gestão da qualidade. A Caixa Econômica Federal é representada por fiscais que visitam estas obras a cada duas semanas para conferência da execução dos serviços e liberação de verba para o andamento das obras. Com o elevado número de não conformidades observadas, pode-se concluir que estes fiscais contratados pelo banco financiador não tem o intuito de verificar a conformidade da estrutura das edificações.

É notável a falta de interesse das empresas responsáveis destes empreendimentos em fornecer um produto de qualidade ao cliente de baixa renda e, não somente isto, a Caixa Econômica Federal e os órgãos públicos fiscalizadores do Programa Minha Casa Minha Vida não atuam nas obras de forma competente a fim de evitar problemas estruturais nas edificações. É preocupante o fato de que a estrutura de uma edificação pode estar comprometida, pois representa a segurança dos moradores destas habitações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos, Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 15812-1**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 1: Projetos, Rio de Janeiro, 2010a.

_____. **NBR 15812-2**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 2: Execução e controle de obras, Rio de Janeiro, 2010b.

_____. **NBR 13281**: Argamassa industrializada para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Requisitos, Rio de Janeiro, 2005.

ALEXANDRE, I.F. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural**: uma análise da relação de causa e efeito. 2008. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

ARCARY, A. **Alvenaria estrutural e estrutura aporricada de concreto armado**: estudo comparativo de custos para execução de empreendimento habitacional de interesse social. 75 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**.

_____. **Lei Ordinária n. 11.977, de 7 de julho de 2009**.

_____. **Cartilha Programa Minha Casa Minha Vida, 2015**.

_____. **Regimento Específico da Especialidade Técnica Execução de Obras, 2017**.

_____. Ministério da Transparência, Fiscalização e Controle Secretaria Federal de Controle Interno. **Relatório de Avaliação da Execução de Programa de Governo Nº 66 – Programa Minha Casa Minha Vida - FGTS, 2017**.

_____. Ministério das Cidades. **Programa Minha Casa Minha Vida, 2016**. Disponível em: <<http://www.minhacasaminhavid.gov.br/habitacao-cidades/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv>>. Acesso em: 18 out. 2017.

_____. Ministério das Cidades. SiAC - **Sistemas de Avaliação da Conformidade, 2018**. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_siac.php>. Acesso em: 11 jun. 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Minha Casa Minha Vida, 2018**. Disponível em: <<http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=4550>>. Acesso em: 24 maio, 2018.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solteira: Universidade

Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006.

FERREIRA, A.R. **Programas de combate ao déficit habitacional brasileiro**. 2009. 72 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FIESS, J.R.; OLIVEIRA, L.A.; BIANCHI, A.C.; THOMAZ, E. **Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do estado de São Paulo**. ENTAC04, São Paulo, 2004.

FREITAS, C.A.C. **Sistemas construtivos para habitações populares**. 87 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

LIMA, P. E. P. **Programa minha casa minha vida** – Uma análise sobre seus efeitos em Santa Rosa - RS. 61 f. Trabalho de Diplomação (Especialização em Gestão Pública) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

MAMEDE, F.C.; CORRÊA, M.R.S. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2007.

POYASTRO, P.C. **Comparação entre blocos cerâmicos e em concreto, quanto a custo e produtividade, quando utilizados em alvenaria estrutural**. 95 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

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

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

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

SABBATINI, F.H. **Alvenaria Estrutural - Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico: requisitos e critérios mínimos a serem adotados para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal**. Caixa Econômica Federal, Diretoria de Parceiros e Apoio ao Desenvolvimento Urbano. Março, 2003.

SANTOS, M. D. F. **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural**: contribuição ao uso. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.

**ANEXO A – PLANILHA PARA COLETA DE DADOS DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

INSPEÇÃO DE OBRA	PLANILHA PARA COLETA DE DADOS							PÁGINA 01/04
	ALVENARIA ESTRUTURAL - BLOCO CERÂMICO							
Obra:			Executante:					
Legenda para inspeção		A - Aprovado	R- Reprovado	® - Aprovado após reinspeção				
Local do serviço:				UNIDADES DE INSPEÇÃO				
Item - O que verificar	Parâmetro controle / tolerância							
A. Locação da Alvenaria								
1. Locação da alvenaria (obra A)	Menor do que 10 mm							
1. Locação da alvenaria (obra B)	Não possui tolerância para erros							
2. Esquadro da marcação 1ª fiada (obra A)	Menor do que 3 mm na maior ponta do esquadro							
2. Esquadro da marcação 1ª fiada (obra B)	Menor do que 2 mm na maior ponta do esquadro							
3. Paginação do projeto	Paginação conforme projeto							
4. Nivelamento 1ª fiada	A bolha deve estar no centro da régua de nível							
Data de aprovação:								
Responsável pela inspeção:					Assinatura:			
B. 1ª Etapa de Elevação da Alvenaria								
5. Sistema tipo castelo junto aos cantos	Existência do sistema tipo castelo (interpenetração alternada nas interfaces comuns das paredes)							
6. Se houver encontro com parede sem função estrutural	Fixação com tela metálica ancorada na junta de assentamento (cada duas fiadas)							
7. Junta de argamassa horizontal (obra A)	7 mm < J < 13 mm							
7. Junta de argamassa horizontal (obra B)	9 mm < J < 11 mm							
8. Junta de argamassa vertical (obra A)	7 mm < J < 13 mm							
8. Junta de argamassa vertical (obra B)	8 mm < J < 13 mm							
9. Junta de dilatação (obra A)	Torres não possuem juntas de dilatação							
9. Junta de dilatação (obra B)	Junta de dilatação 2 cm - Inserir poliestireno entre as paredes, cintas de respaldo e lajes							
10. Paginação do projeto / controle de vãos (obra A)	Paginação conforme projeto e atenção ao dimensionamento dos vãos							
10. Paginação do projeto / controle de vãos (obra B)	Paginação conforme projeto e tolerância máxima de 10 mm para vãos							

INSPEÇÃO DE OBRA	PLANILHA PARA COLETA DE DADOS								PÁGINA 02/04
	ALVENARIA ESTRUTURAL - BLOCO CERÂMICO								
Legenda para inspeção	A - Aprovado	R- Reprovado	® - Aprovado após reinspeção						
11. Vergas/ Contravergas (obra A)	Armadura conforme detalhes de projeto e apoio lateral mínimo 20 cm								
11. Vergas/ Contravergas (obra B)	Armadura conforme detalhes de projeto e apoio lateral mínimo 30 cm								
12. Nível (obra A)	Menor do que 2 cm por metro								
12. Nível (obra B)	Bolha no centro da régua de prumo								
13. Prumo (obra A)	Desvio no alinhamento vertical inferior à 5 mm por pavimento								
13. Prumo (obra B)	Não possui tolerância desvios no alinhamento vertical								
14. Esquadro (obra A)	Menor do que 3 mm na maior ponta do esquadro								
14. Esquadro (obra B)	Menor do que 2 mm na maior ponta do esquadro								
15. Marcação dos níveis para determinação da altura dos taipas e respaldo da alvenaria (Obra B)	Conforme o projeto								
Data de aprovação:									
Responsável pela inspeção:						Assinatura:			
C. 1ª Etapa Grauteamento da Alvenaria									
16. Limpeza e Umedecimento dos vazados	Local pronto e limpo								
17. Armadura e Traspasse graute vertical	Conforme o projeto								
18. Janelas de Inspeção	1ª fiada - Preenchida (Fechada com forma de madeira)								
19. Posição do Graute	Conforme o projeto								
20. Limpeza e Umedecimento da calha	Local pronto e limpo								
21. Traspasse da treliça além do vão (obra A)	Apoio lateral mínimo de 20 cm								
21. Traspasse da treliça além do vão (obra B)	Apoio lateral mínimo de 30 cm								
22. Lançar graute em todo pilar juntamente com a contraverga (obra A)	Em todo pilar juntamente com a contraverga até a altura desta - Preenchimento total								

Identificação de falhas em alvenaria estrutural de bloco cerâmico: análise do sistema construtivo em empreendimentos habitacionais de interesse social quanto a possibilidade do aparecimento de manifestações patológicas

INSPEÇÃO DE OBRA	PLANILHA PARA COLETA DE DADOS							PÁGINA 03/04
	ALVENARIA ESTRUTURAL - BLOCO CERÂMICO							
Legenda para inspeção	A - Aprovado	R- Reprovado	® - Aprovado após reinspeção					
23. Lançar graute em todo pilar juntamente com contraverga, verga e cinta de respaldo (obra B)	Em todo pilar juntamente com a cinta de respaldo até a altura desta - Preenchimento total							
Data de aprovação:								
Responsável pela inspeção:						Assinatura:		
D. 2ª Etapa de Elevação da Alvenaria - (Somente obra A)								
24. Marcação dos níveis para determinação da altura dos taipas e respaldo da alvenaria (obra A)	Conforme o projeto							
25. Sistema tipo castelo junto aos cantos (obra A)	Existência do sistema tipo castelo (interpenetração alternada nas interfaces comuns das paredes)							
26. Se houver encontro com parede sem função estrutural (obra A)	Fixação com tela metálica ancorada na junta de assentamento (cada duas fiadas)							
27. Junta de argamassa horizontal (obra A)	$7 \text{ mm} < J < 13 \text{ mm}$							
28. Junta de argamassa vertical (obra A)	$7 \text{ mm} < J < 13 \text{ mm}$							
29. Paginação do projeto / controle de vãos (obra A)	Paginação conforme projeto e atenção ao dimensionamento dos vãos							
30. Vergas/ Contravergas (obra A)	Armadura conforme detalhes de projeto e apoio lateral mínimo de 20 cm							
31. Nível (obra A)	Menor do que 2 mm por metro							
32. Prumo (obra A)	Desvio no alinhamento vertical inferior à 5 mm por pavimento							
33. Esquadro (obra A)	Menor do que 3 mm na maior ponta do esquadro							
Data de aprovação:								
Responsável pela inspeção:						Assinatura:		
E. 2ª Etapa Grauteamento da Alvenaria - (Somente obra A)								
34. Limpeza e Umedecimento dos vazados (obra A)	Local pronto e limpo							
35. Armadura e Traspasse graute vertical (obra A)	Conforme o projeto							
36. Janelas de Inspeção (obra A)	7ª fiada - Preenchida (Fechada com forma de madeira)							

