

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

GUSTAVO GAYNETT LETURIONDO

**RELATÓRIO TÉCNICO:
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PROJETO E EXECUÇÃO DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Porto Alegre
Dezembro 2021

GUSTAVO GAYNETT LETURIONDO

**RELATÓRIO TÉCNICO:
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PROJETO E EXECUÇÃO DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenharia Civil

Orientador: Luciani Somensi Lorenzi

Coorientador: Jean Marie Désir

Porto Alegre
Dezembro 2021

GUSTAVO GAYNETT LETURIONDO

**RELATÓRIO TÉCNICO:
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PROJETO E EXECUÇÃO DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 05 de dezembro de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Luciani Somensi Lorenzi (UFRGS)

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
Orientadora

Prof. Jean Marie Désir (UFRGS)

Dr. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
Coorientador

Prof.^a Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)

Dr. pela Universidade de São Paulo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais Tiaraju Leturiondo e Simone Gaynett, e ao meu irmão Gabriel Leturiondo, que não mediram esforços durante toda esta jornada acadêmica, para me motivar e me incentivar a nunca desistir dos meus objetivos.

Agradeço a minha companheira de vida Karina, que sempre esteve ao meu lado, me entusiasmando a encarar todos os obstáculos que surgiram durante este período.

Agradeço aos meus orientadores, Luciani Lorenzi e Jean Marie, que foram fundamentais na construção deste trabalho, me instigando a ter o olhar crítico de engenheiro.

Agradeço a equipe da obra onde trabalho, em especial ao engenheiro Rafael Lomando, onde no decorrer de dois anos, pude passar toda a sua experiência e ensinamentos que agregaram profundamente na minha formação.

Fechar este ciclo, ganhar uma importância muito significativa para minha vida, foram longos anos dedicados a atingir o objetivo principal de me tornar engenheiro em uma das universidades mais reconhecidas do país.

RESUMO

A comparação entre projeto e execução de uma obra é fundamental para o entendimento se todas as diretrizes e recomendações previstas estão sendo seguidas e quais pontos não são compatíveis, merecendo um ponto de atenção para conceber aperfeiçoamentos no processo de criação e execução da empresa. O presente relatório técnico apresenta, através de um estudo de caso, a contextualização de um projeto com a execução do sistema construtivo em alvenaria estrutural de uma edificação, situada na zona norte de Porto Alegre, visando os diferentes aspectos da obra, priorizando sequência de execução, a fim de identificar as principais inconsistências e promover melhorias no processo de projeto ou de execução. A obra é constituída por uma única torre residencial possuindo 11.430,18 m² de área construída, sendo uma estrutura mista, onde o térreo e o segundo pavimento foram executados em estrutura convencional de concreto armado. A transição entre os sistemas se deu nas vigas do terceiro pavimento, as quais são responsáveis por sustentarem todo o carregamento gerado acima delas. O restante da torre é composto pelo sistema de alvenaria estrutural, realizada com blocos cerâmicos, possuindo lajes maciças na composição do pavimento tipo, projetadas com 10 cm de espessura. O enfoque principal se deu com a descrição das quatro etapas da alvenaria estrutural, sendo elas: a execução da laje do tipo, a marcação da primeira fiada, a elevação da alvenaria e o grauteamento. Por conseguinte, este relatório técnico pode concluir que a contextualização de um projeto mediante sua execução é fundamental servindo para a retroalimentação aos projetistas e à empresa, a fim promover a melhorias contínuas nas fases de planejamento e execução das obras.

Palavras-chave: alvenaria estrutural; melhorias executivas; relatório técnico

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fachada Sudeste	14
Figura 2 - Implantação do empreendimento	15
Figura 3 - Projeto de modulação setorizado.....	15
Figura 4 - Vista isométrica da modulação do pavimento tipo	16
Figura 5 - Corte esquemático da fachada norte.....	17
Figura 6 - Corte esquemático	18
Figura 7 - Paginação da alvenaria tipo 1	19
Figura 8 - Paginação da alvenaria tipo 2.....	20
Figura 9 - Paginação da alvenaria tipo 3.....	20
Figura 10 - Paginação da alvenaria tipo 4.....	21
Figura 11 - Tipologia dos blocos cerâmicos	22
Figura 12 - Blocos paletizados e identificados	24
Figura 13 - Exemplo de kanban utilizado na obra	25
Figura 14 - Silo para recebimento de argamassa e masseira automática	26
Figura 15 - Caixas de graute	28
Figura 16 - Baia de aço organizada.....	29
Figura 17 - Fluxograma das etapas executivas	31
Figura 18 - Fluxograma para montagem do relatório	33
Figura 19 - Elevação da alvenaria no setor 2	34
Figura 20 - Concretagem da laje no setor 1	34
Figura 21 - Detalhe para trespasse das barras de graute 3° ao 8°	35
Figura 22 - Detalhe para trespasse das barras de graute 9° ao 15° pav	36
Figura 23 - Esperas de graute após concretagem da laje do 4° pavimento	37
Figura 24 - Projeto executivo com marcação dos eixos.....	38
Figura 25 - Ganchos para transporte de eixo Y1	38
Figura 26 - Mapeamento laje do 5° pavimento – setor 1	39
Figura 27 - Marcação da primeira fiada dos banheiros.....	40
Figura 28 - Execução da primeira fiada dos banheiros 3° pavimento	41
Figura 29 - Detalhe de projeto das janelas de inspeção	42
Figura 30 - Detalhe de execução das janelas de inspeção.....	42
Figura 31 - Conferência com esquadro	43
Figura 32 - Detalhe Projeto Escadinha x Castelinho	44
Figura 33 - Elevação das paredes internas no formato escadinha.....	45
Figura 34 - Amarração tipo em “cruz”, de canto e em “T”	46
Figura 35 - Cinta intermediária da cozinha.....	47
Figura 36 - Detalhe do preenchimento total das juntas de assentamento.....	48
Figura 37 - Alvenaria poço do elevador.....	49
Figura 38 - Detalhe da alvenaria da churrasqueira.....	50
Figura 39 - Projeto x execução das marcações de elétrica e lógica	51
Figura 40 - Pré-moldado Instalado na fiada de respaldo.....	52
Figura 41 - Caixa de Distribuição	52
Figura 42 - Viga calha armada no 8° pavimento.....	53
Figura 43 - Fechamento da janela de inspeção	54
Figura 44 - Armadura fiada de respaldo	56
Figura 45 - Alvenaria pronta para o início do graute	56

Figura 46 - Andaime utilizado para grauteamento.....	57
Figura 47 - Janelas de inspeção totalmente preenchidas.....	58
Figura 48 - Detalhamento para junta de dilatação	59
Figura 49 - EPS instalado	60
Figura 50 - Detalhe da junta de dilatação parede 37.....	60
Figura 51 - Detalhe da junta de movimentação	62
Figura 52 - Detalhamento das camadas do aparelho deslizante.....	62
Figura 53 - Camadas deslizantes.....	63
Figura 54 - Preenchimento com areia nos blocos	63
Figura 55 - Pavimento limpo e entregue para as atividades posteriores	65
Figura 56 - Bloco de referência identificado.....	70
Figura 57 - Barras de fixação do para-raios.....	71
Figura 58 - Aplicação da argamassa com palheta.....	72
Figura 59 -- Remoção da argamassa excedente dentro do septo	73
Figura 60 - Alvenaria da churrasqueira parede 24.....	73
Figura 61 - Identificação dos pontos de lógica e elétrica.....	74
Figura 62 - Base de sustentação da verga em vão de cozinha	75
Figura 63 - Base de sustentação da verga em vão de porta.....	75
Figura 64 - Base de sustentação das vergas com cunha.....	76
Figura 65 - Base de sustentação das vergas com cunha.....	76
Figura 66 - Janela de inspeção falhada	77
Figura 67 - Identificação dos pontos de graute	78
Figura 68 - Cachimbos para recuperação das falhas de graute	79
Figura 69 - Aplicação da junta deslizante.....	80
Figura 70 - Funil para preenchimento da areia	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis de controle geométrico na produção da alvenaria	64
Tabela 2 - Resumos das Inconsistências Projeto x Execução	67

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

m – Metro

cm – Centímetro

mm – Milímetro

MPa – Megapascal

fbk – Resistência característica do bloco estrutural cerâmico

fak – Resistência característica da argamassa de assentamento

fgk – Resistência característica do graute

fp(o) – Resistência do prisma (oco)

fp(g) – Resistência do prisma (grauteado)

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Motivação pessoal.....	12
1.2 Objetivo do relatório.....	13
2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....	14
2.1 Apresentação do projeto.....	14
2.2 Componentes para alvenaria estrutural	21
2.2.1 Bloco Cerâmico	21
2.2.2 Argamassa de assentamento.....	25
2.2.3 Graute.....	27
2.2.4 Armadura	28
3 MÉTODO.....	31
4 ETAPAS DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	34
4.1 Execução da laje	35
4.2 Marcação da primeira fiada	37
4.2.1 Transferência dos eixos.....	37
4.2.2 Mapeamento da laje.....	39
4.2.3 Primeira fiada	39
4.3 Elevação da alvenaria.....	44
4.3.1 Elevação da alvenaria intermediária.....	44
4.3.2 Execução da fiada intermediária até a fiada de respaldo.....	51
4.4 Grauteamento.....	54
4.4.1 Intermediário	54
4.4.2 Intermediário até o respaldo.....	55
4.5 Critérios de Desempenho.....	59
4.5.1 Junta de Dilatação	59
4.5.2 Junta Deslizante	61
4.5.3 Preenchimento com areia nas paredes	63
4.5.4 Condições de finalização da alvenaria	64
4.6 - Constatações.....	65
5 DISCUSSÃO.....	69
5.1 Execução da laje	69
5.2 Transferência e marcação dos eixos.	69
5.3 Mapeamento da Laje	69
5.4 Marcação da primeira fiada	70

5.5 Elevação da alvenaria intermediária.....	72
5.6 Elevação da alvenaria intermediária até a de respaldo.....	74
5.7 Grauteamento.....	77
5.8 Critérios de Desempenho.....	79
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
REFERÊNCIAS	84

Construções realizadas em alvenaria estrutural deixaram de ser exclusivamente responsáveis por obras de baixo custo para populações com menor renda. Mesmo com um design mais clássico e padronizado, novos empreendimentos visando alcançar públicos com rendas maiores estão em processo de expansão. Anteriormente as construções em alvenaria estrutural eram realizadas com blocos de concreto, com o passar do tempo os blocos cerâmicos foram atingindo melhores condições quanto às suas funções estruturais e ganhando espaço no mercado.

Adquirir insumos com qualidade, assim como as ferramentas necessárias, são itens fundamentais para garantir uma racionalização próspera em um canteiro de obra. A alvenaria estrutural exige que seja realizada por uma equipe qualificada, a fim de minimizar danos e perdas e assegurar uma produtividade conforme o esperado em busca de cumprir o cronograma da obra.

Uma das vantagens da utilização deste sistema é a velocidade na execução, pois ocorre a diminuição quanto a utilização de formas para a estrutura, ou em alguns casos até mesmo excluindo por completo, porém uma das principais dificuldades apresentadas é o controle quanto ao desperdício de material. Quanto maior os detalhamentos e especificações durante o planejamento e na elaboração dos projetos da obra existirem, maior será o controle e cuidado para diminuição destes danos.

Para a composição deste relatório técnico foram utilizadas para embasamento a NBR 16868 Alvenaria estrutural Parte 1 – Projeto (ABNT, 2020) e a NBR 16868 Alvenaria estrutural Parte 2 – Execução e controle de obras (ABNT, 2020), que exigem a presença de todas as informações necessárias em projeto para que a execução da estrutura seja realizada com todos os critérios adotados.

1.1 Motivação pessoal

O interesse para o desenvolvimento deste relatório técnico, decorreu da vontade do autor em passar suas experiências práticas à comunidade acadêmica e retroalimentar a empresa

construtora e incorporadora na qual trabalha, onde pôde vivenciar e acompanhar todas as fases construtivas do edifício em questão.

1.2 Objetivo do relatório

Este trabalho tem como objetivo principal analisar o projeto executivo de alvenaria estrutural comparando com sua execução, visando os diferentes aspectos da obra, priorizando sequência de realização, a fim de identificar as principais inconsistências e promover melhorias nestas etapas.

2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

No sistema construtivo de alvenaria estrutural não são realizados vigas e pilares tradicionalmente utilizados em um sistema construtivo de concreto armado, pois as paredes do edifício são responsáveis pela parte portante, realizando a função estrutural. Desta forma serão apresentados nos próximos itens as principais características da edificação em questão neste relatório técnico, assim como seus principais componentes.

2.1 Apresentação do projeto

Neste relatório técnico está apresentado o estudo de caso de uma obra localizada na zona norte de Porto Alegre - RS, a qual tem como principal sistema construtivo a alvenaria estrutural. Neste estudo foram descritas as etapas construtivas deste sistema, apresentando os tipos de modulações de alvenaria presente ao longo da torre, as diferenças entre elas, assim como os materiais que as integram.

Figura 1 - Fachada Sudeste

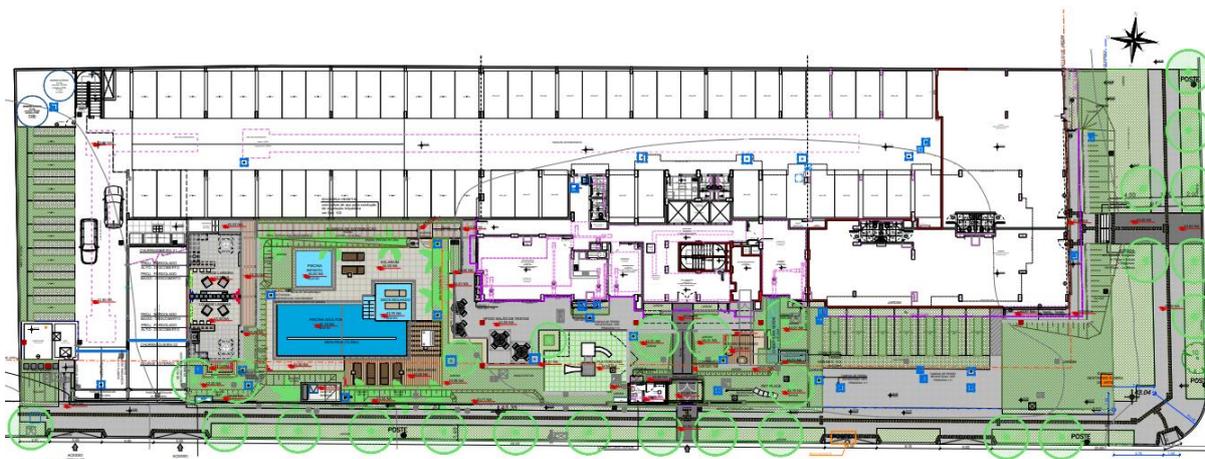


Fonte: arquivo da empresa

A obra é constituída por uma única torre residencial possuindo 11.430,18 m² de área construída, sendo uma estrutura mista, onde o térreo e o segundo pavimento foram executados em estrutura convencional em concreto armado, solução adotada pois existe a presença das vagas de

garagem nestes pavimentos, além de uma área comercial no térreo. A transição entre os sistemas se deu nas vigas do terceiro pavimento, as quais são responsáveis por sustentarem todo o carregamento gerado acima delas. O restante da torre é composto pelo sistema de alvenaria estrutural, possuindo lajes maciças na composição do tipo, projetadas com 10 cm de espessura.

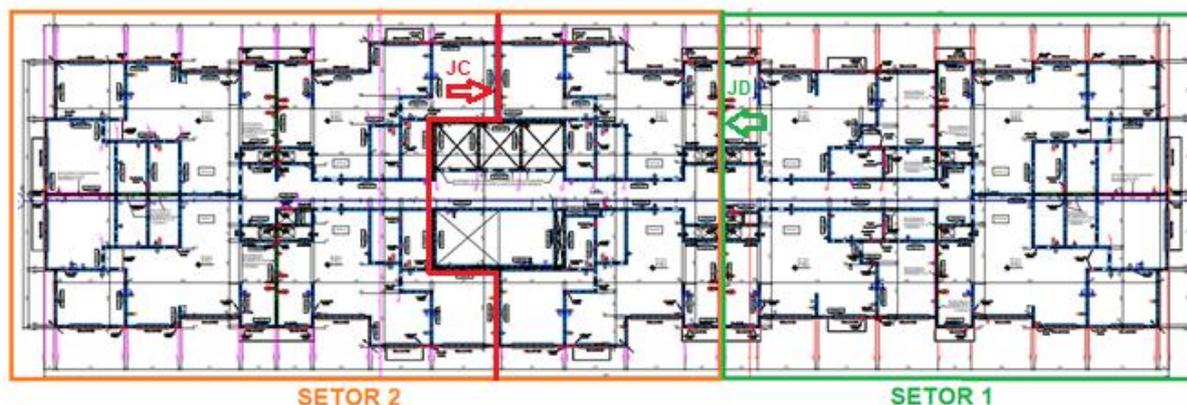
Figura 2 - Implantação do empreendimento



Fonte: arquivo da empresa

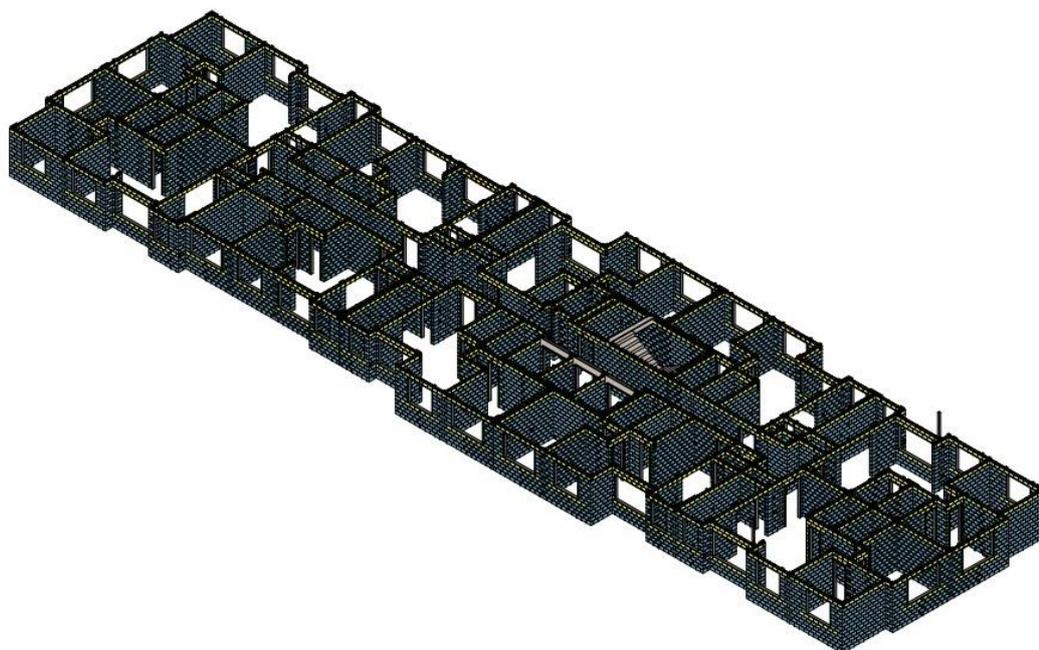
A torre foi dividida em setores 1 e 2 de acordo com a junta de dilatação (JD), com 2 cm de abertura, que parte desde a fundação até a cobertura, e uma segunda junta de controle (JC) com 1 cm, faceando a caixa do elevador e a caixa da escada, iniciada a partir do 3º pav. (onde começa o pavimento tipo até a cobertura).

Figura 3 - Projeto de modulação do pavimento tipo setorizado



Fonte: arquivo da empresa

Figura 4 - Vista isométrica da modulação do pavimento tipo



Fonte: arquivo da empresa

A edificação é composta por 15 pavimentos, além da cobertura e volume superior. São 135 apartamentos ao todo, com 5 dispostos no segundo pavimento e o restante em 10 unidades por andar. Existem as possibilidades com um, dois ou três dormitórios, com metragens de 56 m² ou 67 m².

Figura 5 - Projeto arquitetônico da fachada norte



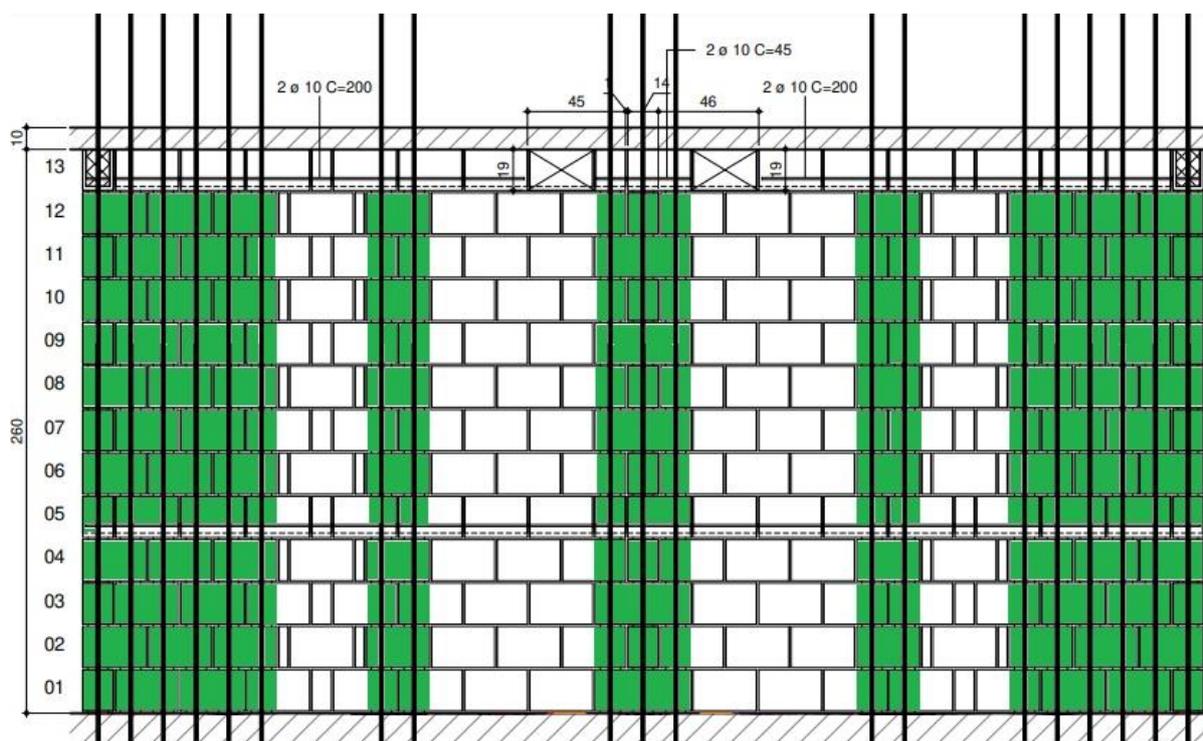
Fonte: arquivo da empresa

Os projetos de execução utilizados para o desenvolvimento deste relatório foram os de modulação (tipo 1, 2, 3 e 4), o caderno de paginação da alvenaria, formas, armadura, além dos projetos de instalações para conferências das marcações e passagens. Os projetos de execução da primeira fiada estão divididos em 4 tipologias, de acordo com o número de pontos de graute e com as resistências do bloco especificadas em projeto: tipo 1 para o 3º, 4º e 5º pavimento (18 MPa), tipo 2 para o 6º (18MPa), 7º e 8º pavimento (15 MPa), tipo 3 para o 9º, 10º e 11º (10 MPa) pavimento e tipo 4 para o 12º, 13º, 14º e 15º (7MPa) pavimento, conforme Figura 6.

Desta forma o projeto seguiu as recomendações da NBR 16868 – 1 (ABNT, 2020) chamada de norma de alvenaria estrutural, apresentando as informações quanto às resistências características à compressão dos prismas (ocos e cheios) e grautes, todas as faixas médias de resistência à compressão das argamassas, além da categoria, classe e bitola das barras de aço que foram utilizados nas fases de armadura dos pilares a serem grauteados.

Entre os 4 projetos executivos da alvenaria, um ponto importante que se ressaltou foi a quantidade de pontos de graute. Como exemplo foi trazida a paginação de uma parede (PAR-79), responsável por dividir dois banheiros pertencentes a um mesmo apartamento. Inicialmente no projeto executivo tipo 1, entre o 3º e 5º pavimento foram considerados 19 pontos de graute para esta situação, conforme Figura 7. Para execução do tipo 2, que abrange do 6º ao 8º pavimento, os pontos de graute reduziram para 15 (Figura 8). No tipo 3, entre o 9º e 11º pavimento ocorreu uma diminuição ainda mais significativa para 5 pontos de graute (Figura 9). No tipo 4, entre o 12º e o 15º pavimento, permaneceram somente 3 pontos (Figura 10) de graute para esta parede.

Figura 7 - Paginação da alvenaria tipo 1



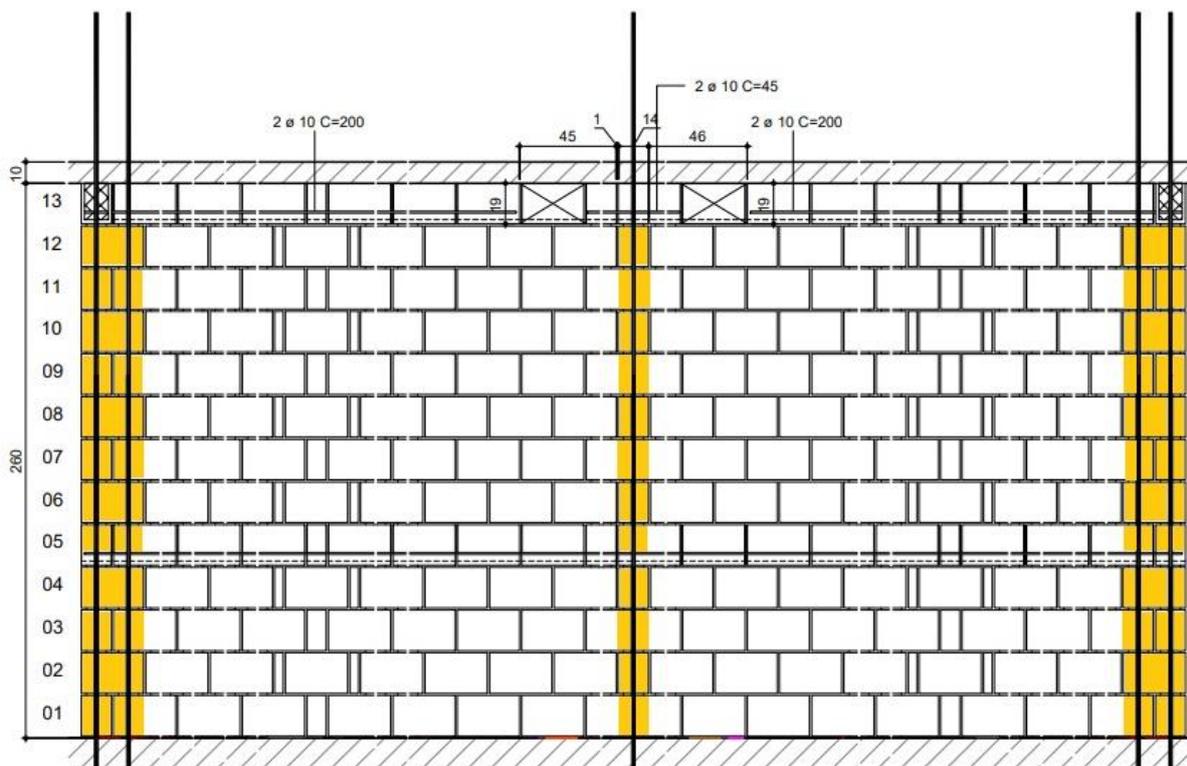
Fonte: arquivo da empresa

Figura 8 - Paginação da alvenaria tipo 2



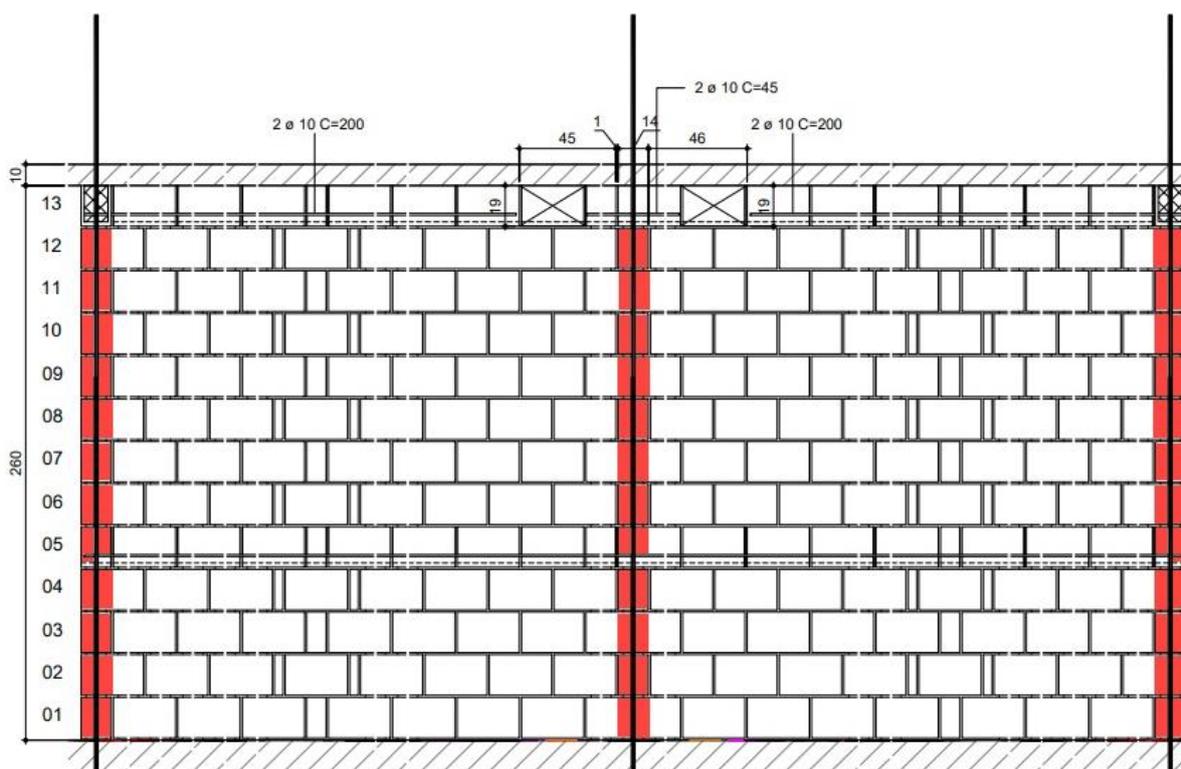
Fonte: arquivo da empresa

Figura 9 - Paginação da alvenaria tipo 3



Fonte: arquivo da empresa

Figura 10 - Paginação da alvenaria tipo 4



Fonte: arquivo da empresa

2.2 Componentes para alvenaria estrutural

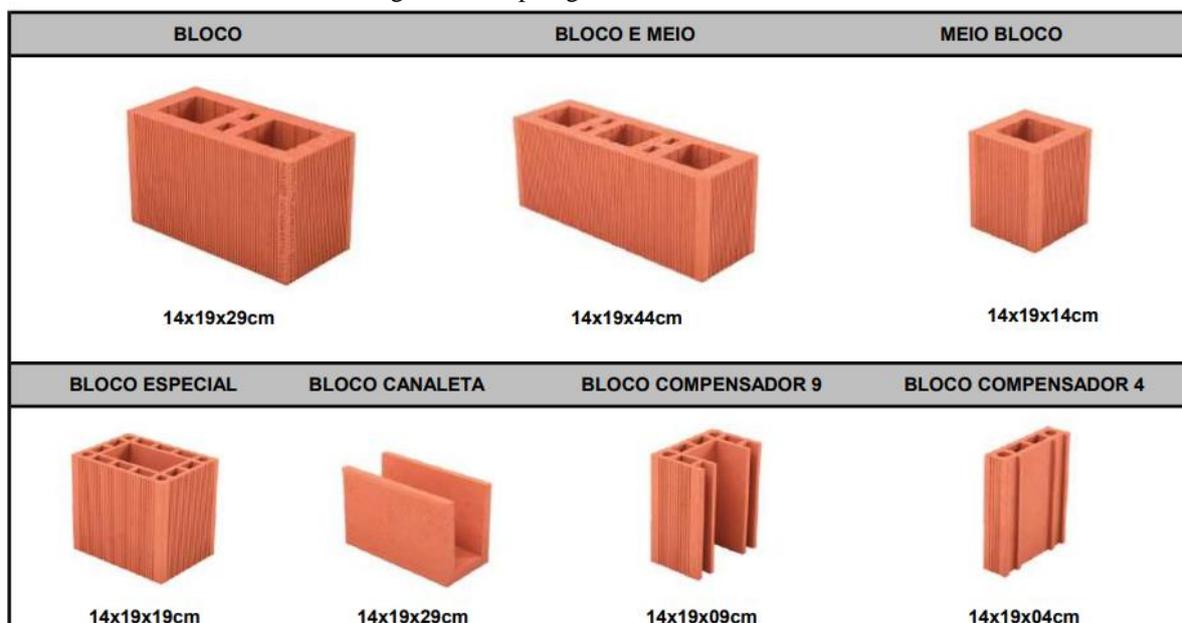
Para uma compreensão de como a alvenaria estrutural se comporta, critérios quanto à programação de entrega e controle de recebimento dos materiais, assim como sua forma de armazenamento e o manejo deles no canteiro, serão apresentados nos itens a seguir quanto aos principais componentes deste sistema construtivo, sendo estes: os blocos cerâmicos, a argamassa de assentamento, o graute e a armadura.

2.2.1 Bloco Cerâmico

Para a execução da alvenaria o projeto estrutural apresenta a família 29 dos blocos estruturais cerâmicos, que foram definidas pelo projetista. Dentre eles foram utilizados os blocos inteiros (14x19x29cm), bloco e meio (14x19x44cm), meio bloco(14x19x14cm), bloco especial

(14x19x19cm), bloco canaleta (14x19x29cm) e os blocos complementares (14x19x9cm e 14x19x4cm).

Figura 11 - Tipologia dos blocos cerâmicos



Fonte: catálogo da Pauluzzi, adaptado pelo autor.

A obra recebia cargas semanais com 14 paletes fechados (2240 blocos em 1 caminhão), dos blocos necessários com suas dimensões e resistências conforme programação previamente passada ao fornecedor. Antes das descargas eram retiradas amostras com 13 peças de bloco inteiro em cada lote, de modo que cada caminhão era considerado 1 lote. Diante das amostras eram verificadas as dimensões dos blocos (largura, comprimento, altura e espessura da parede), esquadro, planeza, integridade dos blocos, além da identificação do fabricante assim como o número do lote deveriam estar presentes na face lateral do bloco. Todos os itens listados anteriormente estão em conformidade conforme indicações na tabela 1 da NBR 15270 – 1, (ABNT, 2017)

Dentre as 13 peças selecionadas, duas poderiam apresentar defeitos, acima disso o lote seria reprovado e mandado embora. Caso não houvesse a identificação nos blocos do fabricante e do lote, este também seria descartado. Durante toda a execução da estrutura da obra não foi preciso descartar nenhum lote pelos itens citados acima. Com isso, a descarga era liberada para que então fosse feita uma segunda conferência visual, levando em consideração se os blocos estavam úmidos e se as quantidades que vieram estavam conforme o previsto.

Os blocos eram armazenados em local coberto, sendo que em caso de um armazenamento de 2 ou mais lotes, permaneciam em um ambiente aberto, mas sempre protegidos com lona. Suas respectivas resistências eram pintadas em todas as faces do palete para eliminar qualquer tipo de confusão durante o consumo para elevação da alvenaria. Por se tratar de somente uma única torre, as possibilidades foram minimizadas, mas se tratando de uma obra com 2 ou mais torres que estejam em fases diferentes de execução, a identificação das resistências se torna muito útil.

Tabela 1 – Considerações da NBR 15270 – 1

Lote	Nº de blocos ou tijolos		Verificações
	1ª amostragem ou amostragem simples	2ª amostragem	
1000 a 250000	13	13	Identificação e características visuais
Tolerância		Identificações	
Largura, Altura e Comprimento	+/-3mm	obrigatórias gravadas em uma das faces do bloco, as letras devem ter pelo menos 5mm de altura	
Desvio em relação ao esquadro	3mm		
Planeza das faces	3mm		

Fonte: NBR 15270 – 1, (ABNT, 2017)

Figura 12 - Blocos paletizados e identificados



Fonte: foto do autor

Os certificados dos lotes eram enviados previamente à obra, de modo que quando as cargas chegavam, poderiam ser conferidas com as identificações presentes nos blocos. Quanto às características técnicas, o fornecedor apresentava nos laudos todas as informações a respeito da resistência característica à compressão, índice de absorção d'água, massa seca, área bruta e área líquida. Além disso, a obra contratou um laboratório terceirizado para o devido controle tecnológico. Foram levados 10 blocos de cada resistência (18MPa, 15MPa, 10MPa e 7MPa), para que todas as características visuais e geométricas fossem avaliadas, assim como à resistência à compressão e o índice de absorção de água. A NBR 15270 – 1, (ABNT, 2017) indica que devam ser recolhidos no mínimo 6 blocos para os respectivos ensaios, sendo assim, a obra atendeu as recomendações mínimas.

A obra dispunha de elevador cremalheira, utilizado na movimentação e abastecimento dos paletes para os pavimentos. O guincheiro responsável pela operação do equipamento fiscalizava o cumprimento das diretrizes apresentadas em uma ficha de orientação, denominada como Kanban, onde eram apresentadas as tipologias e as quantidade a serem fornecidas nos pavimentos (Figura 13), evitando o abastecidos dos materiais além do necessário.

Figura 13 - Exemplo de Kanban utilizado na obra

Kanban Alvenaria Pavimento Tipo						
Pedreiro:		Pavimento:				
Data início: __/__/__		Data conclusão: __/__/__				
Blocos extras:						
Resistência do bloco: 7 Mpa/ 10Mpa/ 15 Mpa/ 18Mpa						
	BE - 14.19.04	1 PALLET COM 352 UNIDADES	352 UNID			
	BE - 14.19.09	1 PALLET COM 114 UNIDADES	114 UNID			
	BE - 14.19.14	1 PALLET COM 120 UNIDADES	120 UNID			
	BE - 14.19.19	1 PALLET COM 164 UNIDADES	164 UNID			
	BE - 14.19.29	28 PALLETS C/ 192 BLOCOS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS
			1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS
			1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS
			1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS
			1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS
			1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS
			1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS
			1 PALLETS = 192 UNIDADES			
	BE - 14.19.44	6 PALLETS C/ 96 BLOCOS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS
			1 PALLETS	1 PALLETS		
			1 PALLET = 96 UNIDADES			
	BC - 14.19.29	5 PALLETS C/ 280 BLOCOS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS	1 PALLETS
			1 PALLETS			
			1 PALLET = 280 UNIDADES			

Fonte: arquivo da empresa

2.2.2 Argamassa de assentamento

A argamassa industrializada utilizada em todas as etapas executivas da alvenaria, era fornecida em caminhão graneleiro, sendo armazenada em silo (Figura 14) capaz de comportar 30 toneladas segundo especificações do fornecedor. O preenchimento do silo ocorria com a argamassa ainda seca, que posteriormente era bombeada para o pavimento

em execução e através de uma masseira automática (Figura 14) recebia a devida dosagem de água para que então ocorresse a mistura. Esta condição traz uma série de benefícios à obra, através de uma diminuição de desperdício, redução na área de estoque, eliminação dos descartes com sacaria, otimização quanto a questões de produtividade, pois juntamente com a argamassadeira automática, viabiliza uma produção efetiva, além de reduzir mão de obra necessária para o descarregamento caso o mesmo fosse em sacos.

Figura 14 - Silo para recebimento de argamassa e masseira automática



Fonte: foto do autor

Do 3º ao 6º pavimento a resistência característica da argamassa de assentamento (f_{ak}) considerada em projeto foi de 14MPa. Para o 7º e 8º pavimento, a resistência característica da argamassa de assentamento (f_{ak}) foi de 10MPa. Entre 9º e o 11º pavimento foi considerada de 7MPa. Do 12º pavimento ao reservatório superior a resistência característica da argamassa de assentamento (f_{ak}) foi de 5MPa. O volume total previsto em projeto para argamassa foi de 16,66m³.

Quanto ao recebimento, a obra realizava as programações de entrega junto ao fornecedor. Na nota fiscal, sempre eram conferidas as informações quanto ao prazo de validade, indicação do tipo de argamassa embalada quanto a sua resistência característica (14MPa, 10MPa, 7MPa ou

5MPa) e data de fabricação, de modo que cada carga era considerada um lote. Nenhuma carga apresentou problema sendo assim todas foram aceitas. A obra terceirizou um laboratório especializado para realizar o ensaio de resistência à compressão axial e resistência à tração na flexão devido recomendações do setor de qualidade da empresa.

Para cada alteração na resistência característica (conforme citadas acima), foram separados dois sacos de argamassa (20 Kg) fechados, retirados diretamente com o fornecedor na usina antes do abastecimento, sendo um destinado ao laboratório para realização dos devidos ensaios e o outro armazenado na obra em caso de necessidade de contraprova. Todos os ensaios apresentaram bons resultados superando as considerações de projeto. Foram considerados 2 sacos por se tratar da menor quantidade possível para ser armazenada garantindo a integridade do material, sendo que cada um iria para o seu respectivo destino.

2.2.3 Graute

Para o fornecimento do graute foi definido previamente pelo planejamento da obra que seria usinado com a utilização de caminhão betoneira. A programação de recebimento era organizada com pelo menos 1 semana de antecedência juntamente ao fornecedor. Todo caminhão betoneira abastecido com graute destinado à obra, primeiramente tinha sua nota fiscal conferida, para identificar se os dados da entrega correspondem com as informações do empreendimento. O número do lacre presente na nota fiscal deveria sempre ser o mesmo no lacre presente na calha da betoneira, não podendo este estar violado. Com isso o graute estaria liberado para a realização do teste de abatimento de tronco de cone (slump), conforme recomendação da NBR NM 67, (ABNT,1998). Para todos os casos o graute apresentou um bom resultado estando dentro da tolerância (21 ± 2 cm). Na sequência sempre se realizava uma inspeção visual para compreender se a mistura estaria bem homogênea e com uma boa trabalhabilidade. Outra informação relevante presente na nota fiscal era o horário de saída da usina do caminhão, pois o limite máximo de tempo para utilização do graute considerado era de 2h30min a partir deste horário.

Após a liberação do slump o graute era despejado em caixas (Figura 15) que subiam através do elevador cremalheira até o pavimento em execução, sendo posicionado em um local estratégico para agilizar o processo de grauteamento.

Figura 15 - Caixas de graute



Fonte: foto do autor

No 3º e no 6º pavimento a resistência característica considerada em projeto para o graute(f_{gk}) foi de 30MPa. Para o 7º e 8º pavimento a resistência característica considerada foi de 25MPa. Do 9º ao 11º pavimento a resistência característica do graute(f_{gk}) foi de 20MPa. Do 12º ao 15º pavimento, cobertura e reservatório superior, a resistência característica considerada em projeto foi de 15MPa. A obra terceirizou uma empresa especializada para realização do teste de abatimento e da moldagem de 2 corpos de prova (CPs) para cada caminhão que viesse a realizar o fornecimento de graute. Para cada um dos CPs moldados foi realizado o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias. Em nenhum caso apresentaram resultados inferiores aos de projeto.

2.2.4 Armadura

A obra realizou a compra do aço de forma prévia para que fosse fornecido cortado e dobrado (estribos para as vigas calhas), para agilizar o processo de grauteamento. Para o recebimento

do aço, primeiramente era conferido se o material estava destinado para obra correta, assim como se o pedido explicitado na nota fiscal estava conforme o programado com o fornecedor. Cada entrega era considerada um lote, de modo que se realizava uma contagem de pelo menos três feixes do caminhão, verificando se as quantidades e barras de aço presentes no feixe estavam condizentes com as informadas nas etiquetas de identificação. Além disso era verificada se em pelo menos uma barra de cada feixe possuía a identificação do fabricante juntamente com a bitola. O transporte quase sempre ocorria com a utilização de caminhão munck. O armazenamento das barras era realizado em baias (Figura 16), com o intuito de evitar o contato com o solo, estas separavam as barras por bitola com o objetivo de agilizar o processo de execução.

Figura 16 - Baia de aço organizada



Fonte: foto do autor

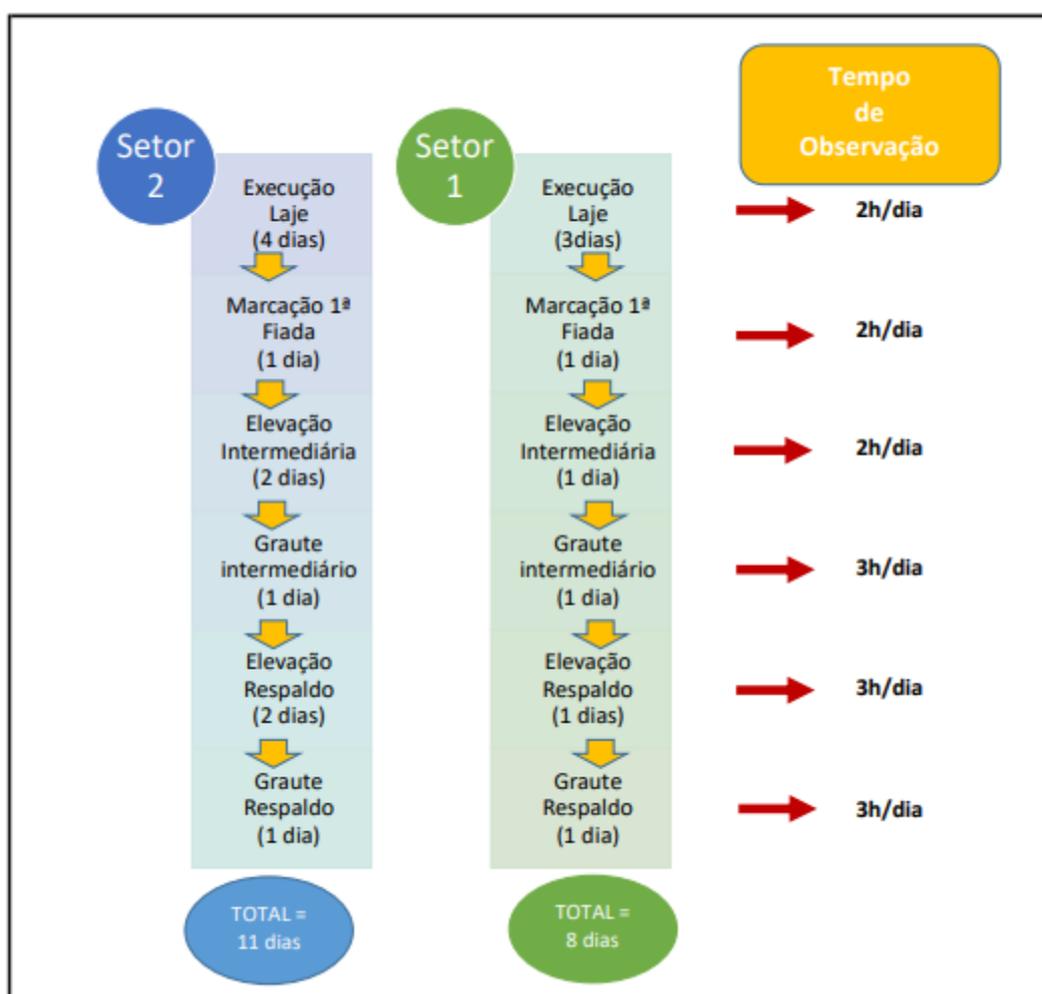
Para a armadura dos pilares de alvenaria no tipo 1, foram consideradas barras de $\varnothing 16\text{mm}$, cortadas com 1,7m e 2,4m, resultando um traspasse de 70cm. No tipo 2, foram consideradas barras de $\varnothing 12,5\text{mm}$ no 6º pavimento e barras de $\varnothing 10\text{mm}$ no 7º e 8º pavimento, cortadas com 1,6m e 2,3m para o 6º pavimento, resultando um traspasse de 60cm e com 1,5m e 2,2m para o 7º e 8º, com o traspasse de 50cm. Para a armadura dos pilares de alvenaria no tipo 3, foram consideradas barras de $\varnothing 10\text{mm}$, cortadas com 1,5m e 2,2m, resultando um traspasse de 50cm. No tipo 4, foram consideradas barras de $\varnothing 10\text{mm}$, cortadas com 1,5m e 2,2m, resultando um traspasse de 50cm. Para a fiada de respaldo, nas situações em que existiam o encontro de

paredes, ocorre a inserção da armadura de ligação no formato “L”, com 2 ϕ 10mm e 80cm de comprimento, além de 2 barras ϕ 10mm soltas dentro da calha.

3 MÉTODO

O presente relatório técnico tem por finalidade a apresentação de um estudo de caso referente às etapas de execução de um sistema construtivo em alvenaria estrutural realizado com blocos cerâmicos, compreendendo as suas fases desde a primeira laje maciça até a finalização da estrutura do volume superior da torre. O enfoque principal do relatório se deu com a descrição das quatro etapas da alvenaria estrutural, sendo elas: a execução da laje do tipo, a marcação da primeira fiada, a elevação da alvenaria e o grauteamento. A figura 17 apresenta o fluxograma das etapas executivas.

Figura 17 - Fluxograma das etapas executivas



Fonte: o autor

- a) 1ª Etapa: a atividade avaliada nesta etapa teve o foco voltado para a conferência das esperas de graute que eram posicionadas juntamente às armaduras positivas e negativa da laje.
- b) 2ª Etapa: com os eixos definidos em projeto, estes eram materializados em canteiro para que servissem de referência na marcação da 1ª fiada. O mapeamento da laje, a definição do posicionamento do bloco de referência (ponto mais alto) e conferência das janelas de inspeção também eram verificados nesta etapa.
- c) 3ª Etapa: a elevação ocorria em dois momentos, sendo a primeira até a fiada intermediária e a segunda até a fiada de respaldo.
- d) 4ª Etapa: o grauteamento ocorria em duas etapas, sempre após a finalização das fases de elevação. Todas as janelas de inspeção deveriam estar tamponadas, assim como frestas e vãos. O acompanhamento durante a execução ocorria para identificação de possíveis vazamentos durante o processo.

A primeira etapa deste relatório ocorreu através da avaliação e estudo dos projetos executivos da obra com a finalidade de identificar possíveis incompatibilidades que impediriam o seu início.

Por conseguinte, foi realizado o acompanhamento das etapas de execução da alvenaria. Neste momento, as tarefas realizadas pelos pedreiros durante a construção, foram monitoradas com a finalidade de identificar erros que aconteciam que quando detectados eram corrigidos durante o processo.

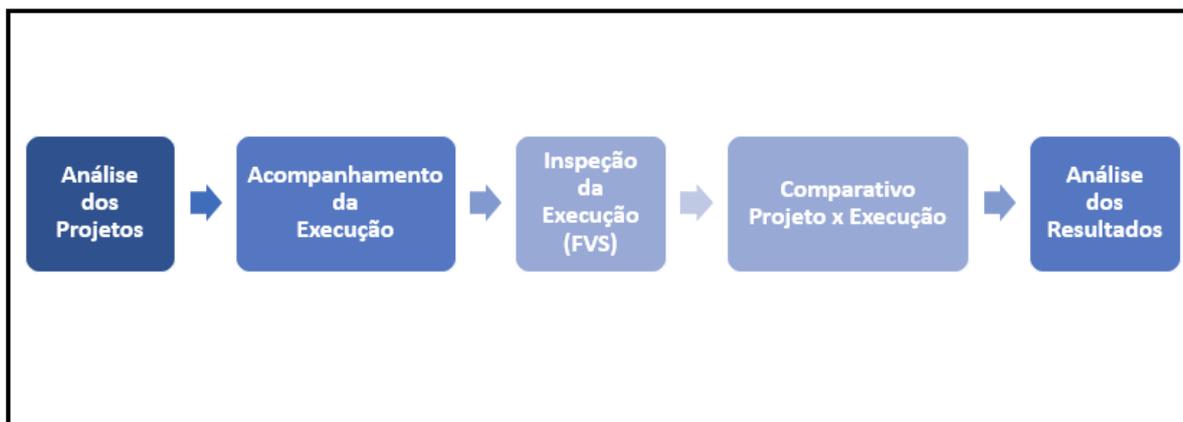
Em sequência, ao término de cada fase, foram realizadas inspeções in loco para conferência de etapas como: nível, prumo, espaçamento de vãos de porta, dimensão dos cômodos e armação dos pontos de graute. Para isso foi utilizada uma ficha de verificação de serviço (FVS) com o auxílio de um tablet.

Posteriormente ocorreu a realização de uma última análise em campo com o objetivo de avaliar se os processos já executados estariam certos. Foi efetuada uma conferência visual do projeto e comparação com a execução realizada.

Por fim o autor avaliou todas as etapas descritas e realizou uma análise das atividades executadas comparando se elas estariam de acordo com as normativas recomendadas pela NBR 16868 – 1 (ABNT 2020) e NBR 16868 – 2 (ABNT 2020).

O fluxograma detalhado na Figura 18, ilustra o passo a passo para elaboração deste relatório técnico

Figura 18 - Fluxograma para montagem do relatório



Fonte: o autor

4 ETAPAS DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Para o início do ciclo da alvenaria, era necessário que a laje do tipo estivesse finalizada em pelo menos um dos setores (setor 1 ou 2). As atividades aconteciam concomitantemente de forma alternada, de modo que quando a equipe da alvenaria se encontrava realizando suas respectivas atividades (Figura 19) em um dos setores, a equipe da forma e armadura estava realizando o preparo para a concretagem da laje no setor ao lado (Figura 20).

Figura 19 - Elevação da alvenaria no setor 2



Fonte: arquivo da empresa

Figura 20 - Concretagem da laje no setor 1

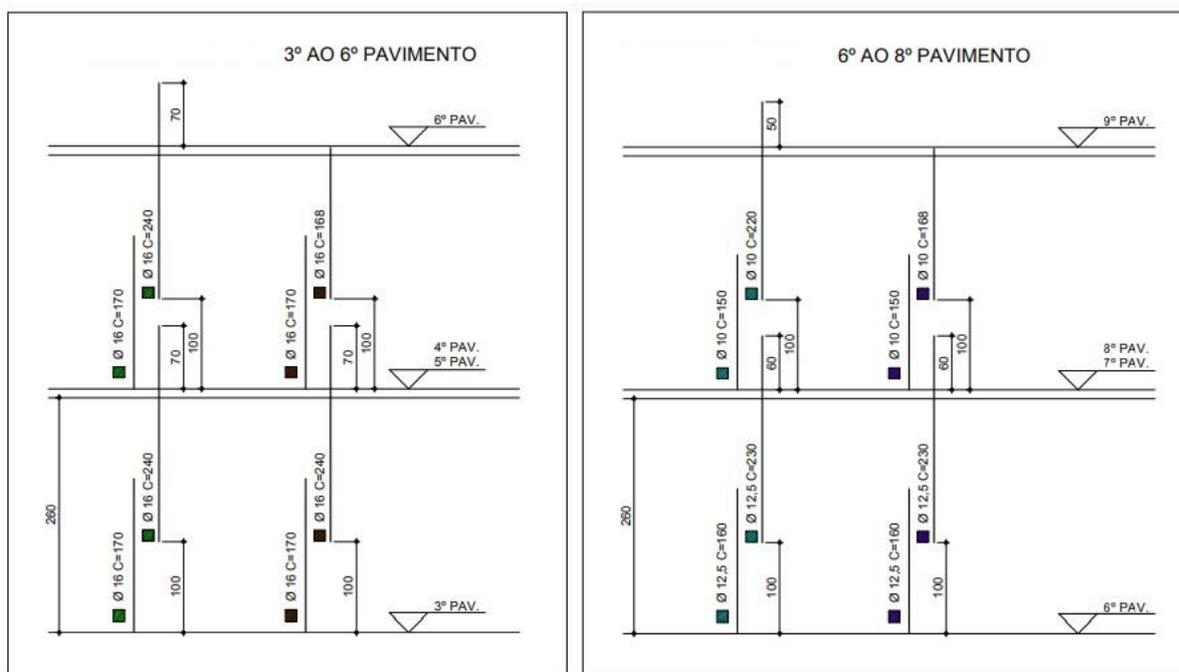


4.1 Execução da laje

A realização da laje do pavimento tipo foi considerada a fase inicial para o ciclo de execução da alvenaria. Como este relatório técnico tem por finalidade demonstrar o acompanhamento das fases executivas da alvenaria estrutural, para esta etapa serão ressaltadas apenas as barras (aço CA-50) de graute que possuíam a função de garantir o comprimento por traspasse mínimo conforme as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014), chamada de norma de estruturas de concreto, que foram apresentadas em projeto conforme as Figuras 21 e 22.

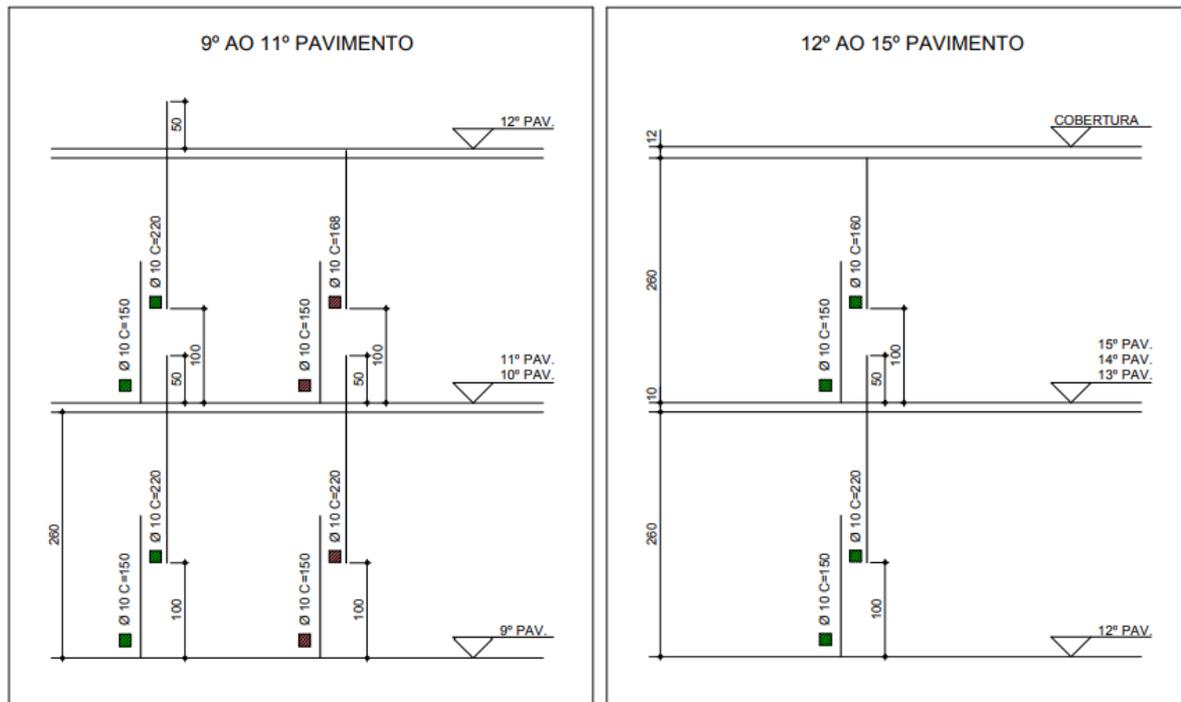
Recordando o item 2.2.4, antevendo a concretagem da laje, todas as esperas de graute eram conferidas (bitola e comprimento), a fim de garantir que estivessem em condições para dar sequência a etapa de marcação da 1ª fiada.

Figura 21 - Detalhe para traspasse das barras de graute 3º ao 8º



Fonte: arquivo da empresa

Figura 22 - Detalhe para traspasse das barras de graute 9° ao 15° pav



Fonte: arquivo da empresa

Durante a concretagem era realizado o acompanhamento para que todas as esperas se mantivessem em posição perpendicular (Figura 23) à laje com o intuito de não gerar interferências no processo de marcação da alvenaria.

Figura 23 - Esperas de graute após concretagem da laje do 4º pavimento



Fonte: foto do autor

4.2 Marcação da primeira fiada

Na etapa de marcação da primeira fiada os itens de transferências dos eixos e mapeamento dos níveis da laje são essenciais para que garantam a sequência das atividades com qualidade. Sendo assim estes itens serão explicitados nos próximos tópicos.

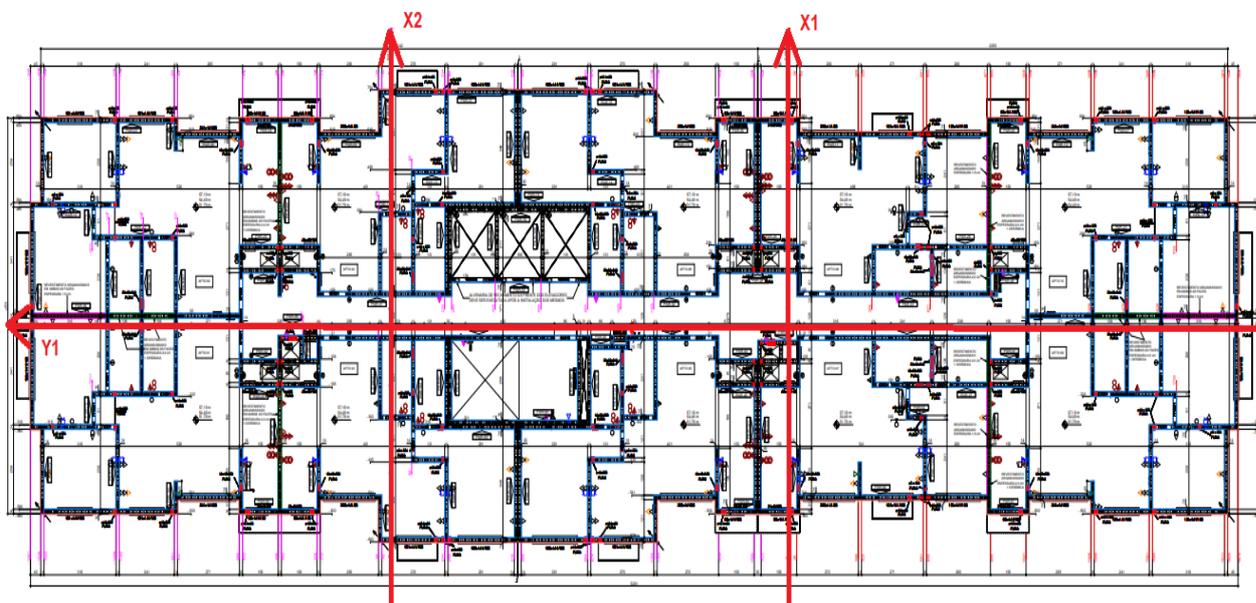
4.2.1 Transferência dos eixos

De acordo com a NBR 16868-2 (ABNT, 2020), para que seja garantida a precisão geométrica nas paredes que venham a ser elevadas, a marcação deverá ser precisa. A presença dos eixos (Figura 24) de referência deverá estar indicada em projeto para definição das medidas que localizam as paredes.

Deste modo, diante dos eixos especificados (X1, X2 e Y1) a primeira alvenaria foi referenciada com o auxílio do gabarito de locação. Para os andares subsequentes, foram instalados ganchos

(Figura 25) que auxiliam na marcação, de modo que a transferência dos eixos ocorreu com a utilização de um prumo de centro. Para garantia exata da marcação dos eixos principais nos ganchos, uma ranhura foi realizada. Segundo Manzione (2007, p.41) os eixos de locação devem possuir suas medidas acumuladas a partir da origem até a face dos blocos.

Figura 24 - Projeto executivo com marcação dos eixos



Fonte: arquivo da empresa

Figura 25 - Ganchos para transporte de eixo Y1



Fonte: arquivo da empresa

4.2.2 Mapeamento da laje

No dia seguinte após a concretagem da laje, com a utilização de um nível laser previamente calibrado, eram conferidos os níveis dos quatro cantos e no meio do pavimento para determinar a espessura da junta de assentamento da primeira fiada conforme a Figura 26. O valor mínimo tolerado da espessura dessa junta era de 5mm e o valor máximo não poderia ultrapassar 20mm, conforme recomendação de projeto e de acordo com a NBR 16868 (ABNT, 2021).

Figura 26 - Mapeamento laje do 5º pavimento – setor 1

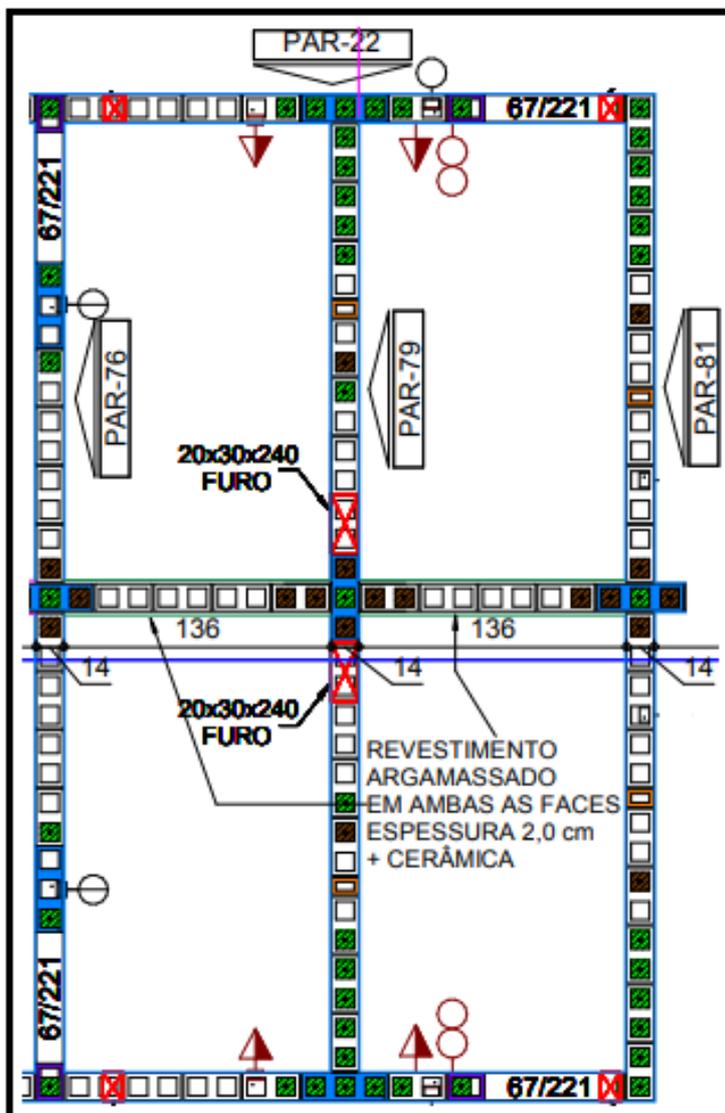


Fonte: arquivo da empresa

4.2.3 Primeira fiada

O assentamento dos blocos sempre se iniciava pelos cantos e nos principais pontos de amarração. Toda primeira fiada (Figura 27) era colocada em nível levando em consideração o ponto mais alto da laje. Para a garantia do alinhamento da fiada inicial, um fio de nylon era preso e esticado entre os blocos estratégicos, sendo um guia durante a execução. A argamassa de assentamento utilizada na realização da primeira fiada era a mesma para a execução da elevação.

Figura 27 - Marcação da primeira fiada dos banheiros



Fonte: arquivo da empresa

Figura 28 - Execução da primeira fiada dos banheiros 3º pavimento

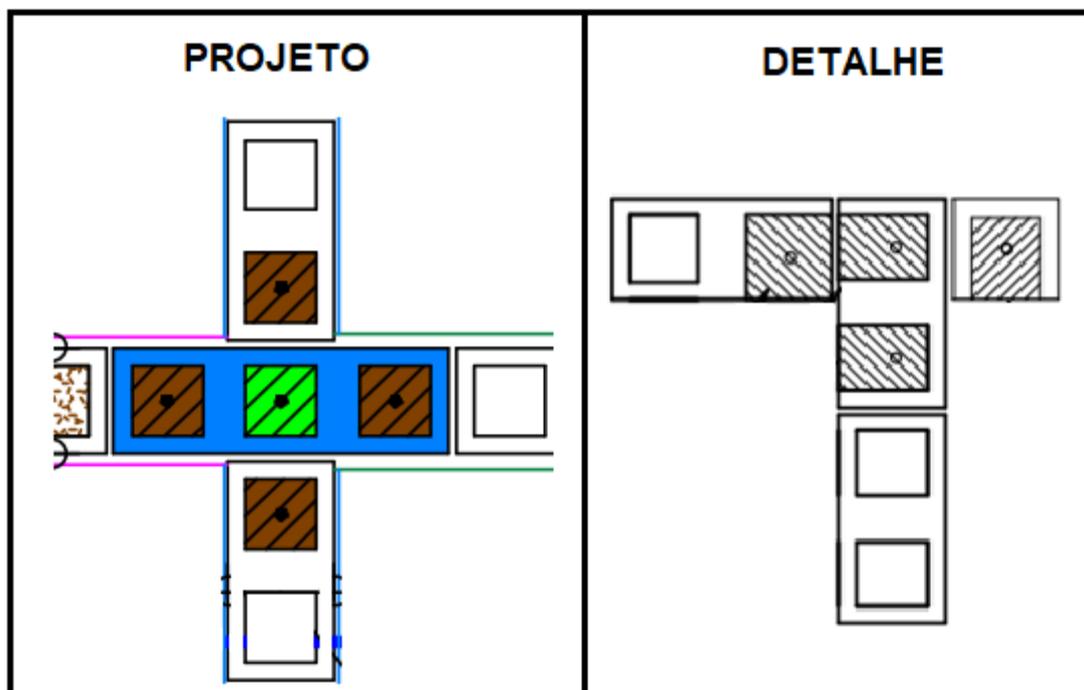


Fonte: foto do autor

A importância em que a planta de modulação fosse seguida fielmente e não sofresse adaptações sem a consulta do projetista, a NBR 16868-2 (ABNT, 2020), ainda ressalta que para o assentamento, a argamassa deve preencher toda a área do bloco e em caso de movimentação ou ajuste no bloco, a argamassa deveria ser removida por completo e uma nova recolocada.

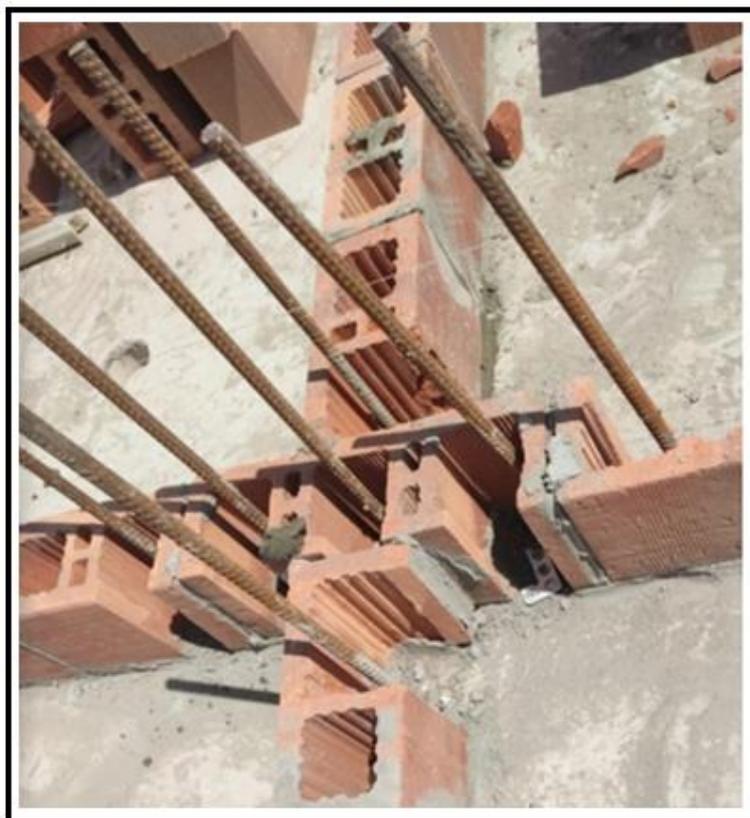
O projeto executivo não especificava na sua modulação quais os blocos que deveriam possuir janelas de inspeção, mas pontuava através de um detalhe com uma imagem genérica (Figura 29), que na base de todos os pilaretes grauteados deveriam ser realizadas uma abertura nos blocos (corte com disco) para limpeza deles, sendo este mesmo procedimento adotado quando os pilaretes trespassarem uma contraverga e fossem concretados em duas etapas. Os blocos utilizados como janela de inspeção (Figura 30) foram cortados previamente antes do assentamento. Com o auxílio do projeto, todos os arranques dos pontos de graute eram conferidos para identificação se estavam locados conforme recomendações.

Figura 29 - Detalhe de projeto das janelas de inspeção



Fonte: arquivo da empresa

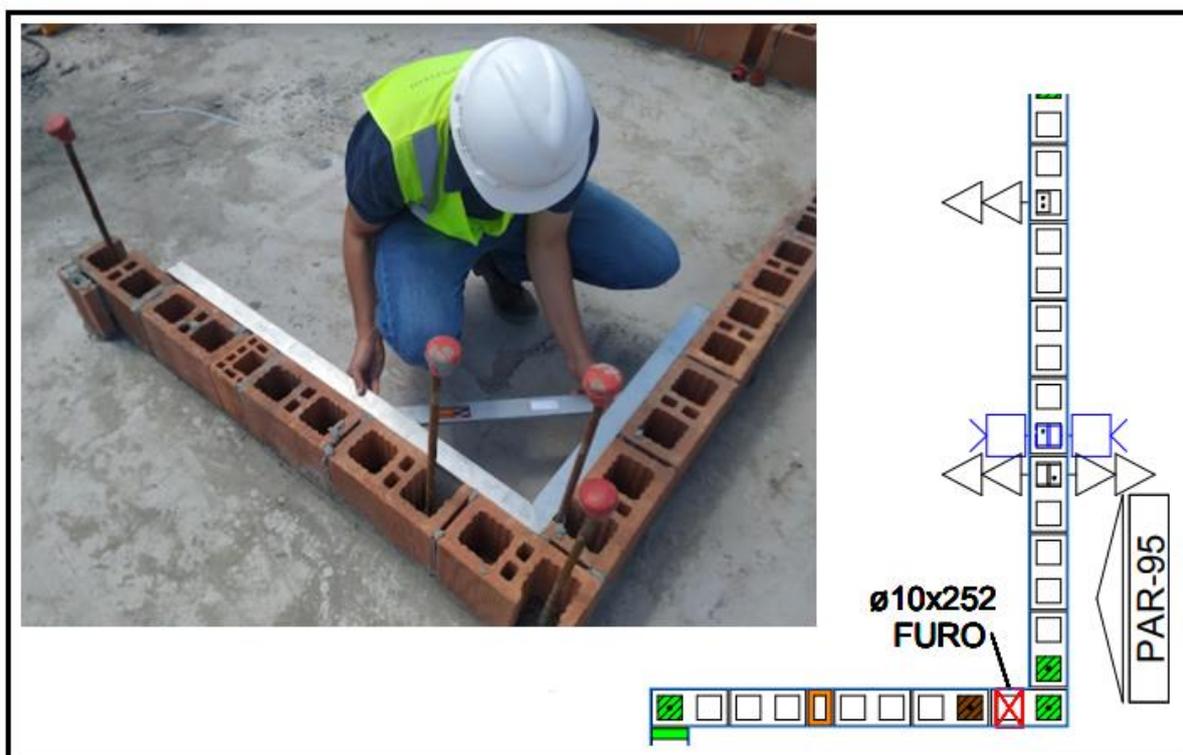
Figura 30 - Detalhe de execução das janelas de inspeção



Fonte: foto do autor

Com a utilização de um esquadro (Figura 31) e uma régua de prumo calibrados, era realizada a conferência em todos os cantos, em busca de possíveis irregularidades quanto à falta de esquadro e prumo das paredes. Os desaprumos e desalinhamentos máximos tolerados para as paredes eram de 10mm, para cada pavimento, atendendo às recomendações da NBR 16868 -2 (ABNT, 2020). Os espaçamentos entre vãos de porta eram pontos críticos que mereciam uma atenção redobrada, de modo que acarretaria danos futuros quanto à instalação das esquadrias caso não fossem respeitados. Somente ao término destas conferências a elevação da parede seria liberada. Quando fosse necessário furar e colar esperas para pilaretes grauteados, em caso da ausência desta ou no caso de uma necessidade de retirada para ajuste, visando realocar esta dentro do bloco, esta etapa deveria ser feita após o assentamento da 1ª fiada, visando assim o posicionamento correto das células.

Figura 31 - Conferência com esquadro



Fonte: foto do autor e arquivo da empresa

O acompanhamento durante a execução era importante para a garantia que a planta de modulação fosse seguida fielmente e não sofresse adaptações sem a consulta do projetista.

4.3 Elevação da alvenaria

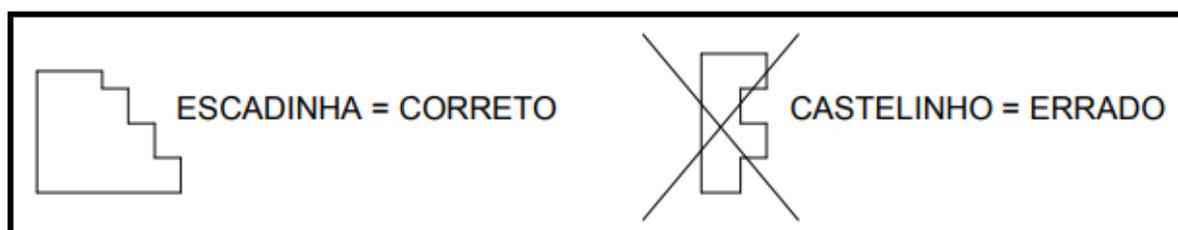
O processo de elevação da alvenaria ocorria em dois momentos, sendo o primeiro até a quinta fiada ou até a contraverga das janelas, e em um segundo momento até a última fiada, também conhecida como cinta de respaldo.

4.3.1 Elevação da alvenaria intermediária

Uma das etapas mais importantes para execução de um edifício realizado no sistema de alvenaria estrutural é a fase de elevação, pois se torna necessário a garantia da execução, por se tratar de uma qualidade intrínseca da edificação, no que diz respeito a conformidade, confiabilidade, desempenho e durabilidade (RICHTERL, 2007).

Após o término de toda primeira fiada de marcação, a elevação da alvenaria se iniciava. A largada era dada pelas paredes externas e posteriormente as internas, tendo o mesmo cuidado da marcação. Os panos de parede eram sempre guiados por dois pontos de referência, onde uma linha de nylon ficava esticada de uma extremidade a outra a cada fiada que fosse elevada. O projeto recomenda que o assentamento dos blocos tivesse as esperas deixadas nas paredes em elevação, para outras paredes transversais no formato “escadinha” (Figura 33) e em hipótese alguma no formato de “castelinho” (MANZIONE, 2007).

Figura 32 - Detalhe Projeto Escadinha x Castelinho



Fonte: arquivo da empresa

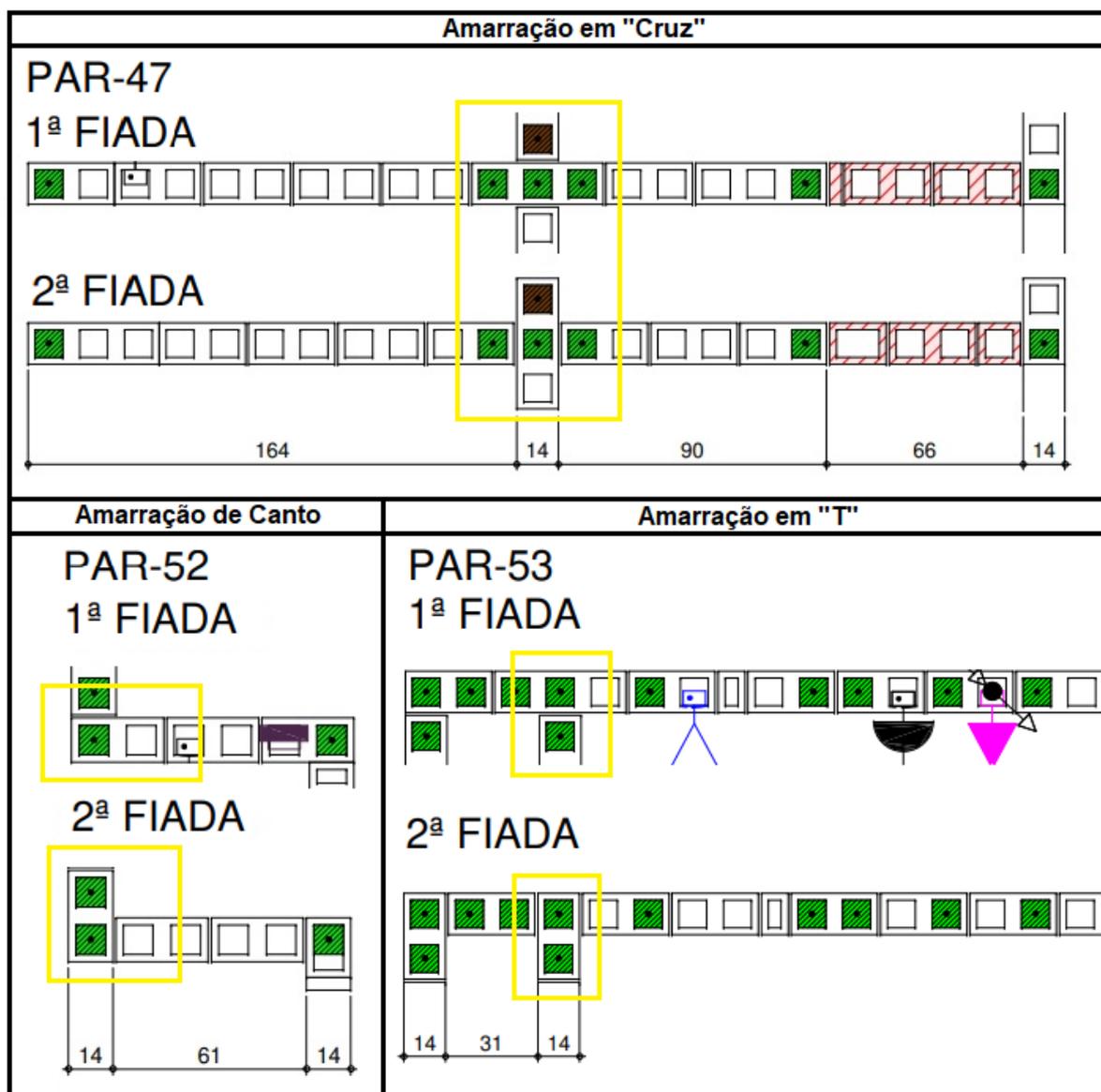
Figura 33 - Elevação das paredes internas no formato escadinha



Fonte: foto do autor

Para os dois primeiros pavimentos tipo (3º e 4º pavimentos) foram executados cordões transversais, conforme indicação de projeto, além dos longitudinais e verticais, executados em toda a torre. As juntas horizontais foram realizadas com a sobreposição da argamassa nas paredes longitudinais e transversais dos blocos, já para as juntas verticais, estas eram preenchidas com a aplicação de dois filetes de argamassa na parede lateral dos blocos, garantindo uma largura mínima de 30mm, conforme a NBR 16868 – 2 (ABNT, 2020). A aplicação da argamassa era realizada nas duas laterais do bloco, tornando o assentamento homogêneo. A amarração das fiadas seguia fielmente a descrita no projeto conforme Figura 34.

Figura 34 - Amarração tipo em "cruz", de canto e em "T"

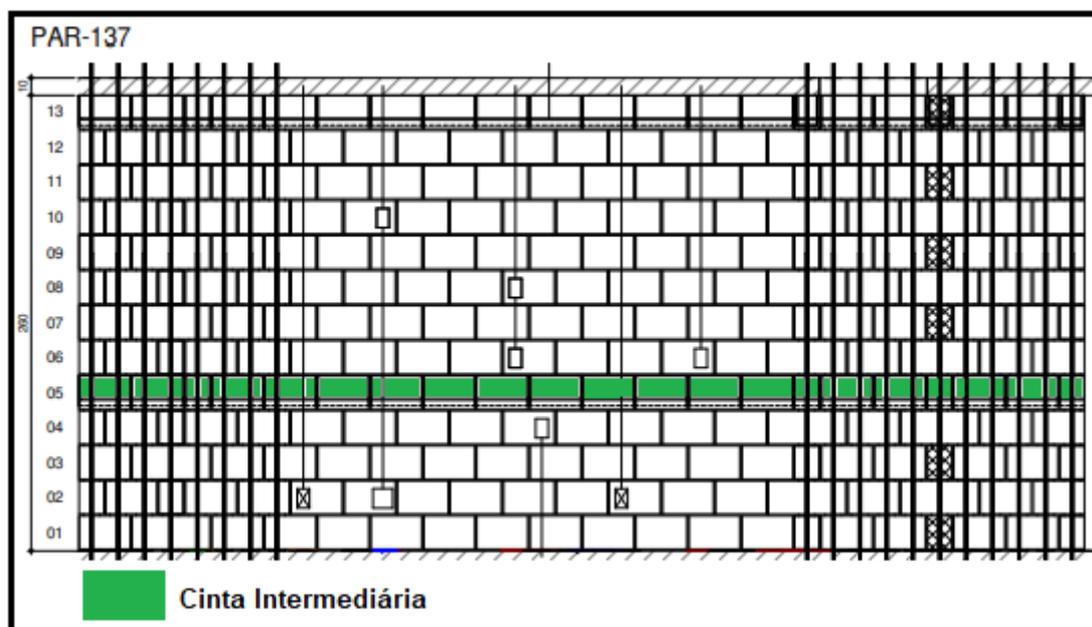


Fonte: arquivo da empresa

A alvenaria era elevada em um primeiro momento até os pontos onde existissem as contravergas das janelas ou a formação de cinta intermediária (Figura 35) de amarração, que eram realizadas com a utilização de blocos canaleta, que posteriormente seriam preenchidos com armadura e graute, desta forma dentro dos padrões sugeridos pela NBR 16868 – 2 (ABNT, 2020). Para o caso das cintas intermediárias, presentes em todas as cozinhas, o processo executivo gerou uma etapa a mais, devido a necessidade do grauteamento ocorrer em 3 etapas. Sendo assim, após consulta e validação com o projetista, para os andares com menor exigência

estrutural (12° ao 15°), a cinta deixou de ser executada, tornando esta etapa mais simplificada. A verificação do prumo, do nível e da planicidade da alvenaria, ocorreria durante todo o processo de elevação da alvenaria, pelo profissional que estiver executando (MANZIONE, 2007). Excessos de argamassa de assentamento eram removidos após o assentamento dos blocos, tanto nas faces internas quanto externas.

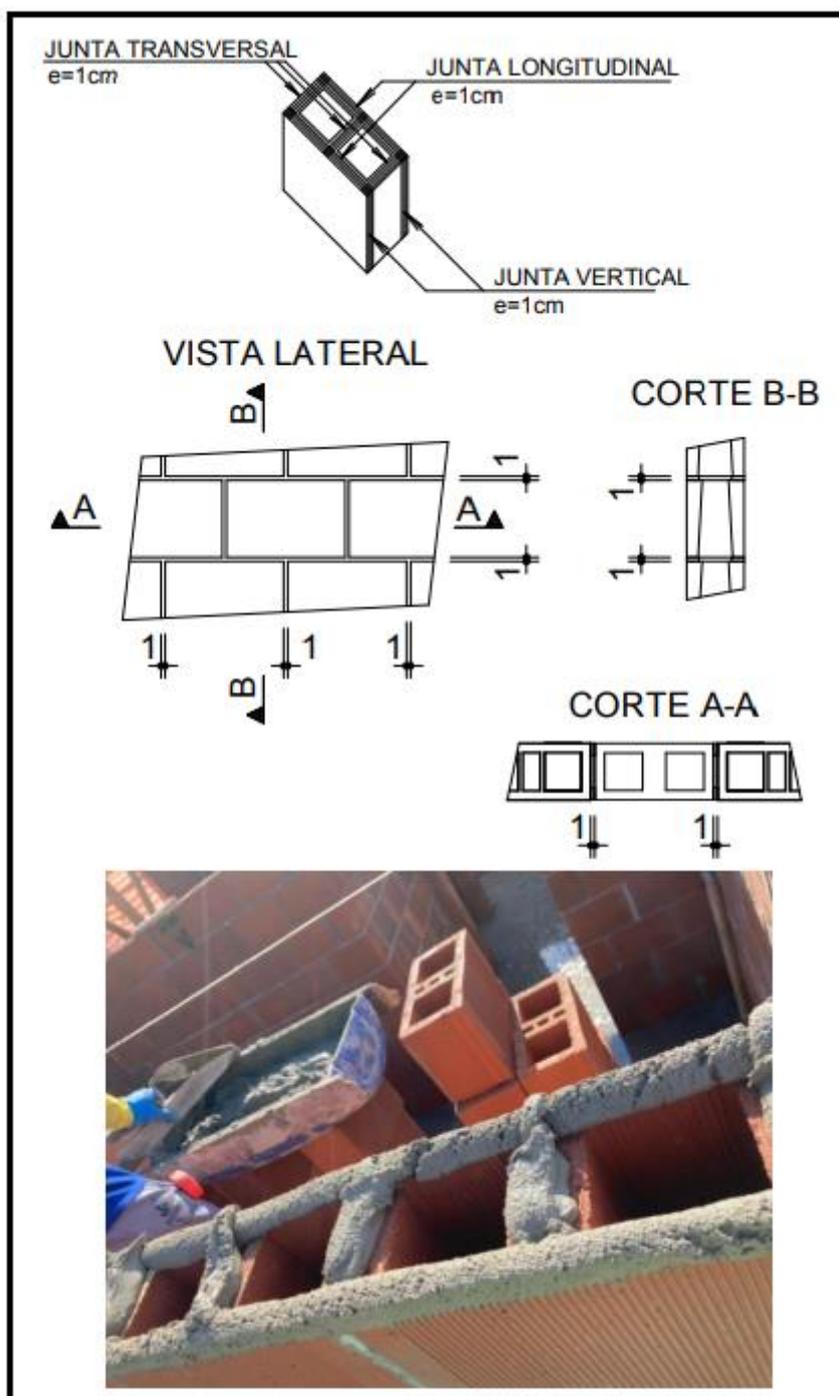
Figura 35 - Cinta intermediária da cozinha



Fonte: arquivo da empresa

De acordo com a NBR 16868 – 2 (ABNT, 2020), os cordões de argamassa de assentamento realizados, respeitavam os cuidados mínimos permanecendo dentro da tolerância dos 10mm (Figura 36), podendo ter uma margem de 3mm para mais ou menos nas juntas horizontais e verticais. Após o assentamento dos blocos durante a elevação, os mesmos não deveriam ser movimentados ou reposicionados, pois este movimento poderia acarretar um dano na aderência entre a argamassa e o bloco.

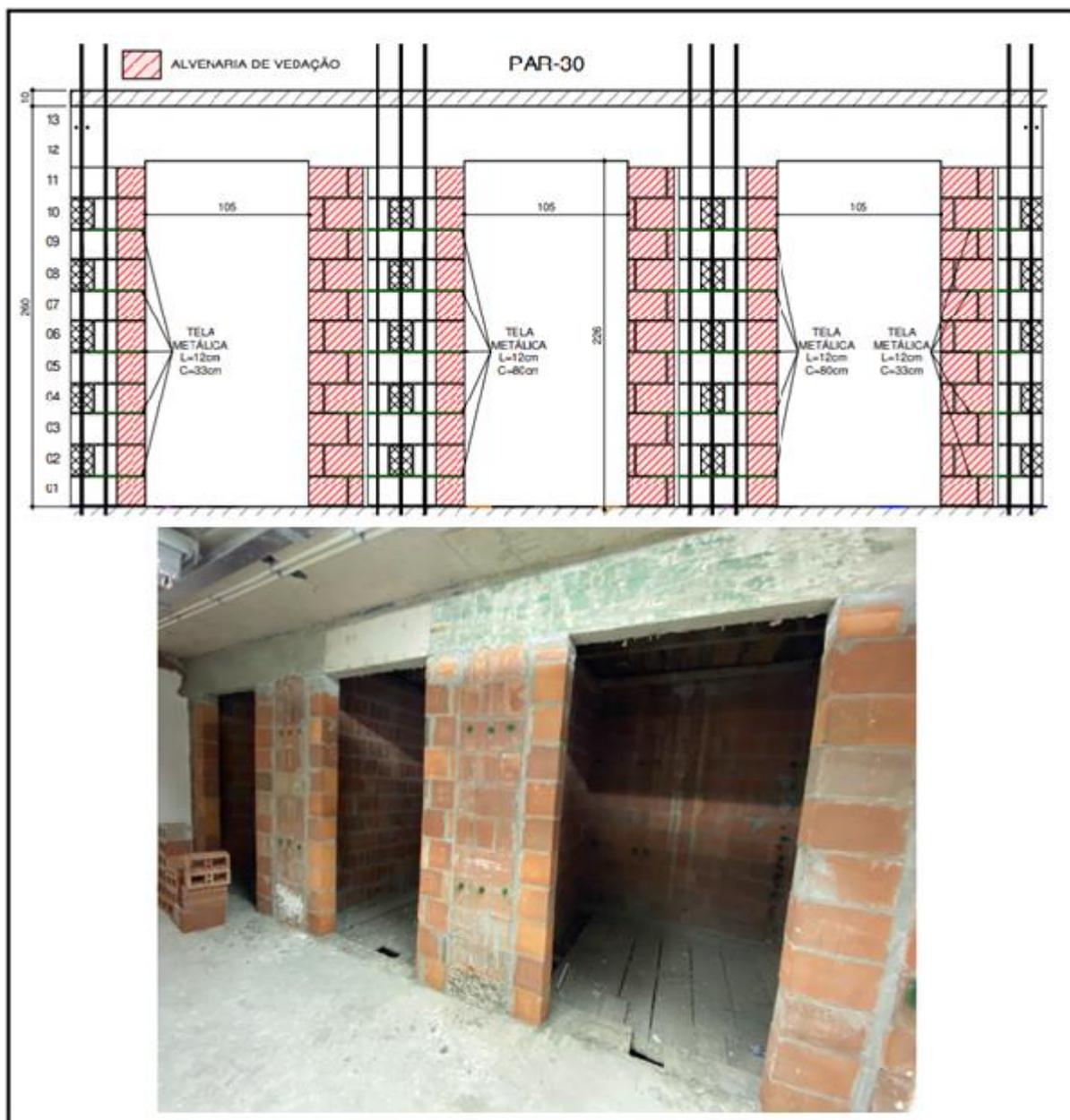
Figura 36 - Detalhe do preenchimento total das juntas de assentamento



Fonte: arquivo da empresa e foto do autor

A execução da alvenaria estrutural da caixa dos elevadores (Figura 37) era realizada em um primeiro momento, para que então a alvenaria de vedação pudesse ser realizada e cumprisse seu papel de finalização dos vãos das portas, onde eram utilizadas telas metálicas com 12cm de largura a cada duas fiadas, com a função de garantir a amarração entre os blocos. Para realização do fechamento dos vãos dos elevadores, também era realizada uma viga armada e concretada juntamente com a realização da laje do pavimento tipo.

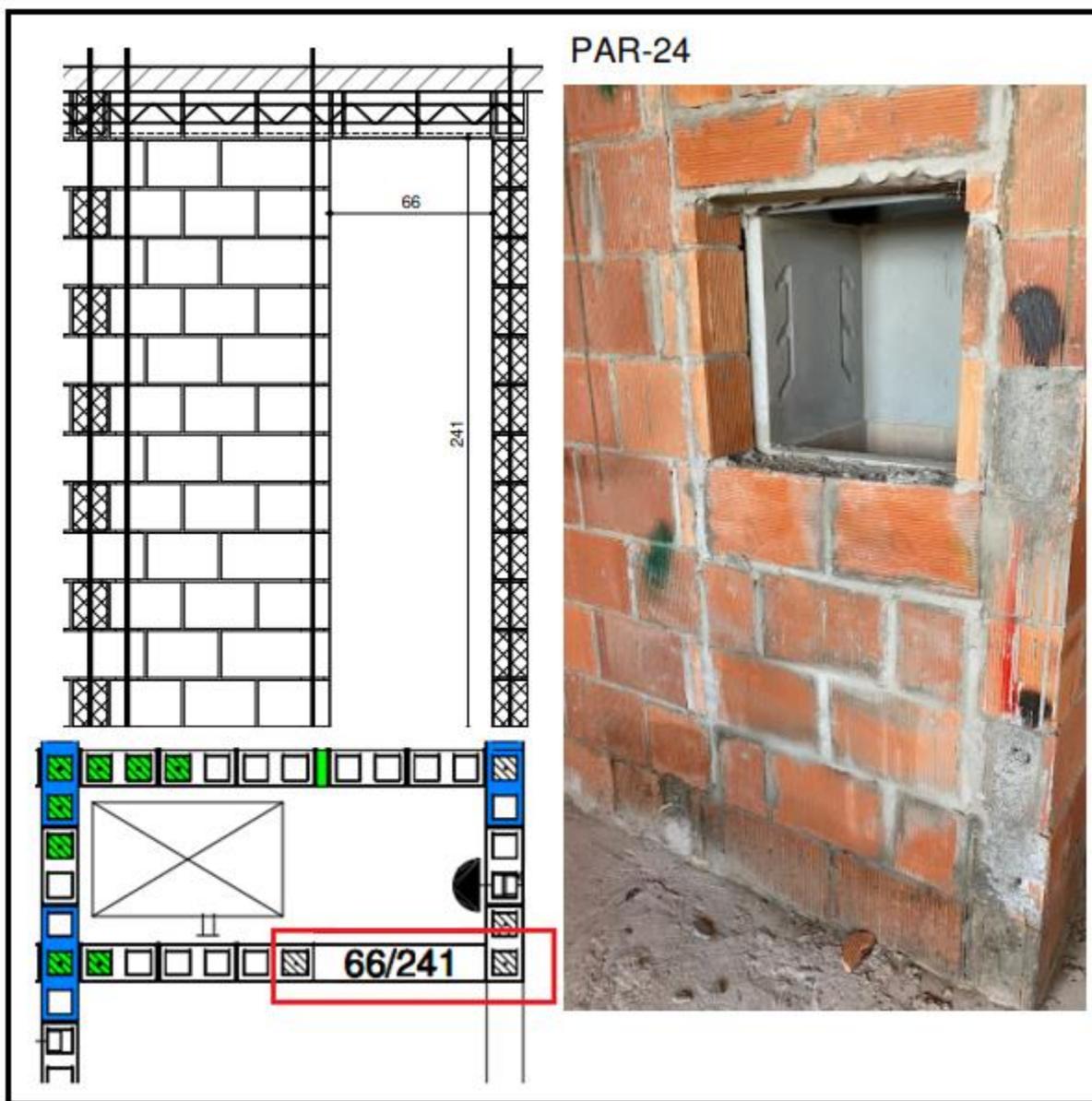
Figura 37 - Alvenaria poço do elevador



Fonte: arquivo da empresa e foto do autor

No projeto de modulação da alvenaria assim como no caderno de paginação, não constava detalhe quanto ao fechamento das churrasqueiras (Figura 38). A obra entrou em contato com o projetista para que fossem atualizadas as revisões com os detalhamentos executivos, para que então a elevação pudesse ser finalizada.

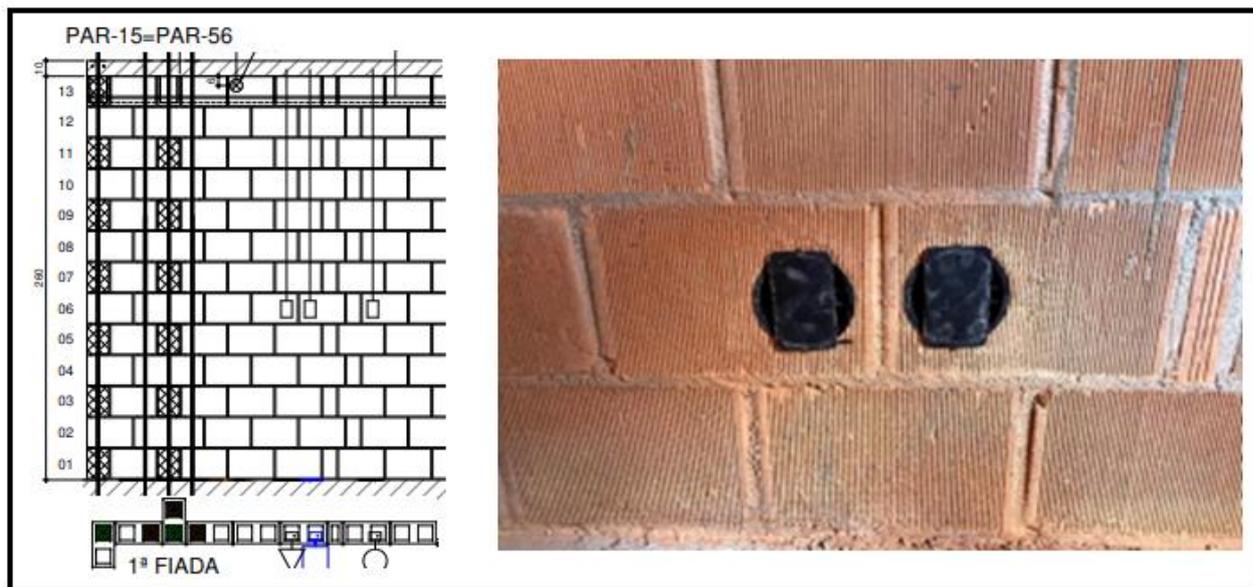
Figura 38 - Detalhe da alvenaria da churrasqueira



Fonte: arquivo da empresa e foto do autor

Os pontos de elétrica e lógica estavam identificados tanto na planta baixa de modulação quanto no caderno de paginação, de modo a serem instalados (Figura 39) em sequência, para que os eletrodutos pudessem ser fixados nas caixas de elétrica.

Figura 39 - Projeto x execução das marcações de elétrica e lógica

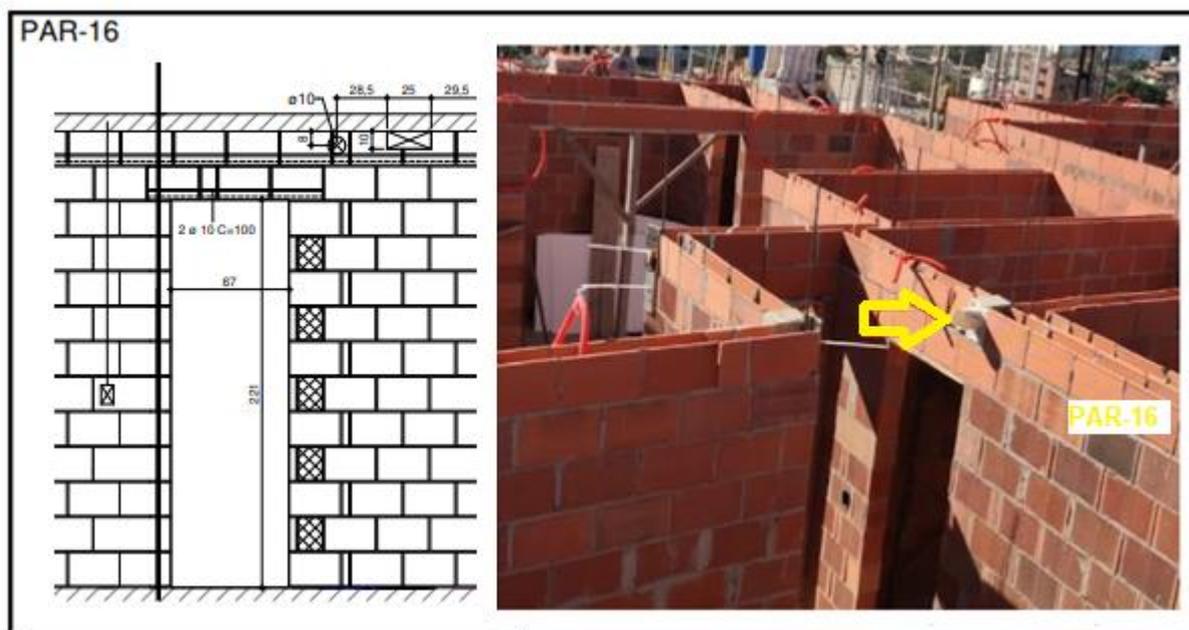


Fonte: arquivo da empresa e foto do autor

4.3.2 Execução da fiada intermediária até a fiada de respaldo

Esta etapa se iniciava realizando uma nova janela de inspeção logo após a realização da fiada superior ao ponto onde havia sido grauteado, para garantir o grauteamento do restante da parede. Com uma régua técnica ou um prumo de face, realizava-se a conferência das prumadas das janelas, utilizando como referência o pavimento inferior. Na existência de laje técnica abaixo da janela, a medida do canto da janela deveria ser transferida para o canto da laje técnica e rebatida na parte inferior para efetiva conferência. A obra realizou a execução de pré-moldados de concreto (Figura 40) que foram instalados nas fiadas de respaldo para as futuras passagens de ventilação, hidráulicas e elétricas.

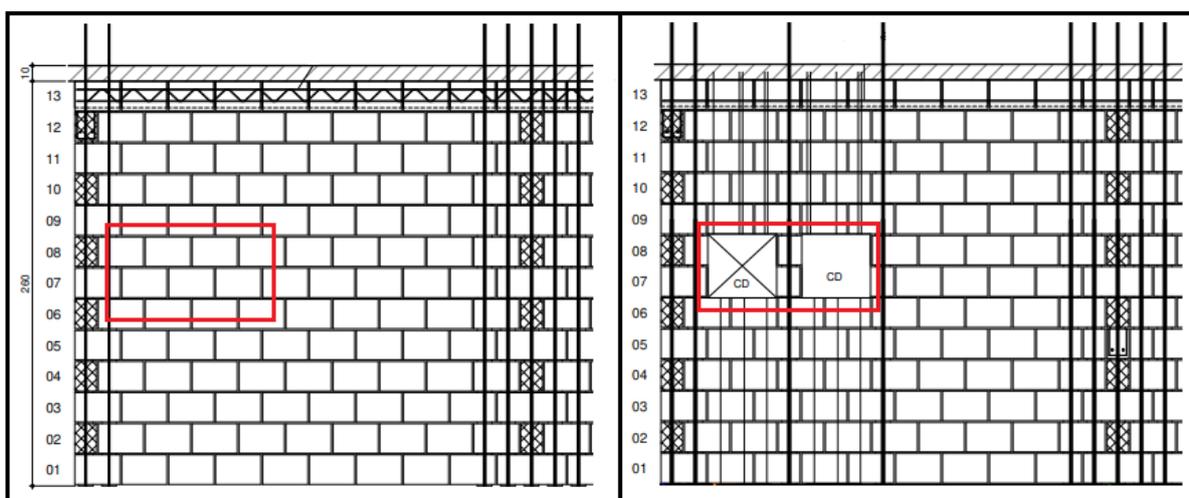
Figura 40 - Pré-moldado Instalado na fiada de respaldo



Fonte: arquivo da empresa e foto do autor

No projeto de paginação não foram considerados as caixas de distribuição de carga (Figura 41) em nenhuma parede, o que necessitou ser corrigido posteriormente em novas revisões, ocasionando um reforço com mais dois pontos de graute para cada parede nessa situação.

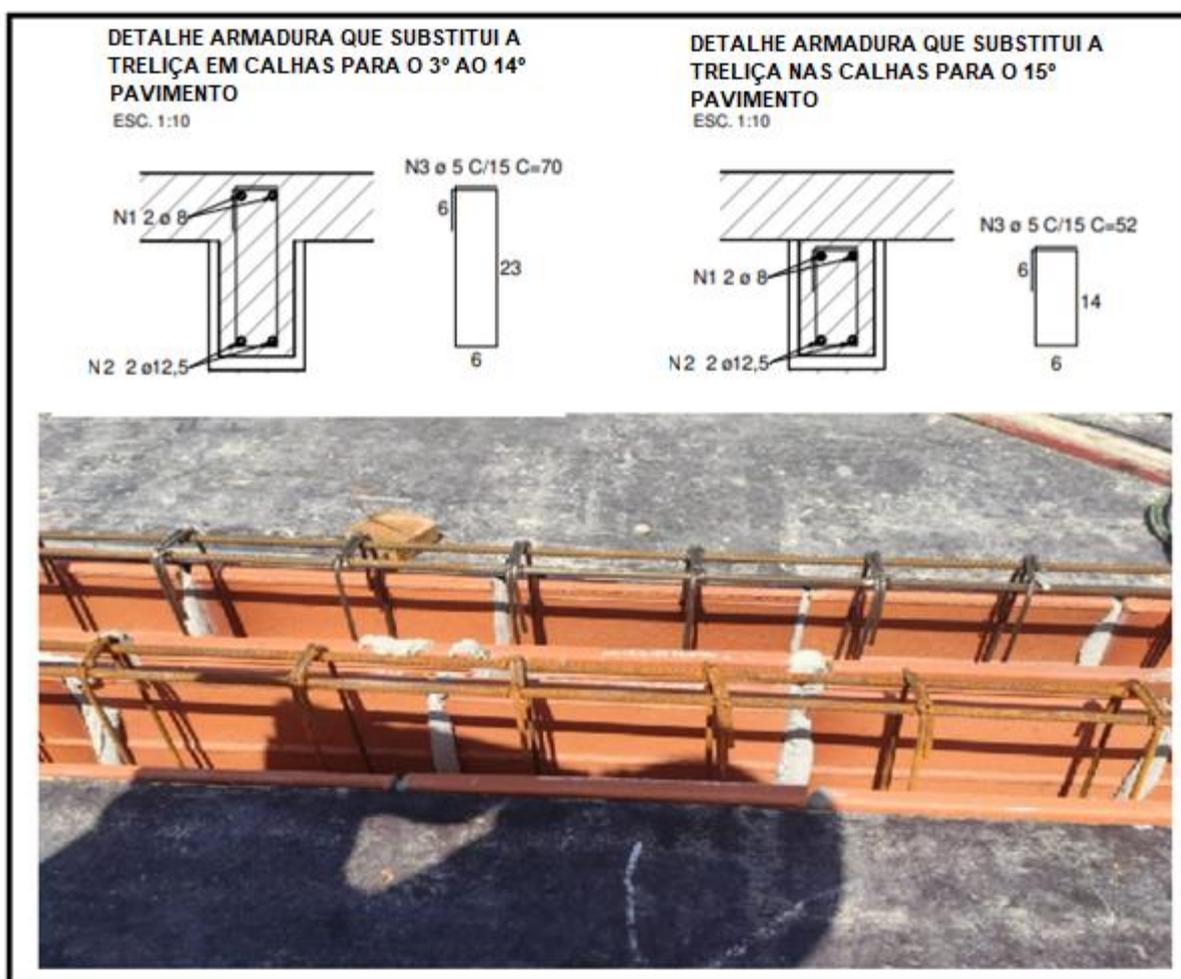
Figura 41 - Caixa de Distribuição



Fonte: arquivo da empresa

Ao término da 12ª fiada, era executada uma cinta de respaldo em concreto com o objetivo de solidarizar todas as paredes, sendo esta armada e moldada no local com o uso de blocos canaletas. De acordo com a NBR 16868 – 2 (ABNT, 2020), o grauteamento desta etapa pode ocorrer após a montagem das formas da laje, caso seja assegurada a não movimentação dos blocos canaleta assentados, durante todas as etapas do processo de execução. Para a armadura estavam previstas inicialmente treliças, que foram substituídas por vigas armadas (Figura 42) após definições alinhadas com o projetista.

Figura 42 - Bloco calha armada no 8º pavimento



Fonte: arquivo da empresa e foto do autor

4.4 Grauteamento

A graute tem a função de solidarizar a estrutura, provendo um aumento na resistência das paredes, aplicado em posições que receberão uma concentração maior de cargas, sendo assim o grauteamento ocorreu em duas etapas para esta edificação.

4.4.1 Intermediário

Primeiramente era realizada a conferência de todos os pontos de para-raios e elétrica antes da execução. Antevendo o grauteamento, as mangueiras elétricas deveriam estar isoladas, de modo a proteger e não deixar que o graute escorresse em seu entorno. Importante que todas as janelas de inspeção (Figura 43) estivessem fechadas com um compensado, juntamente com a utilização de uma fita hellerman e uma cunha para auxiliar em uma melhor fixação.

Figura 43 - Fechamento da janela de inspeção



Fonte: foto do autor

Ocorria a conferência das armaduras das contravergas juntamente com os espaçadores roseta, para garantir o devido posicionamento. Com o término da elevação da alvenaria estrutural até a fiada das canaletas das janelas ou até a quinta fiada, os pontos que estavam de encontro com as contravergas, eram preenchidos juntamente, de modo a serem grauteadas antes da sequência da elevação do restante da alvenaria sobre a contraverga, sendo assim garantiam o limite de 1,6

metros para o limite máximo de lançamento do graute conforme a NBR 16868 – 2 (ABNT, 2020).

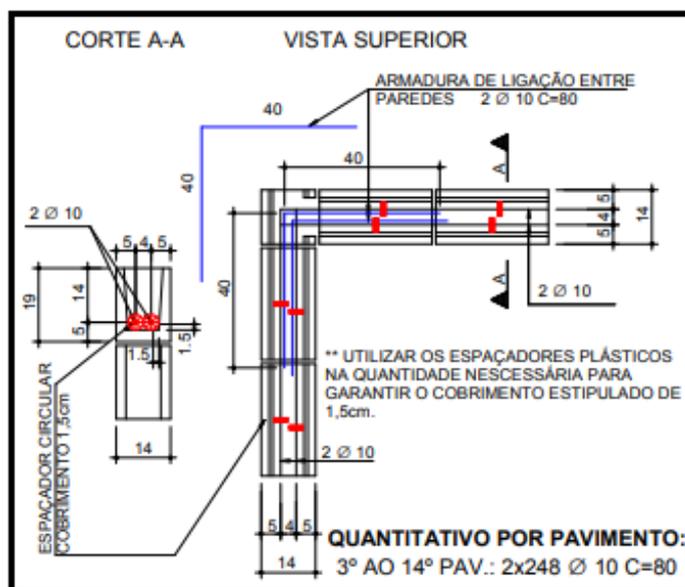
Os blocos eram umedecidos nos pontos onde fossem receber o grauteamento, a fim de evitar a absorção da água oriunda do graute (SABBATINI, 2003). Durante o enchimento e despejo do graute nos seus respectivos pontos, foram utilizadas baldes e latas, sempre buscando minimizar desperdícios, sendo estas boas práticas utilizadas pela obra. Para o adensamento um vergalhão era utilizado para garantir um total preenchimento dos pontos. Em nenhum caso foram utilizados vibradores de imersão nos pontos de graute, pois estes poderiam segregarem o material e afetar os blocos.

A duração entre o lançamento de duas camadas subsequentes nunca ultrapassou 30 minutos. Para a liberação da sequência do levantamento da alvenaria, era necessária a conferência do grauteamento das cintas intermediárias. Nos casos onde a contraverga tivesse ponto de graute ao lado das janelas, era realizada uma janela de inspeção na extremidade da contraverga, pois com isso seria possível realizar uma perfuração futura no devido ponto para conferência. A conferência final do serviço para verificação se todas as contravergas e pontos de graute foram preenchidos, era sempre realizada a fim de evitar um retrabalho. Quanto ao graute usinado recebido em obra, este nunca ultrapassou a duração de 2 h 30 min para sua utilização, considerando o momento em que ocorreu a adição de água.

4.4.2 Intermediário até o respaldo

Eram inspecionados antes do grauteamento o nível da fiada de respaldo (Figura 44), juntamente com as barras de espera de graute, para o recebimento e posicionamento da alvenaria do andar seguinte, eletrodutos, pré-moldado para as passagens futuras e o fechamento de todos os vãos e frestas que viriam a surgir.

Figura 44 - Armadura fiada de respaldo



Fonte: arquivo da empresa

Assim como na elevação intermediária eram realizadas as devidas limpezas internas dos vazados dos blocos, com o objetivo de remover a argamassa excedente, e na sequência os pontos que receberiam graute eram umedecidos. Eram realizadas também conferências nos tamponamentos das janelas a fim de evitar desperdícios com o vazamento do graute.

Figura 45 - Alvenaria pronta para o início do graute

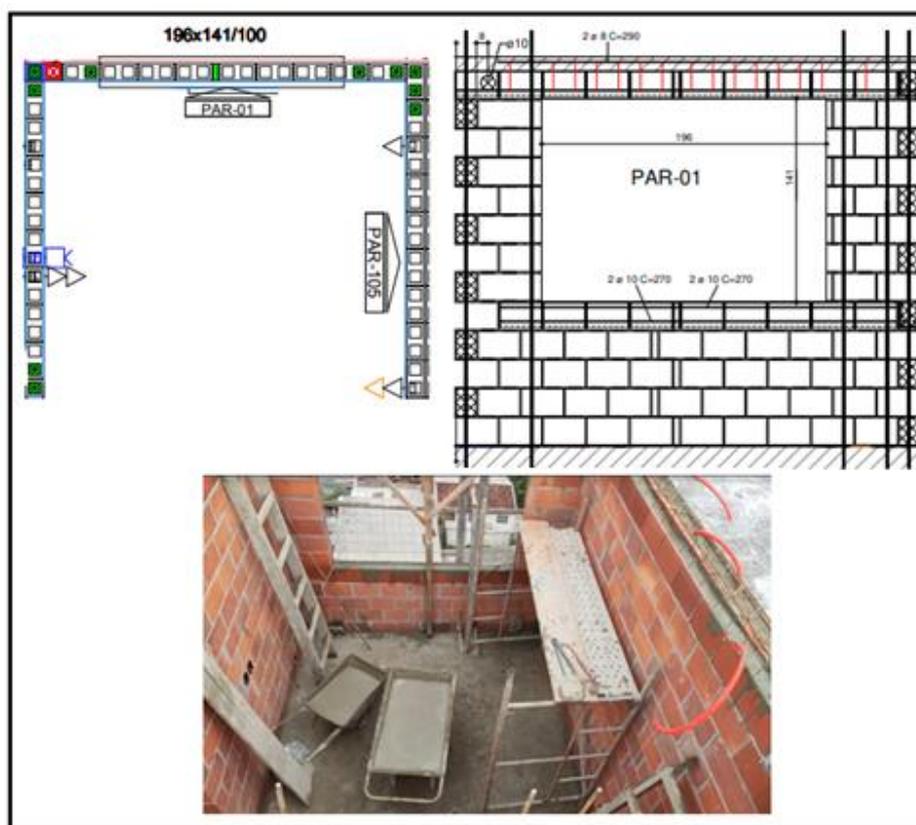


Fonte: foto do autor

Para o alcance tanto na elevação quanto no grauteamento eram montados andaimes (Figura 46) com plataformas. O graute era distribuído pelos serventes aos pedreiros responsáveis através de carrinhos ou giricas.

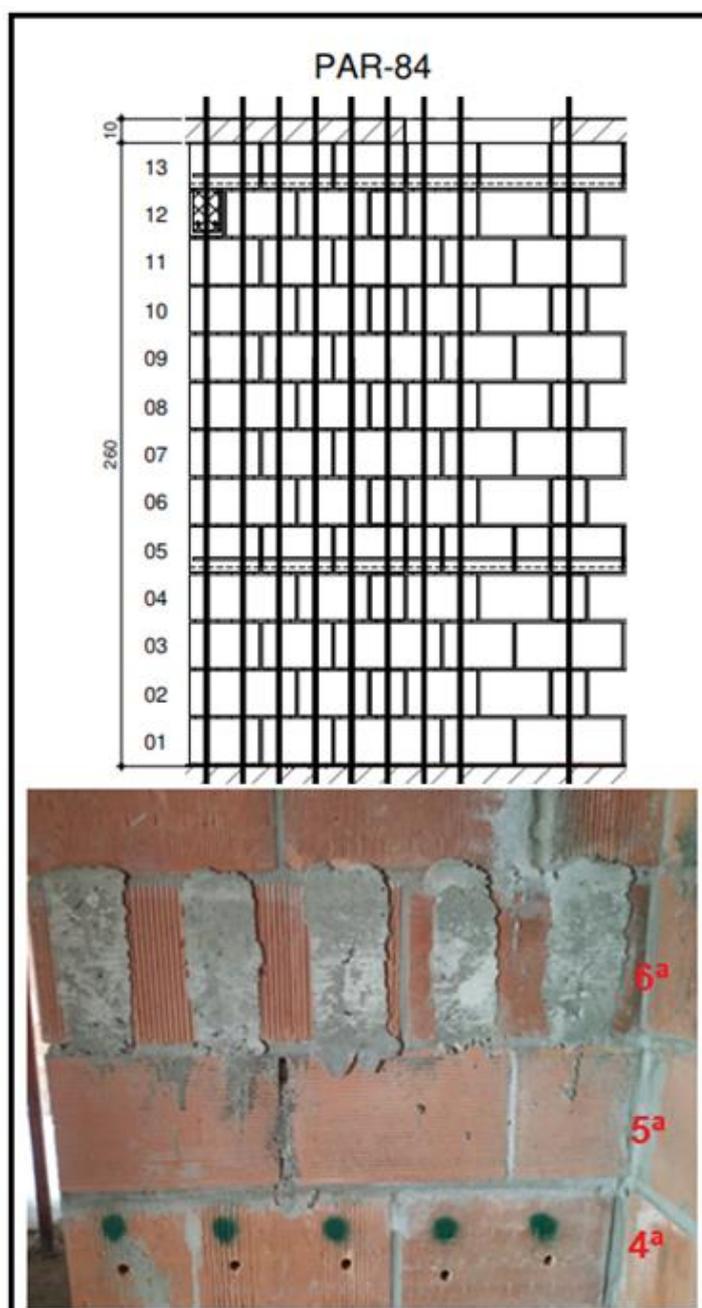
Foram utilizadas para o adensamento, vergalhões de 10mm, tendo o cuidado para nunca movimentarem as próprias esperas dos pilaretes durante este processo, com o objetivo de evitar vazios futuros e garantir o preenchimento total dos pontos verticais, sendo este executado de forma manual de acordo com a NBR 16868 – 2 (ABNT, 2020). No dia seguinte, após 24h, com o endurecimento do graute, as tampas das janelas de inspeção (Figura 47) eram removidas para que fossem conferidas e que os pontos estivessem conformes e totalmente preenchidos.

Figura 46 - Andaime utilizado para grauteamento



Fonte: arquivo da empresa e foto do autor

Figura 47 - Janelas de inspeção totalmente preenchidas



Fonte: arquivo da empresa e foto do autor

4.5 Critérios de Desempenho

Neste item serão apresentados os critérios considerados para a junta de dilatação, junta deslizante e quanto ao preenchimento da alvenaria com areia para o cumprimento de desempenho acústico.

4.5.1 Junta de Dilatação

A edificação dispõe de uma junta de dilatação com largura de 20mm indicada em projeto (Figura 48 e 49), que divide a obra nos setores 1 e 2, seguindo as recomendações da NBR 16868 -1 (ABNT, 2020), para realização de uma junta a cada 24m da edificação em planta. Para realizar esta separação o material utilizado foi o EPS (isopor). A junta de dilatação parte desde a fundação até a cobertura, dividindo a obra em dois setores (Figura 50).

Figura 48 - Detalhamento para junta de dilatação



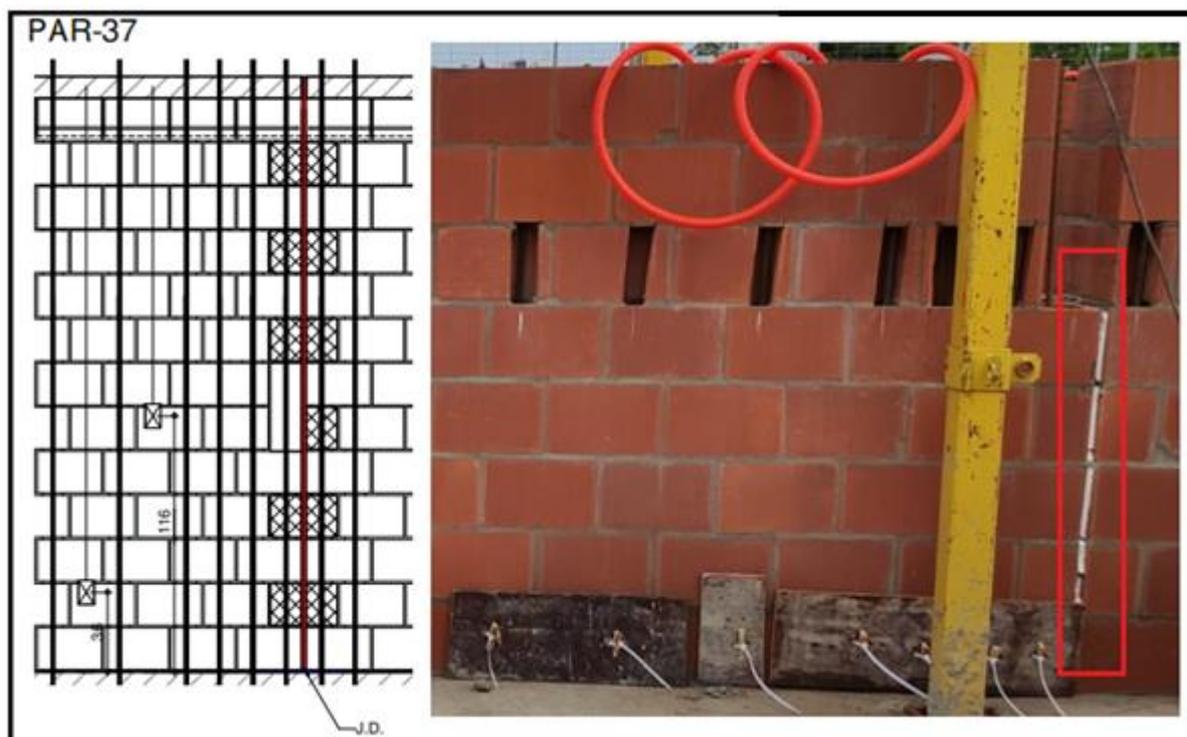
Fonte: arquivo da empresa

Figura 49 - EPS instalado



Fonte: arquivo da empresa

Figura 50 - Detalhe da junta de dilatação parede 37



Fonte: arquivo da empresa e foto do autor

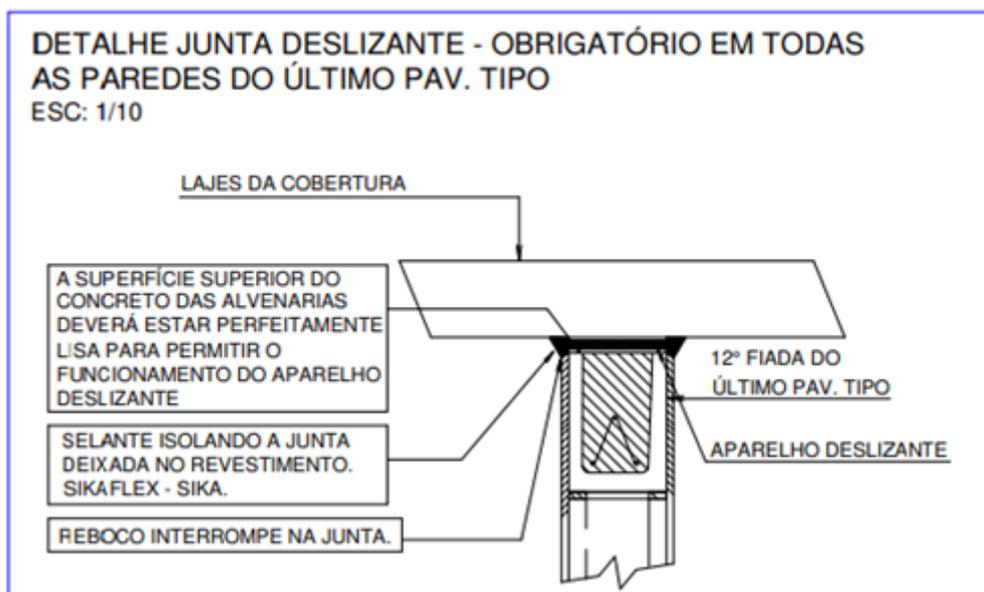
4.5.2 Junta Deslizante

A junta deslizante (Figura 51), é fundamental em todas as paredes do último pavimento, com o objetivo de separar a área com o revestimento de outra área e o intuito de aliviar as tensões ali geradas. Devido às variações climáticas, os elementos horizontais e verticais da edificação acabam trabalhando, o que pode gerar danos à estrutura. Para Thomaz (1989), a dessolidarização entre as paredes do último pavimento e da laje se torna obrigatória para a alvenaria estrutural, do modo que Sabbatini (2003), afirma que são tolerados estes tipos de juntas, desde que estas garantam total estanqueidade e que o revestimento receba em seu acabamento com frisos ou mata-juntas adequado.

Para que esta etapa fosse iniciada, a superfície superior do bloco calha já haviam recebido o graute, estando perfeitamente lisas, garantindo o funcionamento do aparelho deslizante. Diante do assoalho finalizado, primeiramente era aplicada uma manta asfáltica aluminizada (Figura 53), ficando está com a face para cima, na sequência, era posicionada uma fina chapa de alumínio, acima da manta, mantendo-se em contato com a parte aluminizada. Por último, era realizado um “sanduíche” (Figura 52), com mais uma camada de manta asfáltica, deixando a parte aluminizada para baixo, em contato com a chapa, sendo neste caso, a manta asfáltica com 170mm, formando um dente de 15mm para cada lado. Onde existiam trechos com mangueiras elétricas através das juntas, foram realizadas vedações dos rasgos excedentes com espuma expansiva.

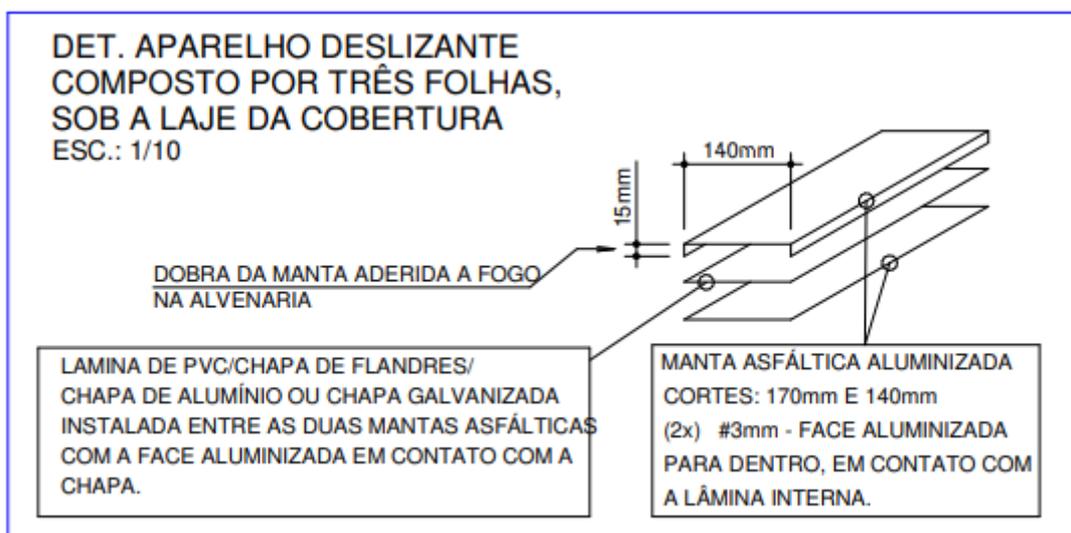
Devido a necessidade de o revestimento interno de parede ser interrompido antes da junta deslizante para que o sistema consiga cumprir a sua função, ocorreu a formação de um friso, que posteriormente foi sobreposto com um rodapés para dar o devido acabamento.

Figura 51 - Detalhe da junta de movimentação



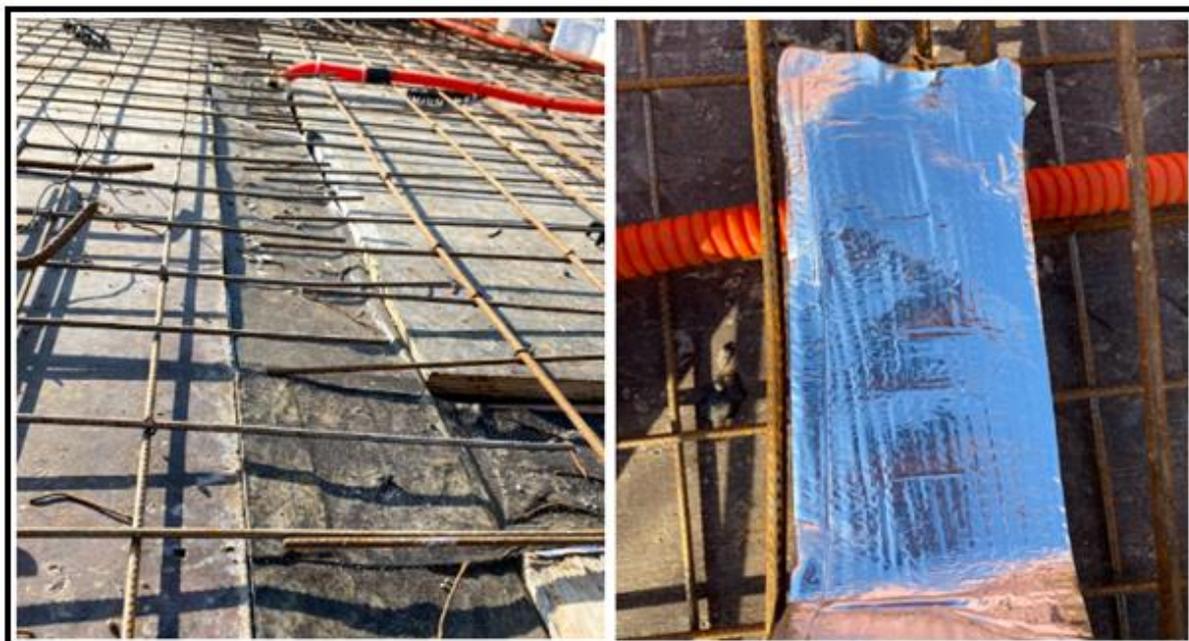
Fonte: arquivo da empresa

Figura 52 - Detalhamento das camadas do aparelho deslizante



Fonte: arquivo da empresa

Figura 53 - Camadas deslizantes

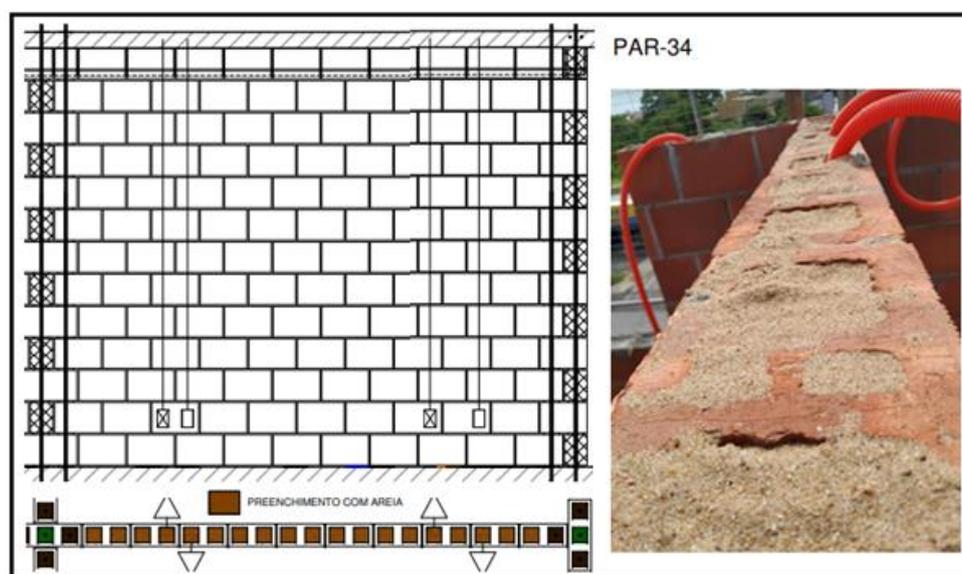


Fonte: foto do autor

4.5.3 Preenchimento com areia nas paredes

A solução do preenchimento das paredes com areia (Figura 54) vem para auxiliar no desempenho acústico entre os apartamentos de acordo com as especificações da NBR 15575 (ABNT, 2013). A identificação e especificação de quais paredes deveriam receber o material estavam destacadas em projeto para servir de referência aos pedreiros.

Figura 54 - Preenchimento com areia nos blocos



Fonte: foto do autor

4.5.4 Condições de finalização da alvenaria

Para as juntas horizontais e verticais eram toleradas espessuras de 10mm com uma variação para mais ou menos de 3mm. A planicidade das paredes não deveria ser superior a 3mm para mais ou menos que eram conferidas com uma régua técnica de 2m de comprimento. O esquadro, o prumo vertical e a régua técnica, foram as ferramentas para conferências durante todas as atividades. Para a fiada de respaldo foi considerada uma tolerância de +/-5mm em relação a forma das lajes. Todos os pontos que apresentassem falhas de graute deveriam estar recuperadas. Sendo assim todas as considerações realizadas estavam dentro das condições apresentadas na NBRR 16868 – 2 (ABNT, 2020), conforme dados apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis de controle geométrico na produção da alvenaria

Fator		Tolerância
Junta horizontal	Espessura	±3mm
	Nível	2mm/m 10 mm no máximo
Junta vertical	Espessura	±3mm
	Alinhamento vertical	2mm/m 10 mm no máximo
Alinhamento e locação da parede	Vertical (desaprumo)	±2 mm/m ± 10 mm no máximo por piso ± 25 mm na altura total do edifício
	Horizontal (desvio em relação à locação e ao desalinhamento)	±2 mm/m ± 10 mm no máximo por piso
Nível Superior das paredes	Nivelamento da fiada de respaldo	+ 10 mm

Fonte: NBR 16868 - 2

Os pedreiros e serventes deveriam entregar o pavimento limpo e organizado para os serviços subsequentes conforme Figura 55.

Figura 55 - Pavimento limpo e entregue para as atividades posteriores



Fonte: foto do autor

4.6 - Constatações

Diante das execuções explicitadas nos itens anteriores, serão apresentadas as principais constatações encontradas que estarão resumidas na tabela 2.

Para a atividade referente ao item 1.0 a NBR 16868 – 1 (ABNT, 2020) trata como um projeto estrutural ideal aquele que consta de todas as especificações técnicas suficientes para a realização das atividades que venham a ser exigidas.

No item 2.1 a NBR 16868 – 2 (ABNT, 2020), exige que os eixos devam estar indicados em projeto e marcados nos pavimentos que venham a ser executados, prevendo a necessidade quanto a forma como serão representados, assim como para o item 2.2 onde a mesma norma lista como uma etapa a medição das variações dos níveis da laje, mas não cita a quantidade de pontos que devam ser mapeados. Para a janela de inspeção, relatada no item 2.3, a representação poderia ser realizada no projeto executivo de modulação ou no caderno de paginação, para toda as paredes, pois com somente um detalhe genérico, cada caso deveria ser interpretado pelo profissional a realizar, o que geravam dúvidas durante a execução.

No item 3.1 o projeto apresenta uma cinta contínua de solidarização na quinta fiada nas cozinhas das unidades privativas, onde a NBR 16868 – 2 (ABNT, 2020) cita que

preferencialmente as cintas venham a ser executadas nas fiadas de respaldo, desta forma acabou gerando uma etapa a mais no processo de grauteamento. Após consulta com o projetista, esta cinta pode ter a sua realização dispensada entre o 12º e 15º pavimento, por possuírem uma menor exigência estrutural, tornando esta etapa mais simplificada.

A alvenaria para fechamento das churrasqueiras foi um erro de projeto pontual detectado durante a execução que não constava detalhamento executivo, sendo assim, a obra entrou em contato com o projetista para que fossem atualizadas as revisões com os detalhamentos executivos, para que então a elevação pudesse ser finalizada.

No item 3.2 ocorreram três fatos relevantes, onde na primeira situação a obra sugeriu a utilização dos blocos especiais de elétrica, porém foram mantidas as condições de projeto onde estes não foram utilizados, deixando de prover uma agilidade no processo de execução e fragilizando a integridade dos blocos que necessitavam ser cortados. Ocorreram também as incompatibilidades entre o projeto de modulação e elétrico, quanto a consideração das caixas de distribuição. Deste modo, todas as interferências entre o projeto estrutural de alvenaria e das demais especialidades técnicas, devem estar com todos os itens de incompatibilidade solucionados antes da sua revisão final disponibilizada à obra, de acordo com as considerações da NBR 16868 -1 (ABNT, 2020). Quanto à armadura presente nos blocos canaletas na última fiada de cada pavimento, a definição pela alteração da utilização de treliças por armaduras ficou única e exclusivamente a critério do projetista, que alegou a necessidade de modificação por condições estruturais.

No item 4.0 o dimensionamento das armaduras fica a critério do projetista, conforme indicações da NBR 16868 -1 (ABNT, 2020), sendo assim, durante as execuções foram encontradas dificuldades para a etapa de grauteamento devido ao alto volume dos pontos de graute.

Para o item 5.1 a NBR 16868 -1 (ABNT, 2020) cita a importância quanto a realização da junta de dilatação no máximo a cada 24m, conforme projeto e execução deste relatório técnico, deste modo o EPS utilizado para separação, utilizado com a espessura de 20mm ou 15mm, não afetará em nada as questões estruturais, podendo ser utilizado conforme sua necessidade.

O item 5.2 não consta em norma, sendo assim, a dificuldade encontrada para o cumprimento do detalhe especificado em projeto estava vinculada a largura solicitada para o sistema, do modo que 15mm não era suficiente para que o material conseguisse ficar aderido a alvenaria e

não desprendesse. Ademais, as duas camadas de manta asfáltica além da chapa galvanizada, eram facilmente tiradas de posição, necessitando de uma fixação, para que fosse garantido sua eficiência após a concretagem da laje.

No item 5.3 as informações quanto ao preenchimento da alvenaria com areia estavam incompletas em projeto, este que não sofreu nenhuma alteração, mas após contato com o projetista, foi possível o entendimento da forma como deveriam ser executadas, de acordo com as recomendações da NBR 15575 (ABNT, 2013).

Tabela 2 - Resumos das Inconsistências Projeto x Execução

Item	Atividade	Inconsistências	Ocorrência
1.0	Execução da Laje	Traspasse das barras de graute	Não constava detalhe em projeto
2.1	Transferência e Marcação dos Eixos	Definido posicionamento em projeto, mas sem detalhe executivo	A obra definiu seus próprios critérios de execução
2.2	Mapeamento da Laje	Projeto indica 5 pontos por pavimento	Ficou definido que seriam mapeados todos os cômodos do pavimento, fornecendo um maior número de pontos
2.3	Primeira Fiada	Detalhe para as aberturas das janelas de inspeção em planta baixa, ou no caderno de paginação	O projeto apresentava somente um detalhe genérico
3.1	Elevação da Alvenaria Intermediária	Presença da cinta intermediária nas cozinhas	O ocasionou uma etapa a mais para a fase do grauteamento, gerando atraso para elevação
		Alvenaria para fechamento das churrasqueiras das unidades privativas	Não constava detalhe em projeto, foram ajustadas somente em revisões seguintes
3.2	Elevação Intermediária até a de Respaldo	Não foram considerados blocos especiais em projeto	Blocos para o recebimento de caixas de elétrica necessitaram ser cortados em obra

	Caixa de distribuição de carga (CD)	Não constavam nos projetos executivos, ocasionando uma alteração na modulação, além do acréscimo de dois pontos de graute em cada parede com a presença do CD	
	Viga calha armada	Substituição das treliças por vigas armadas	
4.0	Grauteamento	Foram previstos reforços para ligações de paredes que inviabilizavam o preenchimento dos pilaretes com graute	
		Número elevado de pontos de graute	Acarretou um ciclo de execução mais demorado que o previsto para os cinco primeiros pavimentos
5.1	Junta de Dilatação	Espessura do EPS indicado	Devido à não conformidade de alguns blocos, foi necessário a utilização do EPS com 15mm
5.2	Junta Deslizante	Forma de instalação	Fixação prejudicada, assim como a dobra para baixo de 15mm não foi realizada devido a rigidez do material
5.3	Preenchimento com areia	Falta de detalhe em projeto	Definição de quais pontos deveriam receber o material

Fonte: o autor

5 DISCUSSÃO

Diante do acompanhamento de todo o processo executivo vivenciado, sugestões e melhorias para os processos executivos, de acordo com as diretrizes e processos da empresa, serão apresentadas nos próximos itens.

5.1 Execução da laje

Sem o detalhamento de como as esperas de graute deveriam estar dispostas e a cada quantos centímetros deveriam estar traspassados, dificultou o início da execução para a 1ª laje. Com isso a obra entrou em contato com o projetista para ajustes que viesse a antever as atividades executivas seguintes.

5.2 Transferência e marcação dos eixos.

Por não se tratar de uma exigência normativa, este item fica proposto como uma sugestão de melhoria, onde a obra executou a marcação dos eixos, através da utilização de ganchos que eram marcados com um pequeno corte, após a concretagem da laje, para garantir que o eixo não fosse deslocado.

5.3 Mapeamento da Laje

Com o decorrer do mapeamento das lajes, percebeu-se que com 5 pontos (definição de projeto) de referência para a marcação do nível não seriam suficientes para a real interpretação das inconformidades quanto aos desníveis, com isso a obra optou por realizar em todos os panos, referentes aos cômodos de cada apartamento, incluindo a circulação.

Para auxiliar na identificação de qual ponto estaria com suas condições em um nível próximo dos limites tolerados, um bloco de referência era posicionado próximo a respectiva posição e pintado de verde para que ganhasse um destaque entre os outros, conforme Figura 56.

Com a utilização de fio de nylon, os eixos eram esticados nas coordenadas x e y, e então materializados na laje através de uma máquina de corte. Através da técnica do esquadro 3, 4, 5 metros, ocorria a conferência da perpendicularidade dos eixos.

Figura 56 - Bloco de referência identificado



Fonte: foto do autor

5.4 Marcação da primeira fiada

Devido à falta de detalhe quanto a identificação dos pontos e a forma como as janelas de inspeção deveriam ser realizadas, o acompanhamento junto os profissionais executores do serviço ocorria de forma minuciosa para garantia da realização correta. Foi sugerido aos projetistas que essas considerações fossem reavaliadas para projetos futuros.

Para os pontos onde dispunham das barras de fixação do para-raios (Figura 57), foi realizada uma janela de inspeção em duas fiadas, para garantir a conferência do traspasse mínimo das barras.

Figura 57 - Barras de fixação do para-raios



Fonte: foto do autor

Uma condição de melhoria notada durante as execuções, foi para que houvesse o cuidado durante o assentamento dos blocos e elevação da alvenaria, para que sua face melhor ficasse voltada para as áreas úmidas (cozinha e banheiro), de modo que no futuro durante o assentamento dos revestimentos cerâmicos (eram realizadas aplicações das peças cerâmicas diretamente sobre os blocos), o preenchimento e nivelamento não se tornasse necessário, ou até mesmo fosse dispensado. Visando otimizar e garantir uma produtividade elevada, eram cobrados junto aos pedreiros que os cordões longitudinais e transversais fossem aplicados com o auxílio da canaleta ou palheta (Figura 58), para otimização do serviço pois o uso da colher de pedreiro acabava se tornando inviável para a produtividade e o cumprimento das metas diárias, 24 m²/pedreiro por dia segundo diretrizes da empresa. As ferramentas e matérias de conferência eram fornecidos pelos empreiteiros responsáveis pela contratação dos profissionais.

Figura 58 - Aplicação da argamassa com palheta



Fonte: foto do autor

5.5 Elevação da alvenaria intermediária

A presença da cinta intermediária nas cozinhas gerou um atraso quanto à elevação final destas paredes, devido à necessidade da realização do grauteamento em duas etapas. Desta forma estas eram grauteadas juntamente com a contraverga das janelas.

Buscando melhorias ao cumprimento do ciclo da alvenaria, foram realizadas algumas soluções que viessem a otimizar as atividades. Uma delas foi a utilização de uma “bengala” (vergalhão ou um cano PVC), que servia para realizar a limpeza na parte interna dos blocos (Figura 59), empurrando para baixo toda a argamassa excedente(rebarbas), que eram removidas pelas janelas de inspeção.

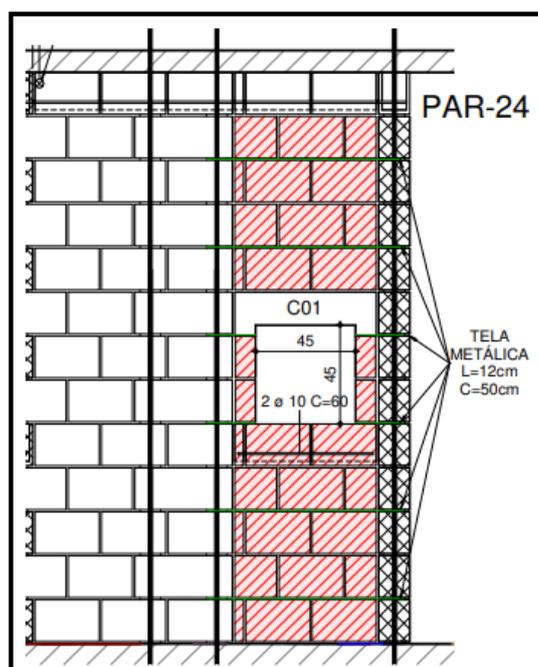
Figura 59 - Remoção da argamassa excedente na parte interna dos blocos



Fonte: foto do autor

A falta de definição da alvenaria que era executada para fechamento das churrasqueiras (Figura 60) das unidades privativas foi um item que não teve condições de ser realizada em um primeiro momento junto com o restante do pavimento. Somente após contato com o projetista, a paginação foi ajustada dando condições para a execução.

Figura 60 - Alvenaria da churrasqueira parede 24



Fonte: projeto executivo

5.6 Elevação da alvenaria intermediária até a de respaldo

Blocos especiais para instalações não foram considerados pelo projetista, com isso, devido a não utilização, as caixas de elétrica eram posicionadas diretamente na alvenaria quando a parede estava finalizada. O projeto não permite a furação ou qualquer tipo de corte para pontos de elétrica que não constem em projeto, mas deixa em aberto se a furação destes blocos deva ocorrer de forma prévia ou não. Para garantir que os furos viessem a ser realizados nas posições corretas e não prejudicassem a alvenaria, era feita a indicação dos pontos de elétrica e lógica (Figura 61) com tinta na primeira fiada, para auxiliar nas furações futuras que seriam feitas com o auxílio de uma serra copo. Era importante sempre a presença de um eletricista para realizarem a passagem dos eletrodutos durante a elevação.

Figura 61 - Identificação dos pontos de lógica e elétrica



Fonte: foto do autor

Inicialmente o projeto considerou a execução para a armadura das cintas de respaldo, presentes na última fiada com treliças, mas por critérios de dimensionamento do projetista, foram substituídas por armaduras com estribos. Com o objetivo de garantir a sustentação dos blocos canaleta em vãos de janela e porta, foi implementada a execução de bases de madeira (Figura 62 e 63) que serviam de apoio durante o processo de grauteamento.

Figura 62 - Base de sustentação da verga em vão de porta de cozinha



Fonte: foto do autor

Para as bases de sustentação das vergas em vãos de porta, eram utilizadas escoras que auxiliavam na garantia do apoio. Para a figura 63, a escora já havia sido removida sendo ilustrado somente o taipá.

Figura 63 - Base de sustentação da verga em vão de porta



Fonte: foto do autor

A base de sustentação das vergas (Figura 64) eram niveladas, através da utilização de uma cunha, que auxiliavam para que esta permanecesse travada e não se movimentasse.

Figura 64 - Base de sustentação das vergas com cunha



Fonte: foto do autor

As contravergas das janelas eram grauteadas juntamente com a elevação até a quinta fiada da alvenaria, sendo assim a base de sustentação sofria uma adaptação, onde era instalando uma extensão vertical que se prolongava até a laje, com um transpasse mínimo de 50cm e uma fixação em 3 pontos com prego(Figura 65). Dessa forma a base de sustentação não necessitava estar apoiada na parte interna do bloco canaleta (contraverga da janela).

Figura 65 - Base de sustentação das vergas com cunha



Fonte: foto do autor

5.7 Grauteamento

Para os casos em que existia a presença de reforços na armadura presentes na fiada de respaldo, os pilares (Figura 66) acabavam não sendo preenchidos em sua totalidade, devido à dificuldade de garantir o adensamento do graute, gerando falhas que seriam recuperadas posteriormente.

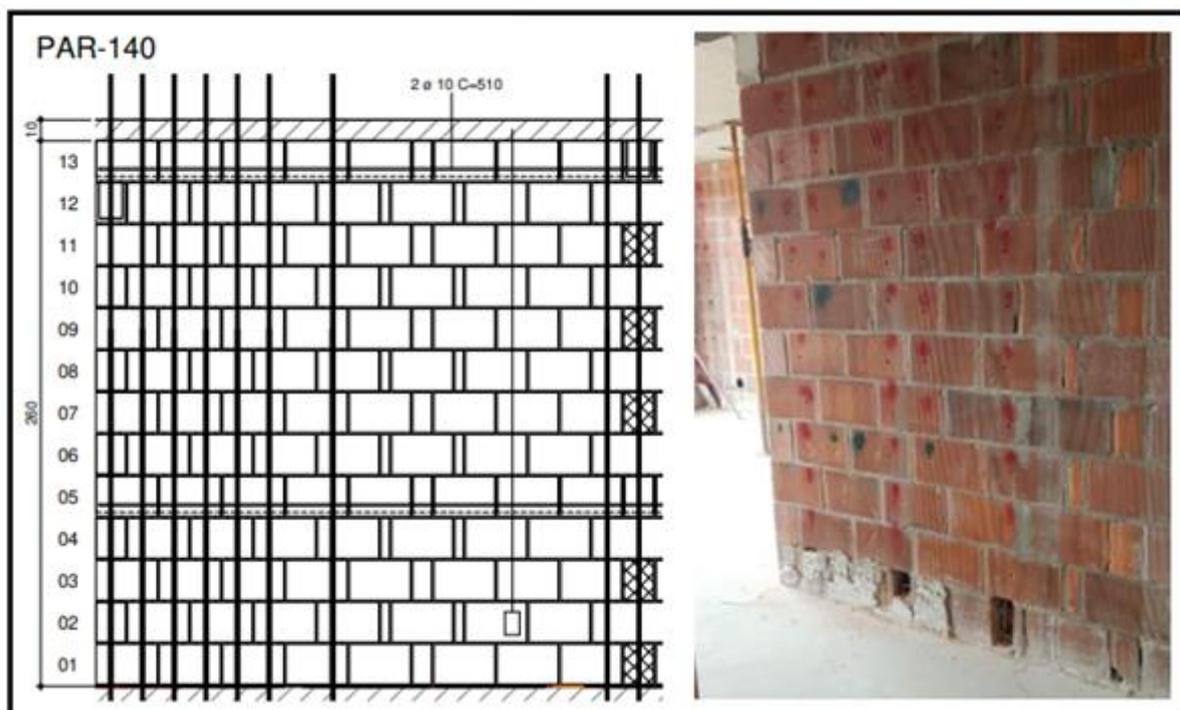
Figura 66 - Janela de inspeção falhada



Fonte: foto do autor

Uma das dificuldades encontradas para o cumprimento do prazo foi devido a quantidade de pontos de graute. A obra possui 865 pontos para o 3º pavimento, reduzindo de forma gradativa até o 15º pavimento, chegando em 520 pontos. Uma das melhorias adotadas nos casos em que os pontos de graute estivessem falhados foi a realização de uma identificação no bloco superior à janela de inspeção, com a cor verde no caso de conformidade e vermelho nas não conformidades. A conferência dos pontos de graute sempre foi fundamental para garantir que a estrutura tivesse o comportamento como o esperado. Além da conferência nas janelas de inspeção, a obra realizava a perfuração em pelo menos dois pontos da alvenaria, para verificação se o graute havia preenchido em sua totalidade o pilar. Com um pequeno pedaço de armadura ou um prego, o furo era inspecionado. Estes pontos eram identificados com spray (Figura 67), a fim de serem percebidos com mais facilidade durante a recuperação.

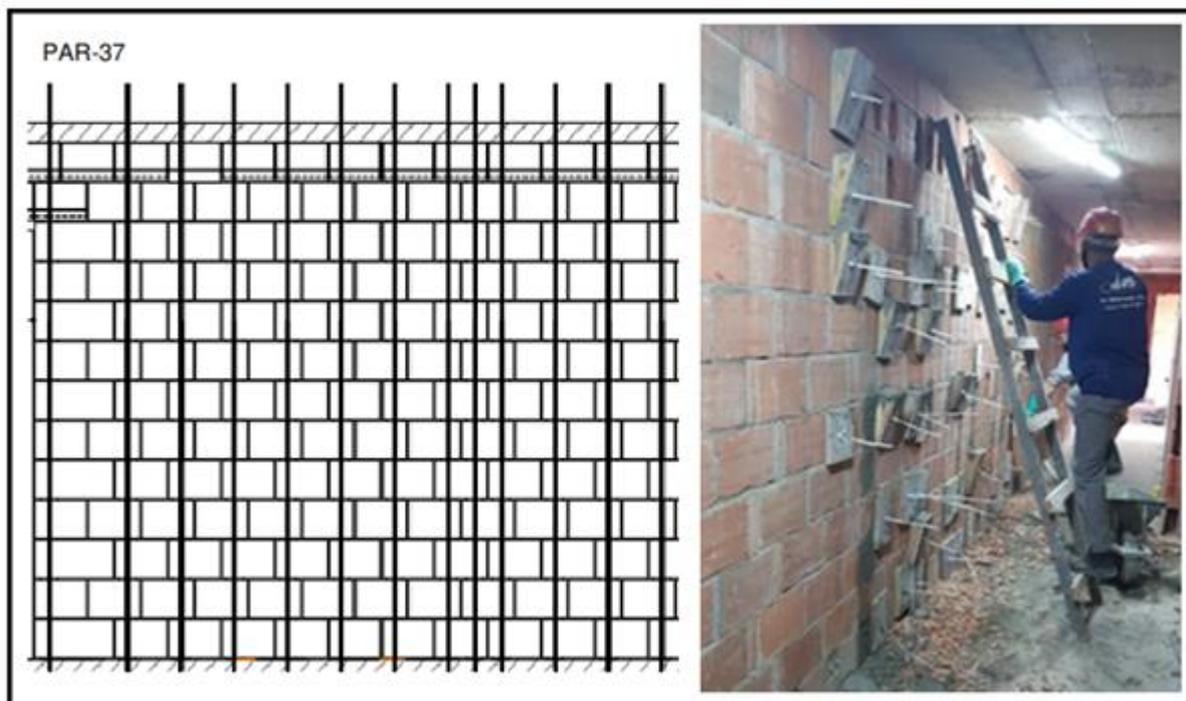
Figura 67 - Identificação dos pontos de graute



Fonte: foto do autor

Após a remoção dos tamponamentos em frente as janelas de inspeção, estas deveriam estar totalmente preenchidas com graute, concluindo que o pilar estivesse totalmente preenchido. Nos casos em que apresentavam rebarbas, geradas por algum tipo de escorrimento do graute, estas eram removidas com auxílio de uma talhadeira. Para casos que apresentassem falhas, mas a armadura não estivesse aparente, a correção era feita com argamassa (cimento e areia), respeitando o volume com traço de 1:3. Em situações mais críticas onde a armadura se tornava visível nas janelas de inspeção, a recuperação dos pontos de graute falhados ocorria com o auxílio de "cachimbos" (Figura 68), sempre deixando estes com a sua parte superior um pouco acima da cota de parada do graute, pois desta forma o graute percolaria por toda a parte interna do bloco e garantiria que nenhum vazio permanecesse. O graute utilizado era ensacado, seguindo a resistência especificada em projeto.

Figura 68 - Cachimbos para recuperação das falhas de graute



Fonte: foto do autor

5.8 Critérios de Desempenho

Para a junta de dilatação, devido algumas não conformidades dimensionais dos blocos, toleráveis por norma ($\pm 3\text{mm}$), o projeto especificava a abertura da junta com 20mm e a utilização do EPS também com 20mm. Deste modo não existia margem para nenhuma imperfeição nos blocos, sendo assim para alguns casos foram utilizados EPS com a espessura de 15mm, mas respeitando a abertura de projeto.

Devido à movimentação das armaduras da laje, a junta deslizante (Figura 69) acabava sendo deslocada, e saindo de cima das calhas, perdendo sua função. Com isso a obra buscou a solução de fixar com pequenos pedaços de fita tipo “silver tape”. Outra dificuldade encontrada foi para a realização da dobra de 15mm conforme indicação de projeto devido à rigidez da fita deslizante, que acabou não sendo executada, sendo assim o aparelho deslizante não foi prejudicado por este último item, pois a virada possui a função de travamento do sistema juntamente a alvenaria, o que foi garantido durante a aplicação e montagem. Foi sugerido e implantado em outras obras a utilização de uma manta asfáltica aluminizada de 200mm, de

modo a proporcionar uma virada de 30mm para cada lado do bloco canaleta, proporcionando a execução do detalhe proposto em projeto.

Figura 69 - Aplicação da junta deslizante



Fonte: foto do autor

Devido o projeto executivo de modulação não estar com a informação completa quanto ao preenchimento das paredes com areia, estas foram sinalizadas com spray para indicação dos pontos necessários. Os critérios de quais paredes deveriam apresentar o melhor desempenho estavam vinculadas as paredes divisórias entre as unidades privativas. Primeiramente, foi realizado um despejo na fiada intermediária, e após elevação do restante, foi realizado um segundo preenchimento, na fiada que antecede a colocação do bloco canaleta. Para facilitar o preenchimento e evitar sujeiras em excesso, os pedreiros fizeram uso de uma moega (Figura 70). Durante o despejo era recomendado o adensamento da areia com uma barra de ferro, garantindo o preenchimento por completo.

Figura 70 - Moega para preenchimento da areia



Fonte: foto do autor

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório técnico atingiu o objetivo de realizar uma análise comparativa entre o projeto executivo de modulação juntamente com o caderno de paginação da alvenaria, quanto a execução em uma edificação realizada em alvenaria estrutural, trazendo os diferentes aspectos da obra, com suas sequências executivas, categorizando as principais incongruências a fim de promover melhorias de projeto ou de execução respaldadas pelas normas vigentes.

Primeiramente, ficou perceptível que existiram incompatibilidades de projeto quanto a falta de informações que deveriam estar presentes, pois caso tivessem sido identificadas antevendo o início dos serviços, teriam viabilizado uma melhor dinâmica para sequência das atividades. Entre os projetos executivos de modulação e os projetos de elétrica foram os que mais apresentaram divergências. O projeto executivo de modulação apresentou ausência de informações quanto ao transpasse das armaduras, informação relevante para realização das fases desta atividade e para que pudessem dar seguimento nas etapas posteriores.

Quanto a presença da cinta intermediária presente na parede das cozinhas, esta só pode ter a sua execução desconsiderada após validação com o projetista estrutural. Sendo assim, para este caso fica a consideração de que a obra por sua vez deva cumprir seu papel e questionar todos os pontos em projeto que julgue algum tipo de alteração que venha a melhorar o processo de execução. Para esta situação após validação com o projetista, foi possível a resolução desta etapa de forma mais efetiva e garantindo todas as condições de projeto.

A presença elevada dos pontos de graute apresentadas no projeto executivo de modulação e paginação foi uma dificuldade encontrada durante todos os processos da alvenaria. São itens que ficam a critério do projetista estrutural, porém outras soluções como a utilização do assentamento com juntas transversais (assentamento total) em mais pavimentos da torre, assim como a realização das vigas de transição no 2º pavimento e não no 3º pavimento, como foi executado na edificação em questão, poderiam proporcionar uma melhor solução.

Outra constatação ocorrida foi o fato de alguns detalhes previstos em projeto executivo e no caderno de paginação, que não foram realizados conforme o esperado durante a execução. Como por exemplo a virada da junta de dilatação, que não levou em conta a rigidez do material que seria utilizado, onde a obra necessitou adotar outra medida para a fixação, garantindo a

efetividade do conjunto de dessolidarização. Foi possível retroalimentar a empresa para que em projetos futuros a mata fosse considerada com 200mm, permitindo uma dobra maior de 30mm para cada lada da alvenaria.

Portanto o presente estudo de caso pode trazer melhorias executivas para otimizar serviços previstos em todas as fases de execução de um sistema constituído em alvenaria estrutural, como a utilização de um bloco de referência pintado para marcação da alvenaria, utilização das bases de sustentação para o vãos de porta e janela, formas de conferência e recuperação para as etapas do graute, além de etapas a serem seguidas para uma melhor efetividade nos casos do preenchimento das paredes com areia.

Por conseguinte, este relatório técnico pode concluir que a contextualização de um projeto mediante sua execução é fundamental servindo para a retroalimentação aos projetistas e à empresa, a fim de promover melhorias contínuas nas fases de planejamento e execução das obras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1**: Alvenaria estrutural – Parte 1:Projeto, Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-2**: Alvenaria estrutural – Parte 2: Execução e controle de obras, Rio de Janeiro, 2020

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270**: Componentes Cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

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

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998

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

PAULUZZI PRODUTOS CERÂMICOS LTDA. Sapucaia do Sul. Disponível em: <<http://www.pauluzzi.com.br/produtos>>. Acesso em: 15 out. 2021.

RICHTER, C. **Alvenaria Estrutural – Processo Construtivo Racionalizado**, Porto Alegre, 2007.

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

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. Editora Pini. São Paulo, 144p.