

**ESTUDO DE CASO DA CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA
ESTRUTURAL DE UM PRÉDIO DE 18 PAVIMENTOS EM
ANÁPOLIS-GOIÁS**

217

**CASE STUDY OF CONSTRUCTION IN STRUCTURAL MASONRY
OF AN 18 FLOOR BUILDING IN ANÁPOLIS-GOIÁS**

JOÃO LUCAS RODRIGUES DO VALE

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Goiás (UEG)
joao.vale@aluno.ueg.br

JULIANO RODRIGUES DA SILVA

Doutor em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (UnB) e Docente do
Curso de Engenharia Civil na Universidade Estadual de Goiás (UEG - CCET, Campus
Henrique Santillo, Anápolis - GO)
julianorodriguessilva@gmail.com

PABLO DO NASCIMENTO NEVES

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Goiás (UEG) e Especialização
em Perícias e Avaliações em Obras pela Faculdade EducaMais (UNIMAIS)
pablonascimento44@gmail.com

EDER CHAVEIRO ALVES

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (UFG) e
Gestor de Engenharia no Ministério Público do Estado de Goiás
eder.alves@mpgo.mp.br

GABRIEL PHILLIP RODRIGUES SILVA

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás (UFG) -
Campus Colemar Natal e Silva, Goiânia - GO
gabrielphillippy@hotmail.com

Resumo: O artigo objetiva mostrar o estado da arte da construção em alvenaria estrutural e analisar, utilizando o método de sobrepor para compatibilização dos projetos e fichas de verificação de serviço, se as ações tomadas por uma construtora da cidade de Anápolis, Goiás, seguem as boas práticas recomendadas pelas literaturas sobre alvenaria estrutural. De início o estudo foi realizado através de uma perspectiva qualitativa, identificando por meio de levantamentos bibliográficos os principais aspectos necessários para garantir qualidade na elaboração de projetos e na execução de edifícios em alvenaria estrutural. Posteriormente, de maneira quantitativa foi realizado um estudo de caso para verificar o grau de atendimento de uma construtora às boas práticas relacionadas à execução e controle de obra de um edifício de 18 pavimentos construído em alvenaria estrutural. A coleta de dados foi feita por meio de entrevistas, registros fotográficos e observação direta dos procedimentos de controle e serviço da obra investigada. Em escritório, os dados obtidos foram organizados e analisados. Nesse sentido, obteve-se que a empresa seguiu 78% dos procedimentos de execução e 100% dos procedimentos de controle de obras recomendados pela literatura. De forma geral, conclui-se que as potencialidades da alvenaria estrutural não foram totalmente alcançadas pelas normas e pela construtora.

Palavras-chave: Estudo de caso. Alvenaria estrutural. Edifícios. Boas práticas.

Abstract: The article aims to show the state of the art of construction in structural masonry and to analyze, using the overlapping method for compatibility of projects and service verification sheets, if the actions taken by a construction company in the city of Anápolis, Goiás, follow the good practices recommended by the literature on structural masonry. Initially, the study was carried out through a qualitative perspective, identifying through bibliographical surveys the main aspects necessary to guarantee quality in the elaboration of projects and in the execution of buildings in structural masonry. Subsequently, in a quantitative way, a case study was carried out to verify the degree of compliance of a construction company with good practices related to the execution and control of the work of an 18-story building built in structural masonry. Data collection was carried out through interviews, photographic records and direct observation of the control and service procedures of the investigated work. In an office, the data obtained were organized and analyzed. In this sense, it was found that the company followed 78% of the execution procedures and 100% of the work control procedures recommended by the literature. In general, it is concluded that the potential of structural masonry was not fully achieved by the norms and by the construction company.

Keywords: Case study. Structural masonry. Buildings. Good practices.

Introdução

A evolução tecnológica do processo construtivo em alvenaria estrutural, tornou o método mais racional, menos oneroso e mais econômico em relação ao processo construtivo tradicional em concreto armado. Por conseguinte, a procura por esse sistema cresce cada vez mais no Brasil (MOHAMAD, 2020). Nesse sentido, não se pode descartar a importância do desenvolvimento de pesquisas, normas e técnicas para melhorar o desempenho e segurança do material e método empregado nas construções em alvenaria estrutural.

Para Kalil e Leggerin (2021), um bom projeto de alvenaria estrutural não pode ser visto meramente como um conjunto de paredes superpostas, resistindo o seu peso próprio e outras cargas adicionais, deve ser compreendida como um processo construtivo racionalizado, projetado, calculado e construído em conformidade com as normas pertinentes, visando funcionalidade com segurança e economia.

No Brasil, os primeiros prédios em alvenaria estrutural foram construídos em 1966, no Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa, com edificações de 4 pavimentos em alvenaria armada de blocos de concreto. Atualmente, o país reúne um grande número de edificações executadas em alvenaria estrutural, devido ao avanço das técnicas e o baixo valor econômico ligado à elevada produtividade, racionalização dos materiais, bom desempenho, diminuição dos custos e prazos na execução da obra. Além disso, a abertura de novas fábricas de materiais assim como o desenvolvimento de pesquisas com a parceria de empresas do ramo (ceramistas, concreteiras, etc.) fazem com que, a cada dia mais, construtores utilizem e

se interessem pelo sistema (KALIL; LEGGERIN, 2021; SANTOS *et al.*, 2022).

Portanto, com o aumento da utilização da alvenaria estrutural nos canteiros de obras de todo o Brasil, faz-se necessário estudar seu comportamento. Assim, objetiva-se apresentar o estado da arte do sistema construtivo em alvenaria estrutural e comparar as boas práticas recomendadas pelas literaturas e normas, obtidas através do estudo do estado da arte, com o processo de execução e controle de obra de um edifício construído em alvenaria estrutural na cidade de Anápolis-GO.

Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizado o método de revisão bibliográfica e estudo de caso de um edifício. O material coletado pelo levantamento bibliográfico é organizado por procedência, ou seja, fontes científicas como artigos, teses, dissertações entre outras (VERGARA, 2005). A análise e o levantamento das pesquisas, permitiu aos autores a elaboração de ensaios que favorecem a contextualização, problematização e uma primeira validação do quadro teórico a ser utilizado na investigação do estado da arte.

O estudo de caso serviu de base para comparar a execução do sistema construtivo do edifício com as boas práticas e resultados discutidos nas literaturas sobre alvenaria estrutural. Para isso, foi feita uma compatibilização de projetos, utilizando o método de sobrepor através do programa computacional AutoCAD, e, para a parte de execução e controle da alvenaria, foram montadas duas fichas de verificação de serviços relacionadas às etapas de controle e execução de obra em alvenaria estrutural. A ficha de verificação de serviço tem como objetivo coletar informações sobre o procedimento de execução de serviço adotado por construtoras que executam edificações de maior exigência estrutural.

A coleta de dados foi feita por meio de registros fotográficos e observação direta, onde o próprio investigador coleta os dados, sem intervenção dos observados. Segundo Lakatos e Marconi (1992), a observação direta busca entender alguns aspectos da realidade, não só vendo e ouvindo, mas examinando fatos ou fenômenos que se deseja estudar.

A edificação analisada nesse estudo trata-se de um prédio localizado na Avenida Maria dos Anjos Moore, Quadra 65, Lote 01, Bairro Jundiá, Anápolis – Goiás. O edifício é

composto por dois subsolos, térreo em pilotis e 18 pavimentos tipos, apoiados em lajes maciças, com oito apartamentos por andar. O prédio pertence a um condomínio, onde se encontra outro prédio com as mesmas características, totalizando 42.621,21 m² de área construída. A seguir, a figura 1 mostra a fachada do edifício.



Figura 1 – Fachada do edifício. Fonte: Autores.

Aspectos normativos e literários

No Brasil, em 1977, foi publicada a NBR 5706 (coordenação modular da construção), primeira norma brasileira que fez referência ao sistema construtivo de alvenaria estrutural, e teve como premissa, o esclarecimento das nomenclaturas, bases e definições, sistematizando as medidas dos componentes, desde o projeto até a execução (RIZZATTI, 2020).

Para acompanhar todo o avanço nos últimos 10 anos, em 2020, no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB002), pela Comissão de Estudo de Alvenaria Estrutural (CE-002:123.010) junto ao Comitê Brasileiro de Cerâmica Vermelha (ABNT/CB- 179), foi criada a NBR 16868 dividida em três partes, parte 1: projetos, parte 2: execução e controle de obras e parte 3: métodos e ensaios. A nova norma cancelou e substituiu a NBR 15812 e a NBR 15961, guias anteriores. Além disso, a NBR 16868 tem previsão de conter mais duas partes, sendo, parte 4: estrutura em situação de incêndio e parte 5: projeto para ações sísmicas.

É importante citar que a NBR 16868 esclarece definições e dúvidas relacionadas a compatibilidade de projeto, peso específico da alvenaria estrutural para cada unidade básica observada, equações que relacionam a resistência da parede com o prisma, entre outras indagações deixadas pela norma antiga. Também uniu os textos referentes aos sistemas

construtivos em blocos cerâmicos e concreto (NBR 15812 e NBR 15961, respectivamente), se igualando aos códigos normativos internacionais, nas quais não fazem essa distinção. Todos os modelos, concepções, critérios de projeto e execução dos blocos cerâmicos e de concreto são iguais nas normas internacionais de alvenaria estrutural (PARSEKIAN, 2021).

Dentre as recomendações pertencentes a NBR 16868 desse sistema construtivo, não é permitido que tubulações hidráulicas sejam embutidas na parede. Portanto, tubulações para passagem de esgoto, gás e água devem ser conduzidas através de *shafts*. Dessa forma, é aconselhável que o banheiro, cozinha e a área de serviço estejam próximos para facilitar as instalações. Caso contrário, é viável, nas concepções preliminares do projeto arquitetônico e hidrossanitário, avaliar a possibilidade da existência de uma parede de vedação sem função estrutural, como, por exemplo, para o banheiro, para que sejam feitas as instalações hidrossanitárias internamente à parede.

Além da execução da alvenaria estrutural seguir todas as etapas especificadas na NBR 16868, é fundamental que exista qualidade nos materiais, assim, cumprem-se as funções desejadas de desempenho estrutural, conforto termo acústico, vedação e durabilidade. Sabendo disso, patologias são prevenidas. Nesse sentido, Souza (2019) cita alguns principais fatores que contribuem para o surgimento de patologias em edificações em alvenaria estrutural, tais como solicitações maiores do que a capacidade de resistência dos materiais empregados, ação do vento ou forças adicionais decorrentes de eventos sísmicos, recalques diferenciais de fundações, equívocos na concepção estrutural, eventos não previstos como impactos e explosões e da degradação dos materiais constituintes.

Resultados e discussões

Características do projeto estrutural

Foram elaborados cinco projetos estruturais, sendo eles o projeto de disposição de primeira e segunda fiada, elevação das paredes, armadura das canaletas e armadura de cintamento da 14ª fiada. Porém, apenas o projeto de disposição de primeira fiada e de elevação foram disponibilizados pela construtora.

O projeto de disposição da primeira fiada, mostra a posição de cada bloco e suas dimensões, a identificação de cada parede, as linhas de eixo para marcação da parede e a tabela com as informações das características dos materiais.

Para a modulação, foram utilizadas as duas famílias de blocos de concreto, família 39 e 29, o que não é usual, tendo em vista a padronização de medidas que existe nesse sistema construtivo. Em entrevista com o engenheiro da obra, este informou que a utilização das duas famílias dos blocos estruturais foi necessária para satisfazer as dimensões do projeto arquitetônico sem a necessidade da utilização de um grande número de compensadores. A figura 2 mostra os blocos utilizados no edifício.

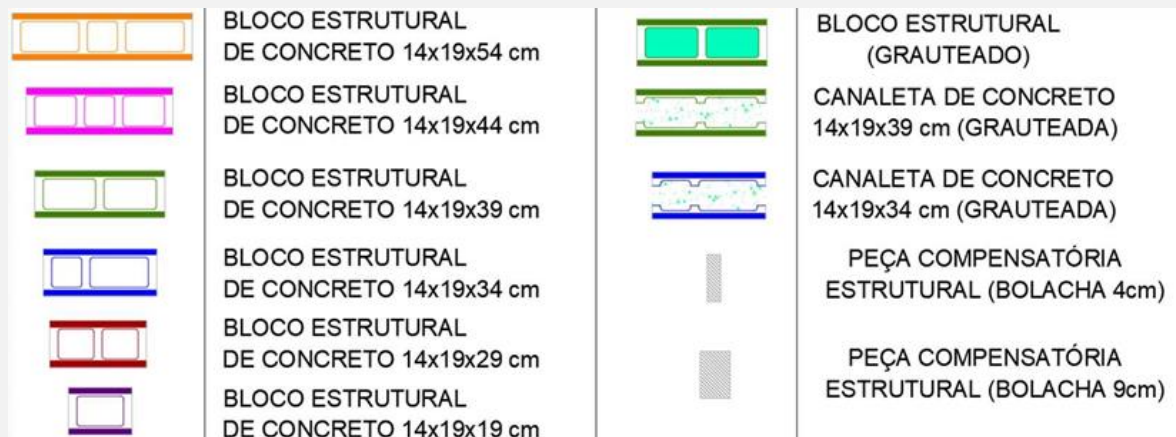


Figura 2 - Blocos utilizados na construção da edificação. Fonte: Autores.

As especificações dos elementos que compõem a alvenaria e dos prismas podem ser vistas na figura 3. Nota-se que o engenheiro calculista definiu os valores da resistência média a compressão da argamassa entre 60% a 70% da resistência característica do bloco, pois o projetista se apoiou na norma NBR 15961 que não contém a tabela com as especificações dos materiais da alvenaria estrutural. Como o projeto foi aprovado em 2018, ainda não havia a norma NBR 16868.

Pavimento	Blocos (fbk)	Argamassa (fa)	Graute (fgk)	Resistência do Prisma (Fpk)	Trespasse da Agulha	Diâmetro da Agulha	Nível Inicial da Parede	Nível Final da Parede
COBERTURA Caixa D'água	4 MPa*	2,4 MPa até 2,8 MPa	>= 15 MPa	3.2 MPa	44 cm	Ø 10.0	6029 cm	6409 cm
COBERTURA Barrilete/ Platib.	4 MPa*	2,4 MPa até 2,8 MPa	>= 15 MPa	3.2 MPa	44 cm	Ø 10.0	5774 cm	6014 cm
TIPO 18	4 MPa*	2,4 MPa até 2,8 MPa	>= 15 MPa	3.2 MPa	44 cm	Ø 10.0	5481 cm	5761 cm
TIPO 17	4 MPa*	2,4 MPa até 2,8 MPa	>= 15 MPa	3.2 MPa	44 cm	Ø 10.0	5188 cm	5468 cm
TIPO 16	4 MPa*	2,4 MPa até 2,8 MPa	>= 15 MPa	3.2 MPa	44 cm	Ø 10.0	4895 cm	5175 cm
TIPO 15	6 MPa	3,6 MPa até 4,2 MPa	>= 15 MPa	4.8 MPa	44 cm	Ø 10.0	4602 cm	4882 cm
TIPO 14	6 MPa	3,6 MPa até 4,2 MPa	>= 15 MPa	4.8 MPa	44 cm	Ø 10.0	4309 cm	4589 cm
TIPO 13	8 MPa	4,8 MPa até 5,6 MPa	>= 16 MPa	6.4 MPa	44 cm	Ø 10.0	4016 cm	4296 cm
TIPO 12	8 MPa	4,8 MPa até 5,6 MPa	>= 16 MPa	6.4 MPa	55 cm	Ø 12.5	3723 cm	4003 cm
TIPO 11	10 MPa	6 MPa até 7 MPa	>= 20 MPa	7.5 MPa	55 cm	Ø 12.5	3430 cm	3710 cm
TIPO 10	10 MPa	6 MPa até 7 MPa	>= 20 MPa	7.5 MPa	55 cm	Ø 12.5	3137 cm	3417 cm
TIPO 9	12 MPa	7,2 MPa até 8,4 MPa	>= 24 MPa	9.0 MPa	55 cm	Ø 12.5	2844 cm	3124 cm
TIPO 8	12 MPa	7,2 MPa até 8,4 MPa	>= 24 MPa	9.0 MPa	55 cm	Ø 12.5	2551 cm	2831 cm
TIPO 7	14 MPa	8,4 MPa até 9,8 MPa	>= 28 MPa	9.8 MPa	71 cm	Ø 16.0	2258 cm	2538 cm
TIPO 6	14 MPa	8,4 MPa até 9,8 MPa	>= 28 MPa	9.8 MPa	71 cm	Ø 16.0	1965 cm	2245 cm
TIPO 5	16 MPa	9,6 MPa até 11,2 MPa	>= 32 MPa	11.2 MPa	71 cm	Ø 16.0	1672 cm	1952 cm
TIPO 4	16 MPa	9,6 MPa até 11,2 MPa	>= 32 MPa	11.2 MPa	71 cm	Ø 16.0	1379 cm	1659 cm
TIPO 3	18 MPa	10,8 MPa até 12,6 MPa	>= 36 MPa	12.6 MPa	71 cm	Ø 16.0 + Ø 8.0	1086 cm	1366 cm
TIPO 2	18 MPa	10,8 MPa até 12,6 MPa	>= 36 MPa	12.6 MPa	71 cm	Ø 16.0 + Ø 8.0	793 cm	1073 cm
TIPO 1	18 MPa	10,8 MPa até 12,6 MPa	>= 36 MPa	12.6 MPa	71 cm	Ø 16.0 + Ø 8.0	500 cm	780 cm

Figura 3 - Especificação dos materiais da alvenaria estrutural pelo projeto. Fonte: Autores.

O projetista especificou no projeto que a argamassa deve ser aplicada na parede transversal, na longitudinal e nos septos dos blocos (figura 4). Além disso, optou pelo grauteamento de todas as paredes do primeiro pavimento até a quinta fiada, para combater o efeito arco.



Figura 4 - Modo de aplicação da argamassa conforme projeto. Fonte: Autores.

O projeto de elevação, além de mostrar a paginação vertical da parede, contém as especificações e posições da armadura da verga, contraverga, cintamento e dos pontos de

graute do painel. A figura 5 mostra a elevação da parede 27B.

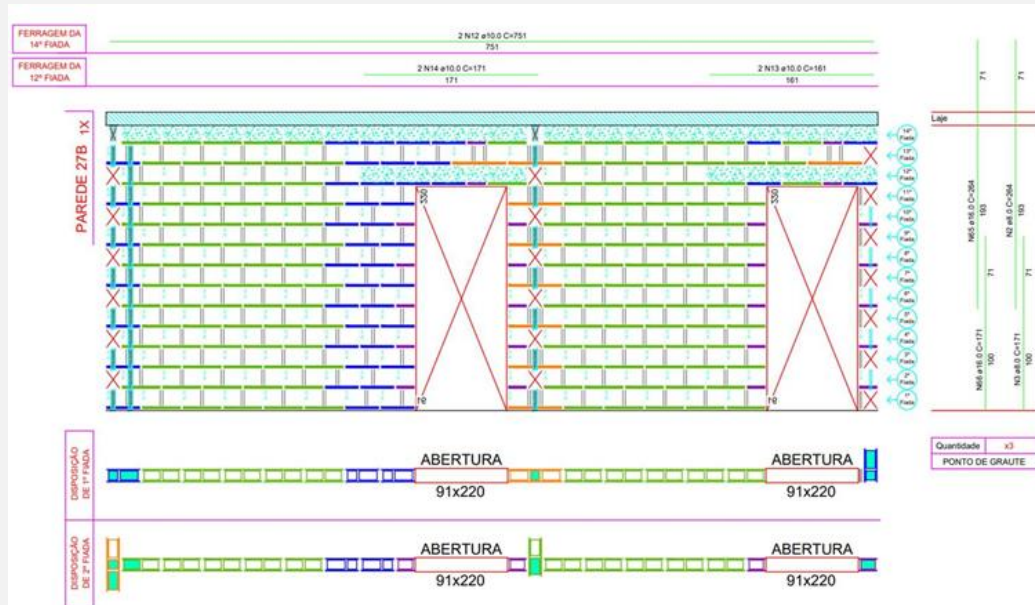


Figura 5 - Elevação da parede 27B. Fonte: Autores.

A figura 6 mostra uma parte da parede 27B executada.



Figura 6 - Parte da parede 27B executada. Fonte: Autores.

Observa-se que não foram utilizadas as juntas de controle, pois o projetista preferiu armar e grautear a parede, método mais eficiente no que tange à produtividade da execução da alvenaria.

O projeto também determina que o lançamento do graute seja realizado em duas

etapas, a primeira na quinta fiada da parede e segunda no respaldo da parede. Além de aberturas de ponto de visitas do graute dos blocos da 1ª e da 2ª fiada para limpeza e conferência do graute (figura 7).

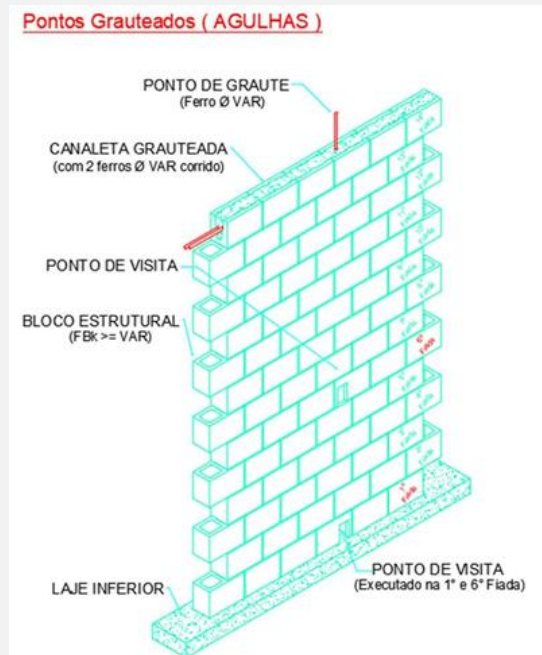


Figura 7 - Esquema dos pontos de visita do graute. Fonte: Autores.

Execução da alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural foi construída apoiada sobre uma estrutura em pilotis de concreto armado e foi escolhida a laje maciça moldadas *in loco* para apoiar a alvenaria dos pavimentos tipo.

Para iniciar a marcação da alvenaria, a primeira etapa foi a transferência dos pontos das linhas de eixo do pavimento inferior para o superior, utilizando prumo de centro e esquadro, e posteriormente foi conferido o esquadro das linhas de eixo pelo método da triangulação. A figura 8 mostra a transferência do eixo sendo feita.



Figura 8 - Transferência de eixo. Fonte: Autores.

Após a transferência e conferência das linhas de eixo, foi feito o mapeamento do ponto crítico da laje para garantir o nivelamento da 1ª fiada. Depois foi feita a locação das paredes utilizando as linhas de eixo como referência. A figura 9 mostra a distância da parede para a linha de eixo representada no projeto.

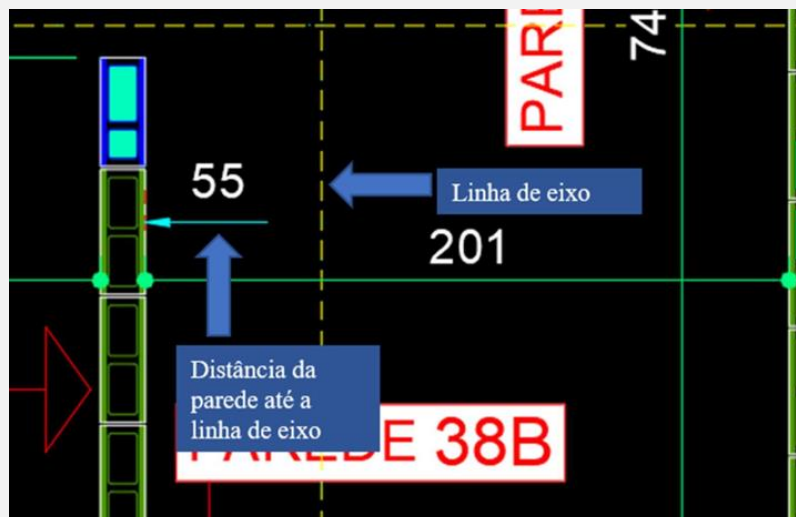


Figura 9 - Distância da parede para linha de eixo. Fonte: Autores.

Com o assentamento da primeira fiada e as conferências necessárias finalizadas, as paredes foram elevadas até a quinta fiada para o lançamento do graute conforme projeto, e depois os blocos foram assentados até a fiada de respaldo, onde aconteceria o grautamento das armaduras verticais e de cintamento da canaleta. A figura 10 mostra as paredes da quinta fiada

grauteadas.



Figura 10 - Paredes grauteadas na quinta fiada. Fonte: Autores.

A obra utilizou graute usinado. Após a chegada do caminhão betoneira, este despejou o produto na grauteira (figura 11). Na sequência, com a ajuda de um funil e da grua, o graute foi transportado para o local para ser utilizado e derramado dentro de uma caixa metálica.



Figura 11 – Grauteira. Fonte: Autores.

Após a limpeza e obstrução dos pontos de inspeção (figura 12), foi realizado o lançamento do graute nos pontos previstos em projeto através da utilização de baldes, e, na

sequência, foram posicionadas as agulhas no eixo, o que permitiu dar acabamento ao redor do bloco grauteado.



Figura 12 - Fechamento dos pontos de inspeção do graute após a limpeza. Fonte: Autores.

Foram utilizadas argamassas ensacadas na execução da alvenaria estrutural, estas foram armazenadas em baixo da laje da transição e cobertas por lonas (figura 13).



Figura 13 - Armazenamento da argamassa. Fonte: Autores.

Os blocos armazenados em cima de pallets e cobertos por lonas e todos os lotes, foram ensaiados em prismas com dois blocos. A figura 14 mostra o armazenamento dos blocos e os prismas.



Figura 14 - Armazenamento dos blocos e primas ocos e cheios. Fonte: Autores.

Análise do projeto estrutural

Foi encontrado um problema no projeto da disposição da primeira fiada, a junta de dilatação foi representada de forma parcial na figura 15. Caso o prédio fosse executado conforme o projeto, a laje da antecâmara, da escada e a parede da escada iriam funcionar como um tirante resultando em graves manifestações patológicas, como fissuras nas lajes e nas paredes. No entanto, antes da execução, o projetista foi informado deste fato e, após a revisão do projeto, a junta de dilatação foi executada corretamente passando por toda a edificação. A figura 16 mostra o problema do projeto solucionado. A junta de dilatação que passa pela laje é mostrada nos projetos de armação positiva e negativa da laje. A figura 17 mostra a junta de dilatação executada de forma correta.

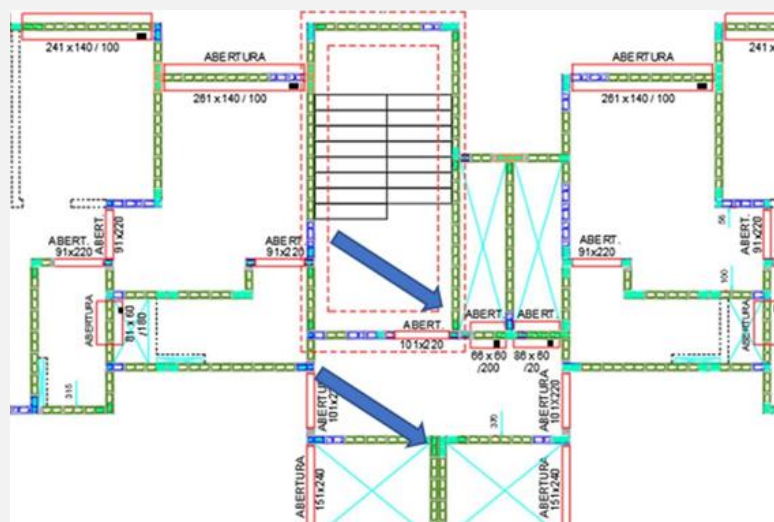


Figura 15 – Junta de dilatação interrompida. Fonte: Autores.

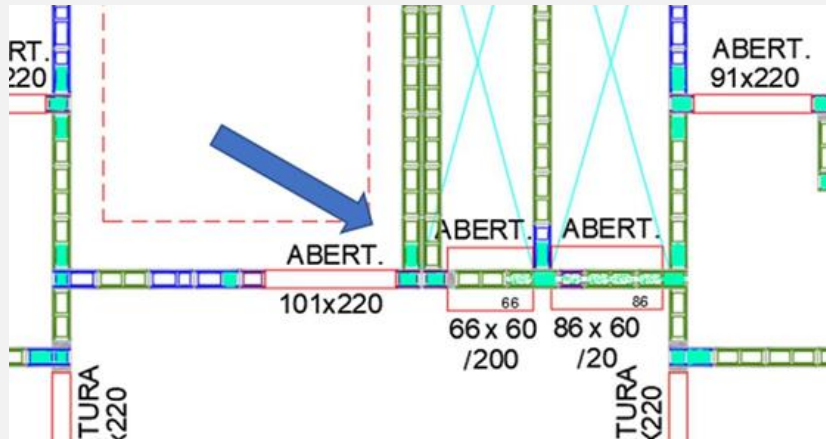


Figura 16 – Junta de dilatação corrigida. Fonte: Autores.



Figura 17 – Juntas de dilatação construídas corretamente. Fonte: Autores.

Compatibilização do projeto arquitetônico e estrutural

A única divergência entre o projeto arquitetônico e estrutural ocorreu nas aberturas de janela das paredes 34A e 34B, onde a abertura da janela do projeto estrutural ficou deslocada em relação à abertura do projeto arquitetônico (figura 18). Devido a obra estar em andamento e a modificação do projeto estrutural gerar retrabalhos, optou-se pela execução seguir o projeto estrutural.

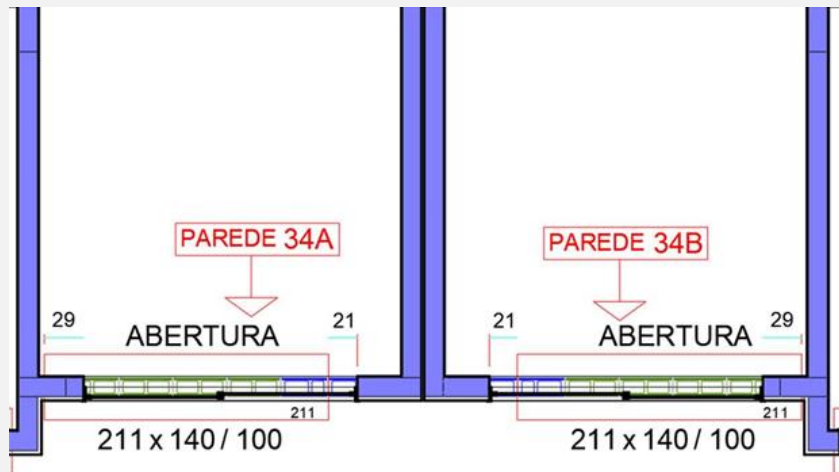


Figura 18 - Aberturas deslocadas. Fonte: Autores.

Compatibilização do projeto elétrico e estrutural

Na sobreposição dos projetos elétrico e estrutural, não foi observado nenhum erro de compatibilização, pode-se constatar que todas as caixas elétricas estão deslocadas dos pontos de graute e as prumadas da alimentação dos quadros dos apartamentos foram passadas dentro de *shafts* (figura 19).

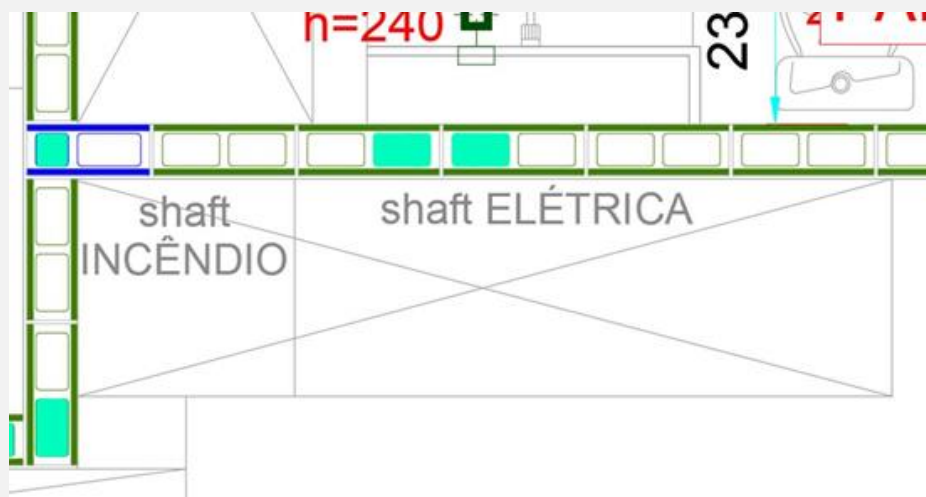


Figura 19 - Previsão do *shaft* elétrico. Fonte: Autores.

A figura 20 mostra o *shaft* parcialmente executado.



Figura 20 - Shaft parcialmente executado. Fonte: Autores.

Compatibilização do projeto de esgoto e estrutural

Todas as prumadas foram passadas através de *shafts*, como é recomendado nas literaturas e normas. Porém a tubulações do dreno do ar-condicionado foram passadas por dentro do vazio dos blocos, prática não recomendada, pois não há possibilidade de manutenção caso ocorra algum problema com a tubulação. A figura 21 mostra a tubulação passando por dentro do bloco da parede 27B no projeto.

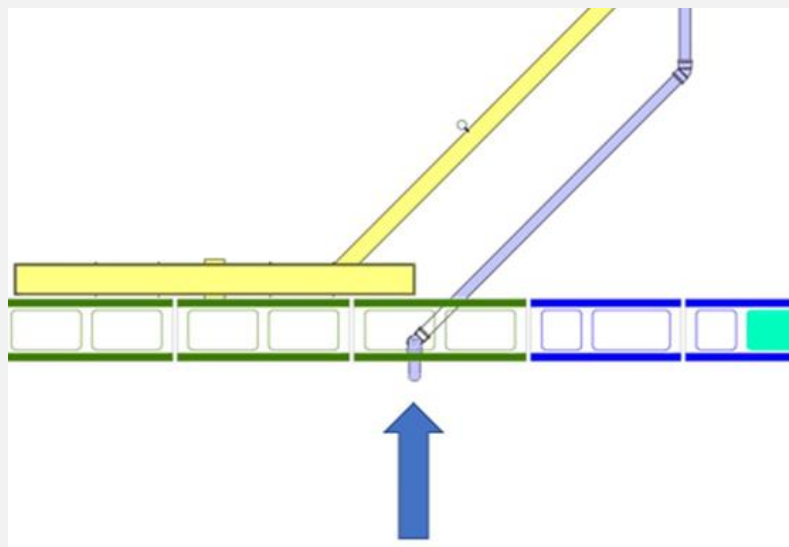


Figura 21 - Dreno passando dentro da parede. Fonte: Autores.

Compatibilização do projeto de água fria, quente, reuso e estrutural

233

Não foi observado nenhum erro de compatibilização entre o projeto de água potável e estrutural, todas as tubulações foram passadas em furos previstos em projeto e as prumadas através de *shafts* hidráulicos (figura 22).

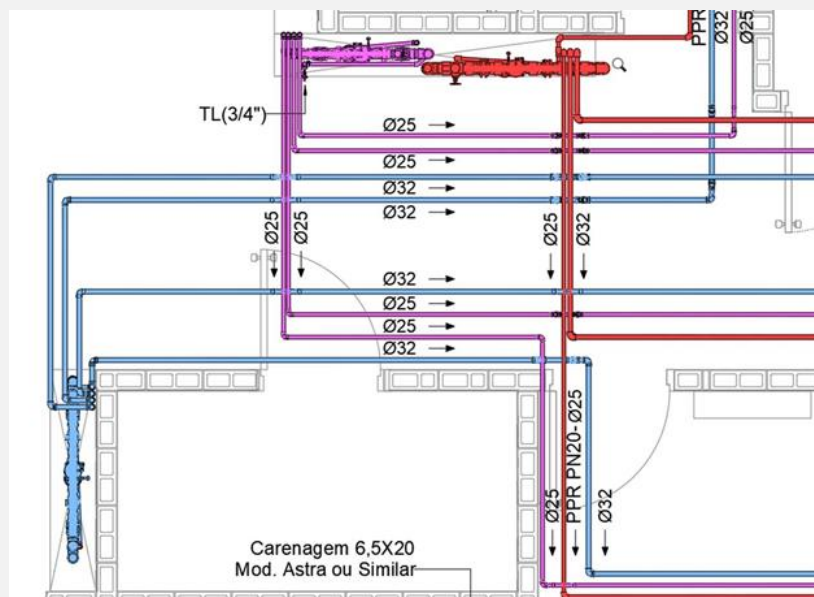


Figura 22 - Projeto de água e estrutural compatibilizados. Fonte: Autores.

Ficha de verificação de serviço

As avaliações acerca do processo executivo e procedimentos de controle de obra da alvenaria estrutural são evidenciadas nos quadros 1 e 2, respectivamente.

Quadro 1 - Resultado da ficha de verificação de serviço dos processos de execução da alvenaria.

(continua)

PROCESSOS DE EXECUÇÃO			
ÍTEM	1 PRÉ-REQUISITOS	COMO VERIFICAR	AVALIAÇÃO
1.a	Utilização de EPI	Visualmente	5
1.b	Ferramentas e equipamentos adequados para a execução do serviço	Visualmente	5
1.c	Projetos arquitetônicos e complementares no local e estudados pelo encarregado da equipe	Visualmente	4
1.d	Laje limpa e nivelada (variação máx de ± 10 mm)	Nível a laser ou nível alemão	3
ÍTEM	2 NIVELAMENTO DAS FIADAS	COMO VERIFICAR	AVALIAÇÃO

2.a	Fixação de escantilhões dos cantos da laje	Mangueira de nível e régua prumo-nível	1
ÍTEM	3 MARCAÇÃO DA ALVENARIA	COMO VERIFICAR	AVALIAÇÃO
3.a	Marcação das paredes com linha guia, traçante ou linha de eixo	Trena de 30 metros	5
3.b	Linhas de eixo no esquadro	Trena de 30 metros	5
3.c	Passagem de eletrodutos posicionados conforme projeto	Visualmente e projeto	3
3.d	Umedecimento no alinhamento da 1ª fiada	Visualmente	4
3.e	Verificar se os blocos com janelas de visita do graute estão posicionados de acordo com o projeto	Visualmente e projeto	5

Quadro 1 - Resultado da ficha de verificação de serviço dos processos de execução da alvenaria.

(continua)

PROCESSOS DE EXECUÇÃO			
ÍTEM	1 PRÉ-REQUISITOS	COMO VERIFICAR	AVALIAÇÃO
3.f	Verificar o esquadro entre as paredes e prumo, com tolerância de ± 3 mm	Esquadro	5
3.g	Medidas de vãos de portas locados conforme projeto, com tolerância de ± 5 mm	Trena	5
3.h	Junta horizontal da 1ª fiada com espessura entre 0,5 cm e 2 cm e junta vertical de 1 cm, com tolerância de ± 3 mm	Trena	2
3.i	Abertura da janela de inspeção do graute na 1ª fiada para verificar aplicação do graute e limpeza dos resíduos	Visualmente e projeto	5
ÍTEM	4 REFERÊNCIA DE NÍVEL	COMO VERIFICAR	AVALIAÇÃO
4.a	Assentamento de um bloco a partir do ponto mais alto da laje	Nível a laser ou nível alemão	1
ÍTEM	5 INSTALAÇÃO DE GABARITOS	COMO VERIFICAR	AVALIAÇÃO
5.a	Instalação de gabaritos de portas de janelas	Visualmente e régua nível-prumo	1
ÍTEM	6 ELEVAÇÃO DA ALVENARIA	COMO VERIFICAR	AVALIAÇÃO
6.a	Amarração (com interpenetração alternada dos blocos de 50%) e modulação dos blocos a cada fiada conforme projeto	Visualmente e projeto	5
6.b	Preenchimento horizontal e verticais entre os blocos (com juntas de 1 cm e tolerância de ± 3 mm)	Visualmente e trena	3
6.c	Assentamento da argamassa em toda face do bloco ou apenas dois cordões (conforme projeto)	Visualmente e projeto	5
6.d	Abertura de janelas uma fiada a cima da parada do 1º grauteamento para limpeza e conferência de graute	Visualmente e projeto	5
6.e	altura da alvenaria está conforme projeto, com variação de - 5 mm a + 10 mm	Visualmente e projeto	4
6.f	Limite de desaprumo de ± 2 mm pro metro, de ± 10 mm por pavimento e ± 25 mm na altura total da edificação	Prumo de face e trena	5
6.g	Descontinuidade de paredes entre pavimentos, com tolerância de ± 5 mm	Prumo de face e trena	5

6.h	Proteção das paredes recém feitas contra chuva	Visualmente	1
ÍTEM	7 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	COMO VERIFICAR	AVALIAÇÃO
7.a	Instalação das caixas elétricas nos blocos antes da elevação da parede ou fixação de caixas elétricas circulares após a execução da parede	Visualmente e projeto	5
ÍTEM	8 ARMADURAS VERTICAIS E LONGITUDINAIS	COMO VERIFICAR	AVALIAÇÃO
8.a	Agulhas posicionadas corretamente e com bitola conforme projeto	Visualmente e projeto	5
8.b	Vergas armadas e grauteadas conforme projeto	Visualmente e projeto	5
8.c	Contravergas armadas e grauteadas conforme projeto	Visualmente e projeto	5
8.d	Apoio mínimo das vergas de 15 cm para aberturas de até 1 m	Visualmente e projeto	5
8.e	Apoio mínimo das vergas de 30 cm para aberturas maiores que 1 m	Visualmente e projeto	5
8.f	Apoio mínimo das contravergas de 30 cm	Visualmente e projeto	5
8.g	Bitolas, dobras e as posições dos aços utilizados na cinta de amarração conforme projeto	Visualmente e projeto	5

Quadro 1 - Resultado da ficha de verificação de serviço dos processos de execução da alvenaria.

(conclusão)

PROCESSOS DE EXECUÇÃO			
ÍTEM	1 PRÉ-REQUISITOS	COMO VERIFICAR	AVALIAÇÃO
9.a	Pontos de graute desobstruídos, umedecidos e “janelas” de visita fechadas antes do início do grauteamento	Visualmente e projeto	4
9.b	Verificar se as agulhas estão posicionadas e com bitola conforme projeto	Visualmente e projeto	5
9.c	Lançamento do graute com altura limite de 1,6 m (exceto quando o grute possuir aditivo que garanta coesão dos agregados)	Visualmente e projeto	5
9.d	Adensamento do graute utilizando haste de ferro (não é permitido utilizar a própria armação da parede)	Visualmente e projeto	4

Fonte: Autores.

Apesar da escolha da não utilização do escantilhão (2.a), as paredes ficaram apumadas e niveladas. Foi observado que em alguns pavimentos houve uma variação maior que a permitida no nível da laje (1.d). Não foi colocado o bloco no ponto mais crítico da laje (4.a), porém, a laje foi mapeada e o nível do ponto crítico sempre era transferido para o primeiro bloco a ser assentado. Alguns pontos elétricos (3.c) ficaram fora do eixo do bloco, tendo que escarear a laje para colocar o eletroduto na posição correta e, em alguns casos, os blocos eram quebrados, principalmente no 1º pavimento devido todas as paredes estarem grauteadas, prática intolerável na alvenaria estrutural devido as patologias que podem

aparecer na parede devido a interrupção do fluxo da carga. Em várias paredes, não foram respeitados os limites de tolerância da espessura da argamassa na horizontal e na vertical (3.h e 6.b), devido a variação de dimensão dos blocos. Os gabaritos para aberturas de janelas e portas (5.a) não foram utilizados, porém as dimensões dos vão foram feitas conforme projeto. A argamassa era sempre aplicada conforme projeto. As linhas de eixo (3.a e 3.b), as dimensões dos ambientes, a conferência da modulação (6.a), prumo e esquadro (3.f, 6.f e 6.g) eram feitas de forma sistemática pelo encarregado da equipe, garantido uma alta qualidade no processo de execução da parede.

Quadro 2 - Resultado da ficha de verificação de serviço dos procedimentos de controle de obras.

(continua)

PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE OBRAS		
ÍTEM	CONTROLE DA RESISTÊNCIA DO BLOCO, ARGAMASSA, GRAUTE E ALVENARIA À COMPRESSÃO AXIAL	AVALIAÇÃO
10.a	Realização de ensaios de caracterização prévia dos blocos, argamassas, graute e prismas antes do início do empreendimento (exceto se já realizado em outro empreendimento em menos de 1 ano)	5

Quadro 2 - Resultado da ficha de verificação de serviço dos procedimentos de controle de obras.

(conclusão)

PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE OBRAS		
ÍTEM	CONTROLE DA RESISTÊNCIA DO BLOCO, ARGAMASSA, GRAUTE E ALVENARIA À COMPRESSÃO AXIAL	AVALIAÇÃO
10.b	Realização de ensaios de análise dimensional e resistência à compressão dos blocos durante a execução obra (exceto se os blocos forem certificados, possuírem $f_{bk} \leq 14$ MPa e forem feitos ensaios de prismas em todos os pavimentos)	5
10.c	Realização de ensaio de resistência à compressão do graute durante a execução da obra (exceto quando se trata de graute usinado com controle sistemático de fábrica)	5
10.d	Realização de ensaio de resistência à compressão da argamassa durante a execução da obra	5
10.e	Realização de ensaio de resistência à compressão de prismas oco e cheio durante a obra (exceto quando a resistência característica prévia for maior ou igual ao dobro da especificada em projeto ou quando 4 lotes já ensaiados apresentar coeficiente de variação inferior à 15%, mantendo o mesmo fabricante e sem alterar a resistência característica do bloco)	5
10.f	Recebimento e armazenamento dos blocos em locais sem contato com o solo e protegidos da chuva	5

10.g	conferência da data de validade e integridade dos ensacados (graute, argamassas, cimento, cal etc.) no recebimento	5
10.h	Armazenamento dos ensacados em pilhas de até 10 unidades de altura (caso forem utilizados antes de 15 dias, é permitido pilhas de 15 sacos) em locais cobertos, livres de umidade e sem contato direto com paredes e tetos	5
10.i	Utilização do graute até 2 h 30 min após a adição de água na mistura	5
10.j	Utilização da argamassa até 2 h 30 min após a sua produção	5

Fonte: Autores.

Conforme os resultados expostos no quadro 2, todos os procedimentos de controle foram seguidos rigorosamente, indo ao encontro das práticas recomendadas nas literaturas e normas. Quando tais procedimentos são feitos corretamente, várias adversidades são evitadas aumentando a qualidade da edificação e tornando o processo racionalizado.

Analisando a figura 23, a obra segue com frequência ou com muita frequência um total de 78% dos processos listados na ficha de execução de serviço e nunca ou raramente cerca de 14%. Para uma análise mais quantitativa, a média da avaliação dos serviços executados na obra que seguem a lista é de 4,17. Para o processo de controle de obras, a obra segue 100% dos processos listados na ficha de execução de serviço, tendo uma média de 5 na escala Likert.

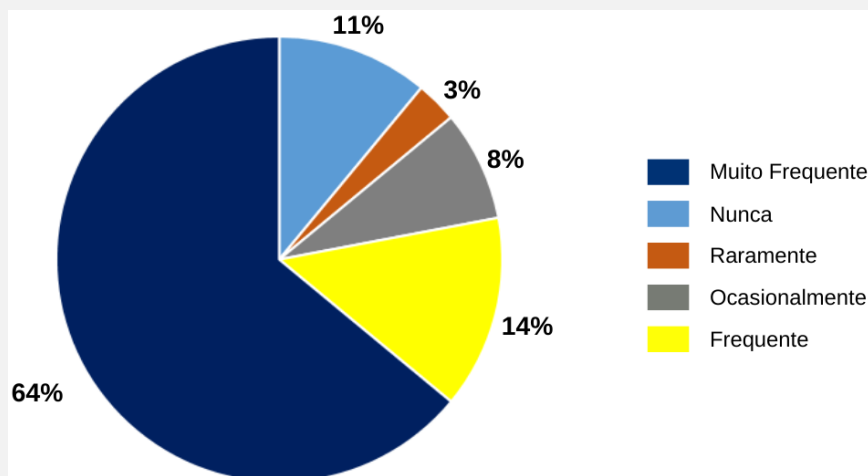


Figura 23 - Frequência dos processos listados na ficha de execução dos serviços. Fonte: Autores.

Conclusão

Após as análises dos dados apresentados, conclui-se que:

a) A especificação da resistência à compressão da argamassa na norma NBR 16868 é defasada, sem limites mínimos e depende do bom senso do projetista;

b) O projeto arquitetônico não possui cotas modulares compatíveis com as dimensões de uma família de bloco. Porém, como os projetos arquitetônicos e estruturais foram pensados em conjunto, tiveram como solução a utilização das duas famílias de blocos (39 cm e 29 cm) na modulação, evitando o uso exagerado de compensadores;

c) A utilização de duas famílias de blocos pode causar um aumento no custo da obra, por conta da utilização de três blocos especiais (44 cm e 54 cm e 34 cm) que são mais caros, além de prejudicar a logística na obra, devido a quantidade de blocos de diferentes dimensões presentes no canteiro;

d) As tubulações do dreno do ar-condicionado foram passadas embutidas nos blocos, prática não recomendada pela norma de alvenaria estrutural. Devido as paredes terem função estrutural, estas não podem ser quebradas para realização de manutenções futuras, podendo acarretar em manifestações patológicas na parede, caso ocorra algum problema na tubulação;

e) O grauteamento de todas as paredes do primeiro pavimento para combater o efeito arco, pode prejudicar as instalações elétricas. O aumento da altura ou da taxa de armadura das vigas da transição pode ser uma solução mais viável e menos onerosa;

f) A variação das dimensões dos blocos prejudicou as dimensões das juntas de argamassa, podendo ocorrer manifestações patológicas futuramente;

g) A escolha da resistência da argamassa, entre 60% a 70% da resistência característica do bloco, está dentro dos limites estipulados pelas literaturas e normas sobre alvenaria estrutural;

h) A marcação da alvenaria utilizando as linhas de eixo, a conferência dos vãos dos ambientes, do prumo, esquadro e nível das paredes, foram sempre seguidos de forma rigorosa pelo líder da equipe da construtora;

i) Todos os processos relacionados ao controle de obras foram executados pela construtora; e,

j) A não utilização de escantilhões e gabaritos para aberturas de portas e janelas não prejudicaram a qualidade da parede.

De maneira geral, apesar da empresa ter seguido recomendações das boas práticas e da existência de várias informações e tecnologias que garantam a qualidade e a racionalização do processo construtivo em alvenaria estrutural, observa-se que as potencialidades do sistema não foram totalmente alcançadas pela construtora do edifício. Tal fato é notado quando há pequenas falhas na execução que, posteriormente, resultarão em patologias. Aprofundando esse pensamento, confirma-se que o sistema de alvenaria estrutural necessita de maiores estudos e conhecimento acerca do processo construtivo, desde a concepção do projeto até a parte de execução e controle de obras. Esse acompanhamento torna-se relevante a partir do início da larga utilização do sistema no Brasil.

Dentre as recomendações para o aprimoramento da prática de construir em alvenaria estrutural destaca-se, primeiramente, a elaboração de traços de argamassa estrutural com suas respectivas resistências, especificações e propriedades para diferentes tipos de uso. Posteriormente, é dada importância aos estudos relacionados às manifestações patológicas que podem ocorrer devido a utilização de práticas não recomendadas pelas normas e literaturas sobre alvenaria estrutural. Ainda, busca-se por facilitações da escolha da solução mais viável, no âmbito econômico e estrutural, para o efeito arco. Por fim, é necessário possuir, a título de comparação e viabilidade, referenciais de elaborações de orçamentos construtivos que utilizam uma família de bloco de concreto e outros que utilizam duas famílias de blocos de concreto na execução de edificações.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16868**: Alvenaria estrutural parte 1: Projetos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

_____. **ABNT NBR 15812**: Alvenaria Estrutural: Blocos de cerâmicos. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **ABNT NBR 15961**: Alvenaria Estrutural: Blocos de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **ABNT NBR 16868**: Alvenaria estrutural parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

_____. **ABNT NBR 16868**: Alvenaria estrutural parte 3: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

_____. **ABNT NBR 5706**: Coordenação modular da construção. Rio de Janeiro: ABNT, 1977.

KALIL, S. M. B.; LEGGERIN, M. R. **Alvenaria Estrutural**. 2021. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/alvenaria-estrutural>. Acesso em: 30 jul. 2022.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1992.

MOHAMAD, Gihad. **Construções em Alvenaria Estrutural: Materiais, Projeto e Desempenho**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2020.

PARSEKIAN, Guilherme Aris. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. 2. ed. São Carlos: EDUFSCar. 2021.

RIZZATTI, Lorenzo Sartori. **Comparação entre os Critérios da NBR 15812-1: 2010 e NBR 15961:2011 Com os do Projeto de Norma da NBR 16868-1:2020**. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Rio Grande do Sul, 2020.

SANTOS, Gustavo Soares *et al.* **Avaliação das Presenças Patológicas em Projetos de Alvenaria Estrutural: Modulações e Efeitos**. 1. ed. São Paulo: Dra. Patrícia S. Ribeiro, 2022.

SOUZA, M. Principais patologias estruturais e atuais metodologias de controle na construção civil. **Inter-American Journal of Development and Research**, Ouro Preto do Oeste, v. 2, n. 1, p. 57–73, 2019.

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2005.