

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MATHEUS VIEIRA COQUEIRO GOMES

**EFICIÊNCIA DO CONTROLE TECNOLÓGICO DE ALVENARIA ESTRUTURAL E
SEUS IMPACTOS NA FASE DE ACABAMENTO:**
Estudo de caso com reforço estrutural tardio

Ilha Solteira – SP
2025

MATHEUS VIEIRA COQUEIRO GOMES

**EFICIÊNCIA DO CONTROLE TECNOLÓGICO DE ALVENARIA ESTRUTURAL E
SEUS IMPACTOS NA FASE DE ACABAMENTO:**
Estudo de caso com reforço estrutural tardio

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio de M.
Alcantara

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

G633e Gomes, Matheus Vieira Coqueiro.
Eficiência do controle tecnológico de alvenaria estrutural e seus impactos na fase de acabamento: estudo de caso com reforço estrutural tardio / Matheus Vieira Coqueiro Gomes. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
83 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2025

Orientador: Marco Antonio de M. Alcantara
Inclui bibliografia

1. Alvenaria estrutural. 2. Controle tecnológico. 3. Reforço estrutural. 4. Prismas.

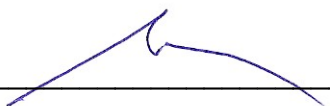
MATHEUS VIEIRA COQUEIRO GOMES

**EFICIÊNCIA DO CONTROLE TECNOLÓGICO DE ALVENARIA ESTRUTURAL E
SEUS IMPACTOS NA FASE DE ACABAMENTO: estudo de caso com reforço
estrutural tardio**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Engenharia, Câmpus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Engenheiro Civil

Aprovado em: 16/12/2025

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Marco Antonio de Moraes Alcantara (Orientador)
UNESP - Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira



Prof. Dr. Artur Pantoja Marques (Examinador)
UNESP - Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira



Prof. Dr. Adriano Souza (Examinador)
UNESP - Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira

AGRADECIMENTOS

Escrever esse trabalho significa o encerramento de um ciclo que eu sempre sonhei em viver. O Matheus de alguns anos atrás, aquele que estava cursando o ensino médio cheio de expectativas, ficaria muito feliz e orgulhoso de saber que ele se formou em uma das melhores universidades do país, aquela que ele sempre sonhou em cursar: UNESP.

Dedico esse trabalho principalmente a minha mãe que sempre fez de tudo por mim, que me disse “você consegue” quando eu já estava quase desistindo, e que me deu total apoio e amparo nesse desafio. Deixo também um agradecimento à toda minha família, a quem devo tudo que sou, incluindo as oportunidades de estudo.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marco Antonio de Moraes Alcântara, pela confiança, por ter me aceito como seu orientado, por todo apoio e por me ajudar a tornar esse projeto uma realidade. Agradeço também a todos os professores da banca por dedicarem seu tempo para participarem deste trabalho.

Agora vem o agradecimento aqueles que se tornaram a minha segunda família: República Santo Grau. Vocês foram fundamentais durante todos esses anos em Ilha Solteira. Sou muito grato por ter convivido todos os dias com pessoas tão proativas, determinadas, e principalmente companheiras. O que eu aprendi no passeio Londrina, 506, ficará para sempre em meu coração. Estaremos juntos sempre, amo vocês.

Agradeço ao Cursinho Diferencial. Um projeto maravilhoso que contribuiu para a minha inserção na universidade pública, enquanto vestibulando, e me trouxe experiências e habilidades que vou levar sempre comigo, enquanto era professor e coordenador.

Finalizo agradecendo ao pai celestial por me proporcionar esta oportunidade de estudar nesta bela universidade. Por aqui passei por muitas alegrias e obstáculos que contribuíram para a minha formação como pessoa e profissional, tive muita saúde e felicidade.

RESUMO

O trabalho busca analisar a eficiência do controle tecnológico de alvenaria estrutural e seus impactos na fase de acabamento, por meio de um estudo de caso realizado em uma obra localizada no interior do estado de São Paulo, onde o sistema construtivo citado foi empregado. O método consistiu no estudo das normas aplicáveis, na revisão bibliográfica de autores da área e na análise dos dados fornecidos pela empresa responsável pela obra. Foi realizada uma análise dos ensaios de controle tecnológico, que englobam a resistência dos materiais utilizados, sendo eles o bloco, a argamassa de assentamento e o graute. Além disso, foram avaliadas as resistências dos prismas oco e cheio. Também foram analisadas as implicações técnicas, produtivas e econômicas causadas pelas intervenções realizadas em dois momentos distintos do processo construtivo. Foi constatado que, quando o reforço é executado em momento considerado tardio, são gerados retrabalhos que afetam o cronograma da obra e, consequentemente, causam perda de produtividade e impactos no fluxo financeiro. Por outro lado, quando o reforço é realizado em momento oportuno, são apresentados baixo custo e interferência mínima no cronograma, evidenciando que um controle tecnológico eficiente não depende apenas da execução dos ensaios, mas principalmente da interpretação imediata dos resultados e da integração entre os setores de produção e qualidade, contribuindo para a tomada de decisões rápidas e assertivas. Conclui-se que a adoção de um controle tecnológico eficaz e tempestivo, bem como a execução de reforço estrutural em momento oportuno, é fundamental para reduzir custos adicionais e assegurar maior eficiência na gestão de obras em alvenaria estrutural.

Palavras-chave: alvenaria estrutural; controle tecnológico; reforço estrutural; prismas.

ABSTRACT

This study analyzes the efficiency of technological control in structural masonry and its impacts on the finishing phase, through a case study carried out at a construction site located in the countryside of São Paulo, where the referenced constructive system was employed. The methodological approach consisted of studying the applicable standards, reviewing specialized literature and examining data provided by the company responsible for the project. A detailed evaluation of the technological control tests was carried out, encompassing the compressive strength of the materials used, They being the concrete block, bedding mortar, and grout. As well as the strength of hollow and grouted prisms. The study also assessed the technical, productive, and economic implications resulting from interventions performed at two distinct stages of the construction process. The results showed that when structural reinforcement is executed at a late stage, significant rework is generated, negatively affecting the construction schedule and consequently causing productivity losses and financial impacts. Conversely, when reinforcement is carried out at an appropriate moment, the associated costs remain low, and interference with the schedule is minimal. These findings demonstrate that efficient technological control depends not only on performing the tests, but also on the immediate interpretation of results and the integration between production and quality teams, contributing to structural safety and enabling timely and assertive decision-making. It is concluded that the adoption of effective and timely technological control, as well as the execution of structural reinforcement at the appropriate moment, is fundamental to reducing additional costs and ensuring greater efficiency in the management of structural masonry construction projects.

Keywords: structural masonry; technological control; structural reinforcement; prisms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conjunto Habitacional Central Park Lapa	14
Figura 2 – Edifício Muriti.....	14
Figura 3 – Bloco vazado de concreto simples	23
Figura 4 – Blocos tipo canaleta	24
Figura 5 – Blocos compensadores	24
Figura 6 – Dimensões dos blocos de concreto.....	25
Figura 7 – Famílias de blocos de concreto.....	26
Figura 8 – Blocos família 19.....	26
Figura 9 – Argamassa de assentamento	27
Figura 10 – Vergas e Contravergas.....	28
Figura 11 – Detalhes de cinta e graute vertical em paredes.....	29
Figura 12 – Exemplo de amarração direta de paredes	29
Figura 13 – Exemplo de área bruta	30
Figura 14 – Exemplo de área líquida.....	30
Figura 15 – Exemplo de área efetiva.....	31
Figura 16 – Prisma oco e cheio.....	31
Figura 17 – Famílias de blocos	33
Figura 18 – Projeto estrutural: fiada ímpar	34
Figura 19 – Projeto estrutural: fiada par	34
Figura 20 – Projeto estrutural: elevação de paredes.....	35
Figura 21 – Execução de primeira fiada.....	36
Figura 22 – Janela de inspeção	36
Figura 23 – Elevação da alvenaria até a 5ª ou 6ª fiada.....	37
Figura 24 – Lançamento de graute	37
Figura 25 – Elevação da alvenaria até a última fiada.....	38
Figura 26 – Macrofluxo alvenaria estrutural	38
Figura 27 – Blocos de concreto.....	40
Figura 28 – Compressão de blocos de concreto	41
Figura 29 – Prismas cheio e oco de bloco de concreto.....	43
Figura 30 – Prensa hidráulica SOLOTEST	47
Figura 31 – Prensa de ruptura PAVITEST.....	48
Figura 32 – Vista superior do empreendimento.....	53

Figura 33 – Layout bloco “H” pavimento tipo.....	54
Figura 34 – Corte esquemático das resistências características dos materiais	59
Figura 35 – Projeto de reforço estrutural exigido pelo projetista	65
Figura 36 – Apartamentos da torre 4 térreo.....	66
Figura 37 – Apartamentos da torre 6 segundo pavimento.....	66
Figura 38 – Detalhe executivo do reforço estrutural.....	67
Figura 39 – Controle tecnológico de graute torre 4 térreo	67
Figura 40 – Controle tecnológico de graute torre 6 segundo pavimento	68
Figura 41 – Controle tecnológico de argamassa torre 4 térreo	68
Figura 42 – Controle tecnológico de argamassa torre 6 segundo	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – PCT da obra.....	55
Tabela 2 – Controle tecnológico de bloco – Torre 4 – Térreo	60
Tabela 3 – Controle tecnológico de bloco – Torre 6 – Segundo	60
Tabela 4 – Resistência característica dos prismas.....	61
Tabela 5 – Controle tecnológico prisma oco – Torre 4 – Térreo	62
Tabela 6 – Controle tecnológico prisma cheio – Torre 4 – Térreo	63
Tabela 7 – Controle tecnológico prisma oco – Torre 6 – Segundo pavimento	64
Tabela 8 – Controle tecnológico prisma cheio – Torre 6 – Segundo Pavimento.....	64
Tabela 9– Custos do reforço realizado no térreo da torre 4	71
Tabela 10 – Custos diretos por apartamento térreo da Torre 4	71
Tabela 11 – Produtividade estimada para os retrabalhos da Torre 4	72
Tabela 12 – Custos do reforço realizado no segundo pavimento da torre 6.....	74
Tabela 13 – Custos por apartamento do segundo pavimento da Torre 6	74
Tabela 14 – Produtividade estimada para os retrabalhos da Torre 6.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
NBR	Norma Brasileira;
PCT	Plano de Controle Tecnológico;
SiAC	Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil;

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1	CONTEXTO HISTÓRICO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL	12
1.2	VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL	16
2.	OBJETIVOS	19
2.1.	OBJETIVO GERAL	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS A ALVENARIA ESTRUTURAL	20
3.1.1	ABNT NBR 16868-1:2020 – Alvenaria Estrutural. Parte 1: Projeto.	20
3.1.2	ABNT NBR 16868-2:2020 – Alvenaria Estrutural. Parte 2: Execução e controle de obras.	20
3.1.3	ABNT NBR 16868-3:2020 – Alvenaria Estrutural. Parte 3: Métodos de ensaio	20
3.1.4	ABNT NBR 6136:2016 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos	21
3.1.5	ABNT NBR 12118:2013 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio.....	21
3.1.6	ABNT NBR 5738:2016 – Concreto – Moldagem e cura de corpos de prova	21
3.1.7	ABNT NBR 5739:2018 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos	21
3.1.8	ABNT NBR 13279:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão	21
3.1.9	ABNT NBR 15575:2013 (atualizada em 2021) – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE.....	22
3.2	ELEMENTOS E CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA ALVENARIA ESTRUTURAL	22
3.2.2	Elemento	22
3.2.3	Bloco	23

3.2.4	Junta de Argamassa.....	27
3.2.5	Graute	27
3.2.6	Verga, contraverga e cinta	28
3.2.7	Amarração direta de paredes	29
3.2.8	Área bruta.....	30
3.2.9	Área líquida	30
3.2.10	Área efetiva	30
3.2.11	Prisma oco e prisma cheio	31
3.3	PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	32
3.3.2	Modulação.....	32
3.3.3	Etapas de execução	35
3.4	O CONTROLE TECNOLÓGICO DE ALVENARIA ESTRUTURAL	39
3.4.2	Resistência característica de blocos de concreto.....	39
3.4.3	Resistência característica de prismas.....	42
3.4.4	Tensão de ruptura da argamassa.....	45
3.4.5	Tensão de ruptura do graute	45
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
4.1	MATERIAIS	47
4.2	METODOLOGIA.....	48
4.2.2	Cálculo das resistências características.....	48
5.	ESTUDO DE CASO	53
5.1	O PLANO DE CONTROLE TECNOLÓGICO (PCT) DA OBRA	55
5.2	SOCIEDADE DE PROPÓSITO ESPECÍFICO (SPE)	57
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
6.1	RESULTADOS DOS ENSAIOS DE BLOCOS ESTRUTURAIS	59
6.2	RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PRISMAS OCO E CHEIO	61
6.2.2	Torre 4 térreo	62
6.2.3	Torre 6 segundo pavimento.....	63
6.2.4	Ação do projetista estrutural e reforço solicitado	65
6.3	RESULTADOS DOS ENSAIOS DE GRAUTE	67

6.3.2	Torre 4 térreo	67
6.3.3	Torre 6 segundo pavimento	68
6.4	RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ARGAMASSA	68
6.5	ANÁLISE DE IMPACTOS DO REFORÇO ESTRUTURAL	69
6.5.2	Torre 4 térreo	69
6.5.3	Torre 6 segundo pavimento	73
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
8.	CONCLUSÃO	78
	REFERÊNCIAS.....	79

1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual as paredes, feitas de blocos ou tijolos, exercem a função de suportar as cargas, eliminando o uso de vigas e pilares. Trata-se de um conjunto formado por blocos e argamassa que, quando projetado e executado de forma correta, atua como um elemento estrutural único, capaz de oferecer resistência aos esforços verticais e horizontais aplicados à edificação (PARSEKIAN, 2016). Neste método, a remoção de qualquer parede da edificação fica sujeita a uma análise crítica e possível execução de reforços.

De acordo com a ABNT NBR 16868-1:2020 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020, p. 3), os elementos de alvenaria estrutural são classificados como armados e não armados. No primeiro, são utilizadas armaduras passivas que são necessárias para resistir aos esforços solicitantes. Estas são posicionadas nos vazios dos blocos que, posteriormente, são preenchidos com material cimentício fluido (conhecido como graute) com a finalidade de aumentar a sua capacidade resistente. Já o segundo, é o elemento no qual não há armadura dimensionada para resistir aos esforços solicitantes.

1.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL

O uso da alvenaria como elemento portante data das primeiras civilizações, com evidências em construções egípcias, gregas e romanas. No Brasil, o sistema começou a ganhar espaço apenas no final da década de 1960, pois, anteriormente, era influenciada apenas pelo conhecimento empírico, por consequência da inexistência de normatizações e regulamentos que fixassem critérios de dimensionamento e segurança. O ano de 1966, marca o início das atividades do primeiro grande fabricante brasileiro de blocos de concreto vazado (PARSEKIAN, 2016).

[...] Nessa época, pouquíssimos projetistas de estruturas dominavam conceitos de projetos. A adoção de norma estrangeira, especialmente norte-americana, e mesmo a recorrência a consultores externos para auxiliar no projeto era frequente. Como as recomendações para projeto eram baseadas em normas estrangeiras, que levam em conta características sociais e ambientais dessas regiões, o uso de alvenaria com alta taxa de armadura e grauteamento era constante. Não existia um único curso de Engenharia Civil com disciplina sobre alvenaria estrutural. Era a época da alvenaria armada. (PARSEKIAN, Guilherme, 2016, p. 17).

Dois exemplos pioneiros que utilizaram o sistema de alvenaria estrutural em blocos de concreto foram o Central Parque Lapa, construído em 1966, e o Edifício Muriti, de 1972. O primeiro é constituído por um conjunto de 4 prédios de 12 andares cada um, em alvenaria armada, mostrado na figura 1.

Figura 1 – Conjunto Habitacional Central Park Lapa



Fonte: GIESBRECHT, Alexandre. 2014

Já o segundo, localizado na cidade de São José dos Campos, SP, possui 16 pavimentos também em alvenaria armada, como mostra a figura 2.

Figura 2 – Edifício Muriti



Fonte: Quinto Andar, 2025.

Com o passar dos anos, a busca por padronização e segurança deste sistema culminou com o surgimento das primeiras normas brasileiras específicas para a

alvenaria estrutural, marco técnico muito importante para o seu desenvolvimento. A primeira norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) voltada exclusivamente ao tema foi a **NB 1228 – Alvenaria Estrutural Não Armada – Procedimento**, posteriormente convertida na ABNT NBR 10837, publicada em 1989 (CAMPOS, 2000, p. 9).

Posteriormente, em 1990, foi publicada a ABNT NBR 8798 – Execução e Controle de Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto, a qual estabeleceu padrões para materiais, métodos executivos e controle tecnológico (ABNT, 1990). A partir daí, com as revisões, substituições e lançamentos de normas; o sistema construtivo recebeu mais suporte técnico, o que incentivou seu uso em grande escala pelo país.

Com o avanço da industrialização da construção civil e a consolidação normativa, passou-se a utilizar amplamente a alvenaria estrutural em empreendimentos de interesse social e habitacional. Historicamente, o Brasil apresenta um *déficit* habitacional e, na tentativa de solucionar a questão, foi criado o programa federal **Minha Casa, Minha Vida (MCMV)**, em março de 2009. O programa movimentou o mercado imobiliário brasileiro nos últimos anos e é crescente o número de construtoras e incorporadoras que aderem aos métodos de construção de blocos estruturais de concreto, como alternativa construtiva eficiente e de baixo custo, adequando-se às metas de produção em massa e às exigências de durabilidade e desempenho (SABBATINI, 2010).

Tal crescimento, no entanto, trouxe também novos desafios. A eficiência do sistema construtivo está ligada à qualidade do controle tecnológico, que vai desde a escolha dos blocos e argamassas até os ensaios, inspeções e verificações de desempenho que as normas exigem. A alvenaria estrutural necessita da certificação da qualidade de seus componentes através de um controle tecnológico efetivo, tornando-se uma ferramenta fundamental na garantia do bom desempenho, sucesso, segurança e durabilidade das construções, sendo uma das principais defesas contra os problemas construtivos (CANATO, 2015). Quando esse controle é negligenciado, podem surgir patologias – tudo isso geralmente é resultado de falhas na produção ou da incompatibilidade entre os materiais (SOUZA; RIPPER, 1998).

A execução eficiente do controle tecnológico pode ser influenciada por alguns fatores, como: falta de capacitação da equipe técnica, ausência de procedimentos padrões de moldagem e fiscalização das amostras, falhas de rastreabilidade dos materiais e a falta de acompanhamento dos resultados obtidos no rompimento dos

prismas. Dada a velocidade com que as obras acontecem, a negligência em qualquer uma dessas etapas pode comprometer a confiabilidade dos resultados e reduzir a capacidade de se identificar desvios em etapas iniciais e adequadas do processo construtivo.

Diante deste cenário, o presente trabalho tem como foco analisar, por meio de um estudo de caso real, a eficiência do controle tecnológico aplicado em uma obra de alvenaria estrutural. Para tanto, foram comparados os resultados obtidos em ensaios laboratoriais, e os custos adicionais causados por retrabalhos com reforço estrutural implementado, tanto em momento oportuno quanto em momento tardio, já em uma etapa avançada da obra.

1.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

O sistema de alvenaria estrutural é popular no Brasil justamente por trazer diversos benefícios técnicos e econômicos, uma vez que ajuda a reduzir tempo e custo de obra. No entanto, ele também impõe limitações projetuais e construtivas que exigem um planejamento criterioso e a integração entre as etapas de projeto, execução e controle.

A alvenaria estrutural possui diversas vantagens, sendo a econômica uma das principais, em virtude da otimização de tarefas em obra por meio de técnicas executivas simplificadas, facilidade de controle nas etapas de produção e eliminação de interferências, gerando redução no desperdício de materiais em decorrência do constante retrabalho. Como consequência, o sistema construtivo em alvenaria estrutural é capaz de proporcionar flexibilidade no planejamento das etapas de execução das obras. (MOHAMAD, 2020)

Segundo Parsekian (SÃO CARLOS, 2016) e Sabbatini (SÃO PAULO, 2010), dentre as principais vantagens da alvenaria estrutural, podemos citar:

- **Racionalização construtiva:** o método fornece um alto grau de padronização e repetitividade, o que facilita o planejamento da obra e reduz as perdas de materiais.
- **Velocidade de execução:** a eliminação de fôrmas, tanto metálicas quanto de madeira, e das armaduras convencionais diminui etapas intermediárias, deixando o cronograma de execução mais curto. Além disso, contribuem para um canteiro de obras mais limpo e organizado.

- **Redução de custos:** a produtividade da mão de obra, aliada ao menor consumo de concreto e aço, contribui para a redução do custo global da obra, principalmente em empreendimentos habitacionais.
- **Integração entre estrutura e vedação:** como as paredes são portantes, não são necessárias estruturas complementares, simplificando o processo construtivo. Os elementos de vedação e estruturais são construídos de forma simultânea.
- **Sustentabilidade e eficiência:** o sistema, quando executado de forma racionalizada, ajuda a reduzir desperdícios, transporte de materiais e geração de resíduos, tornando-se mais sustentável.
- **Compatibilidade com o MCMV (Minha Casa Minha Vida):** o sistema atende plenamente às exigências de desempenho, rapidez e custo do programa habitacional, sendo aceito pela Caixa Econômica Federal.

Tais vantagens fazem com que o sistema construtivo seja fortemente utilizado nos empreendimentos de habitação de interesse social, como os financiados pelo MCMV, desde casas térreas até edificações de múltiplos pavimentos. É necessário que o projeto seja bem detalhado, e que a execução e o controle tecnológico sejam precisos e constantemente averiguados. Ou seja, é importante que os profissionais sigam estritamente os projetos de modulação, que detalham o uso dos diferentes tipos de blocos e específicos pontos de graute.

Por outro lado, o sistema apresenta algumas desvantagens e desafios técnicos, que devem ser levados em consideração no planejamento da obra, como:

- **Limitações arquitetônicas:** existem algumas restrições para as reformas e/ou modificações posteriores, visto que as paredes estruturais não podem ser alteradas sem análise técnica e eventual execução de reforço.
- **Limitação na medida dos vãos:** o método impõe aos projetistas algumas restrições em relação a projeção de grandes vãos, que são limitados a ordem de 4 a 5 metros de comprimento.
- **Dependência de projeto integrado:** é fundamental que o projeto de estrutura seja compatibilizado com arquitetura e instalações. Erros neste processo podem gerar interferências graves e retrabalhos.

- **Sensibilidade à execução:** pequenas falhas como desalinhamento, blocos mal assentados ou até mesmo juntas espessas, comprometem o comportamento da estrutura.
- **Dificuldade em reforços e correções:** quando o controle não é rigoroso, o desempenho do sistema fica suscetível a intervenções estruturais posteriores, que acabam sendo mais complexas e onerosas, especialmente nas paredes portantes.

Em resumo, as vantagens superam as desvantagens quando o sistema é bem planejado, controlado e executado, o que faz com que ele venha ganhando espaço na construção civil, principalmente pela sua economia de tempo e recursos. É importante ressaltar que a capacitação da equipe é uma condição essencial para que as vantagens se concretizem em desempenho real. O quadro 1 sintetiza todos os pontos apresentados.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Racionalização construtiva	Limitações arquitetônicas
Velocidade de execução	Limitação na medida de vãos
Redução de custos	Dependência de projeto integrado
Integração entre estrutura e vedação	Sensibilidade à execução
Sustentabilidade e eficiência	Dificuldade em reforços e correções
Compatibilidade com MCMV	

Fonte: autoria própria, 2025

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho é analisar como falhas na aplicação, acompanhamento e interpretação dos resultados obtidos no controle tecnológico de alvenaria estrutural, quando identificados tardiamente, geram retrabalho, aumento de custos e comprometimento da eficiência da obra.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para tanto, será feito um estudo de caso em uma obra localizada na cidade de Ribeirão Preto – SP, comparando dois casos de intervenções realizadas em momentos diferentes do processo construtivo.

Serão identificadas as principais causas de não conformidade; expostas as soluções adotadas (reforços estruturais) e avaliados os impactos do retrabalho causado.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS A ALVENARIA ESTRUTURAL

A padronização técnica é a base para estabelecer a segurança, durabilidade e confiabilidade das construções. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão responsável pela criação, revisão ou até mesmo cancelamento de normas, que estabelecem os requisitos mínimos para projeto, execução e controle da alvenaria estrutural.

A principal norma que regulamenta o tema é a ABNT NBR 16868:2020, a qual é dividida em três partes.

3.1.1 ABNT NBR 16868-1:2020 – Alvenaria Estrutural. Parte 1: Projeto.

A primeira parte da norma define os requisitos para os projetos de alvenaria estrutural, sendo aplicável apenas às paredes de blocos de concreto e de blocos e tijolos cerâmicos. Esta parte também se aplica à análise do desempenho estrutural de elementos de alvenaria inseridos em outros sistemas estruturais.

3.1.2 ABNT NBR 16868-2:2020 – Alvenaria Estrutural. Parte 2: Execução e controle de obras.

A segunda parte da norma estabelece os requisitos para execução e controle de obras de alvenaria estrutural. Estes requisitos contemplam o atendimento a um projeto estrutural elaborado conforme a parte 1 desta NBR, devidamente compatibilizado com os demais projetos técnicos. Além disso, temos também o estabelecimento de procedimentos específicos para o controle dos materiais e componentes, do processo de execução da alvenaria e para a sua aceitação. Por fim, também se leva em consideração a determinação das formas de registro, controle, circulação e arquivamento de informações; e dos responsáveis pelo tratamento e resolução de não conformidades.

3.1.3 ABNT NBR 16868-3:2020 – Alvenaria Estrutural. Parte 3: Métodos de ensaio

A última parte da norma define os métodos de ensaio necessários dos elementos de alvenaria estrutural construídos com blocos cerâmicos ou de concreto (prisma, pequena parede e parede). Com o objetivo de se validar os componentes,

estes podem ser submetidos a esforços de compressão axial, cisalhamento, flexão e flexo compressão.

Além dessa, outras normas específicas também são necessárias para o tema, dependendo do tipo de material a ser utilizado, como:

3.1.4 ABNT NBR 6136:2016 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos

Esta norma estabelece os requisitos mínimos de resistência, absorção e tolerâncias dimensionais de blocos vazados de concreto simples, destinados à execução de alvenaria com ou sem função estrutural.

3.1.5 ABNT NBR 12118:2013 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio

Esta norma atua como um complemento da ABNT NBR 6136:2016. Isto porque, enquanto ela estabelece os requisitos para blocos vazados de concreto, a ABNT NBR 12118:2013 especifica os procedimentos para testar esses blocos, o que abrange: análise dimensional, determinação da absorção de água, cálculo da área líquida e medição da resistência à compressão.

3.1.6 ABNT NBR 5738:2016 – Concreto – Moldagem e cura de corpos de prova

Aplica-se à moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos de graute utilizados nos ensaios de compressão.

3.1.7 ABNT NBR 5739:2018 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Esta norma especifica o método de ensaio para a determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto, moldados conforme a ABNT NBR 5738:2016.

3.1.8 ABNT NBR 13279:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão

A norma estabelece os métodos para a determinação da resistência à tração na flexão e à compressão de argamassas para assentamento e revestimento.

Por fim, uma norma que possui importância no que diz respeito a eficiência e segurança das edificações, é a norma de desempenho dividida em seis partes:

3.1.9 ABNT NBR 15575:2013 (atualizada em 2021) – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE

Esta norma é obrigatória para construções habitacionais e estabelece requisitos mínimos de qualidade, durabilidade, segurança e desempenho para garantir conforto e segurança aos usuários. Ela abrange variadas partes da edificação e exige um manual de uso e manutenção. Para o presente trabalho, a parte 4 contribui com os métodos e os critérios para a avaliação do desempenho dos sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) de edificações habitacionais ou de seus elementos.

Helene e Terzian (Pini, 1993) afirmam que cumprir as normas não deve ser visto apenas como uma obrigação burocrática, mas sim como uma **ferramenta de prevenção e qualidade**. O controle tecnológico deve garantir que o resultado final atenda aos níveis de desempenho definidos tanto em norma quanto em projeto, sendo essencial para a rastreabilidade dos materiais e a confiabilidade do sistema construtivo.

3.2 ELEMENTOS E CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

O sistema de alvenaria estrutural é uma das soluções construtivas mais difundidas na engenharia civil contemporânea, principalmente em empreendimentos habitacionais de médio e grande porte. Um dos maiores desafios é tornar a edificação capaz de suportar os esforços solicitados, sejam verticais ou horizontais, de forma econômica.

A seguir são expostas algumas definições e conceitos que foram introduzidos nas normas, e são fundamentais para que se entenda o método construtivo.

3.2.2 Elemento

Parte da estrutura suficientemente elaborada, constituída da reunião de dois ou mais componentes.

3.2.3 Bloco

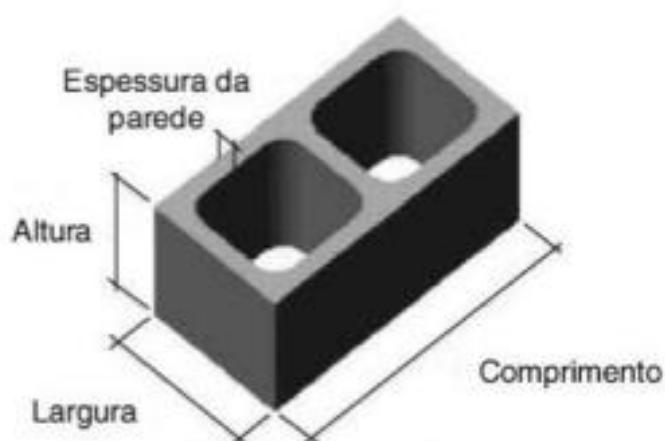
Elemento modular feito de um material resistente, geralmente utilizado para construção de paredes, muros, fundações e outras estruturas. É projetado para ser de fácil manuseio e instalação, garantindo que construtores criem estruturas de forma rápida e eficiente. A ABNT NBR 16868-1:2020 define bloco como “componente básico da alvenaria com altura maior ou igual a 115 mm, podendo ser vazado, perfurado ou maciço” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020, p. 2).

Os blocos de concreto são os tipos de blocos mais comuns no mercado. Existindo em uma variedade de formatos, que se adequam facilmente a praticamente todo tipo de obra devido às suas diferentes características. A ABNT NBR 6136 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016, p. 1-5) traz que existe uma lista de diferentes tipos deste material, mostrados abaixo.

3.2.3.1 Bloco vazado de concreto simples

Componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta, como mostra a figura 3.

Figura 3 – Bloco vazado de concreto simples

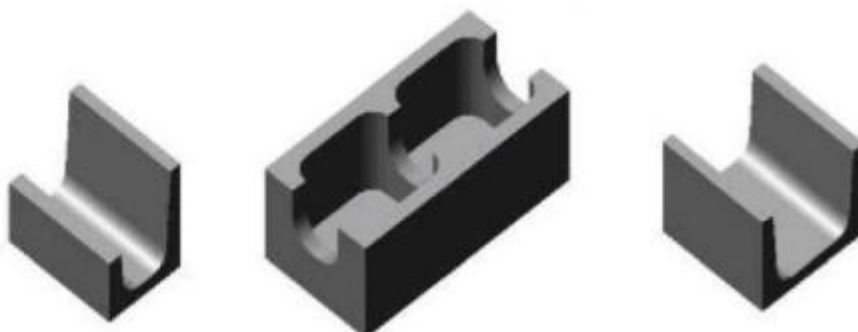


Fonte: ABNT NBR 6136:2016

3.2.3.2 Blocos tipo canaleta

Componentes de alvenaria, vazados ou não, com conformação geométrica em formato de “U” e “J” que reforçam a estrutura, sendo utilizadas para a criação de vigas de amarração (cintas), vergas e contravergas sobre vãos de janelas. Pode possuir as seguintes configurações, apresentadas na figura 4.

Figura 4 – Blocos tipo canaleta

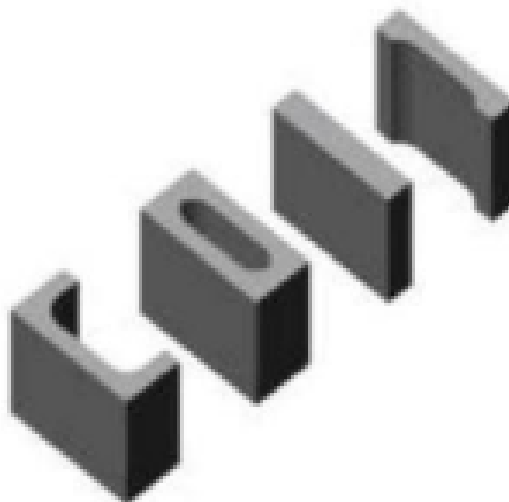


Fonte: ABNT NBR 6136:2016

3.2.3.3 Bloco compensador

São peças de concreto menores, projetadas para preenchimento de vãos pequenos na alvenaria estrutural, garantindo o alinhamento modular. Sua utilização contribui para diminuir os cortes excessivos de blocos tamanho padrão, assegurando que a modulação seja mantida e evitando o desperdício de material. Na figura 5 são apresentados alguns modelos deste elemento.

Figura 5 – Blocos compensadores



Fonte: ABNT NBR 6136:2016

3.2.3.4 Dimensões

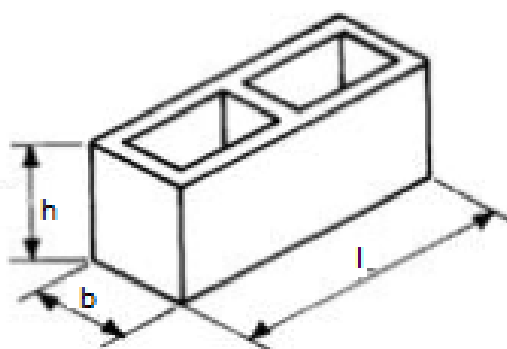
As dimensões dos blocos de concreto são classificadas em três tipos, sendo elas:

- **Dimensões nominais:** são as medidas de fabricação para largura, altura e comprimento do bloco, que incluem as tolerâncias especificadas na ABNT NBR 6136:2016. Exemplo: 190 mm x 190 mm x 390 mm (b x h x l).

- **Dimensões reais:** são as medidas efetivas verificadas diretamente nos blocos. Exemplo: 192 mm x 193 mm x 193 mm (b x h x l).
- **Dimensões modulares:** são as medidas utilizadas em projeto arquitetônico e estrutural, que consideram a dimensão nominal do bloco acrescida da espessura da junta de argamassa, que geralmente é de 1 cm. Elas atendem ao módulo básico $M = 100$ mm e seus submódulos ($M/2$ e $M/4$).

A figura 6 ilustra a nomenclatura de cada uma das dimensões de um bloco de concreto.

Figura 6 – Dimensões dos blocos de concreto



Fonte: elaborado pelo autor, 2025

3.2.3.5 Família de blocos

Com os conceitos de dimensões apresentados, é possível dividir os blocos por famílias. Entende-se como famílias de blocos o conjunto de componentes que trabalham juntos para formar a alvenaria. Elas são divididas de acordo com suas dimensões nominais e incluem o bloco inteiro, meio bloco, blocos de amarração L e T (blocos para encontro de paredes), blocos compensadores e blocos tipos canaleta.

A figura 7 mostra como as famílias podem ser separadas, de acordo com suas dimensões modulares e nominais.

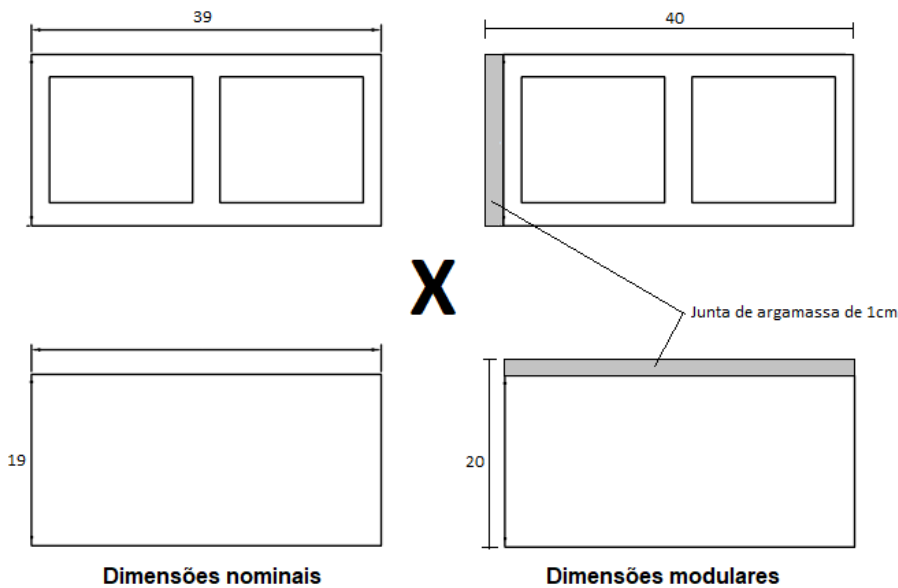
Figura 7 – Famílias de blocos de concreto

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal mm	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-
	NOTA 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de ± 2,0 mm para a largura e ± 3,0 mm para a altura e para o comprimento.										
NOTA 2 Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873.											
NOTA 3 As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.											

Fonte: ABNT NBR 6136:2016

Analizando a tabela nota-se que a família 19, por exemplo, é constituída por blocos estruturais com dimensões modulares de 20 cm x 40 cm e dimensões nominais de 19 cm x 39 cm. Conforme mostra a figura 8.

Figura 8 – Blocos família 19



Fonte: elaborado pelo autor, 2025

Portanto, as famílias mais utilizadas são: família 9; família 11,5; família 14; e família 19.

3.2.4 Junta de Argamassa

A argamassa de assentamento é o elemento utilizado na ligação dos blocos, sendo constituída de cimento, areia, cal e água. Ela pode ser industrializada ou feita diretamente na obra. Sua resistência pode variar de acordo com a aplicação e o projeto estrutural. A norma ABNT NBR 13279:1995 é a responsável por descrever os métodos de ensaio das argamassas de assentamento, que serão apresentados mais adiante neste trabalho.

A figura 9 ilustra a aplicação da argamassa de assentamento sobre os blocos, formando a alvenaria.

Figura 9 – Argamassa de assentamento



Fonte: Revista da Anicer, 2021.

As principais funções das argamassas são transferir e uniformizar as tensões entre as unidades, além de ser capaz de absorver pequenas deformações causadas por variações de temperatura e pequenos recalques. É responsável também por impedir a entrada de água, vento e agentes agressivos na edificação.

3.2.5 Graute

O graute é um material cimentício fluido, utilizado no preenchimento dos espaços vazios da alvenaria, com o objetivo de aumentar a capacidade resistente da alvenaria ou de solidarizar as armaduras. Sua resistência depende do tipo de aplicação e das especificações exigidas pelo projeto estrutural.

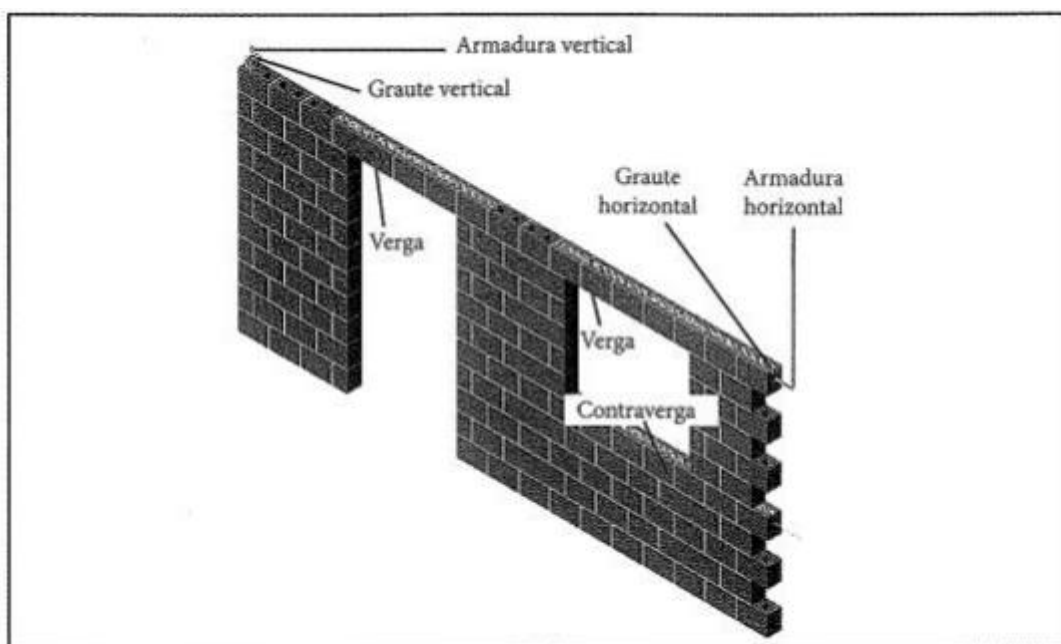
É fabricado a partir da mistura de materiais, os mesmos utilizados para produzir o concreto convencional (cimento, areia, brita e água), mas as diferenças estão no tamanho do agregado, geralmente mais fino, e na relação água/cimento.

3.2.6 Verga, contraverga e cinta

A verga é uma viga que fica alojada acima da abertura de janelas ou portas, ou seja, é posicionada na primeira fiada logo acima da abertura, com a função de resistir aos carregamentos. Na alvenaria estrutural, ela é formada por canaletas que são armadas e grauteadas, de acordo com as especificações exigidas em projeto.

Já a contraverga, como o próprio nome sugere, é uma viga que fica posicionada na última fiada antes da abertura de janelas (de baixo para cima). Elas devem ser executadas para melhorar a distribuição de cargas da parede, ajudando a prevenir fissuração nos cantos do vão, conforme ilustrado na figura 10.

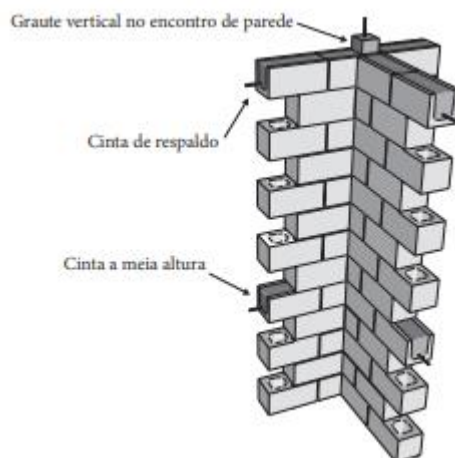
Figura 10 – Vergas e Contravergas



Fonte: Parsekian, Hamid, Drysdale, 2013

As cintas de amarração são elementos estruturais também formados por canaletas armadas e grauteadas, que ficam apoiados continuamente nas paredes, ligados ou não às lajes, vergas ou contravergas. Geralmente são aplicadas em paredes onde existem duas ou mais aberturas, funcionando como uma verga contínua, conforme mostra a figura 11.

Figura 11 – Detalhes de cinta e graute vertical em paredes

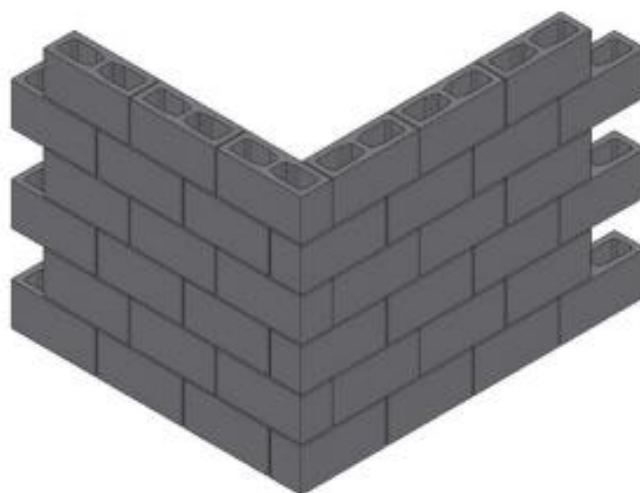


Fonte: Parsekian, Medeiros, 2021

3.2.7 Amarração direta de paredes

Padrão de conexão entre paredes realizado através do intertravamento de blocos, alcançado com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra ao longo das interfaces compartilhadas, respeitando a superposição em toda a espessura. Método padrão de conexão entre paredes de alvenaria, geralmente em ângulos de 90° ou em “T”, conforme apresentado na figura 12.

Figura 12 – Exemplo de amarração direta de paredes

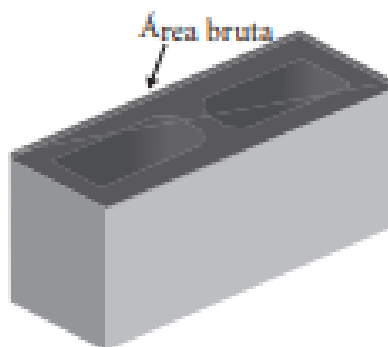


Fonte: Parsekian, Medeiros, 2021

3.2.8 Área bruta

No cálculo da área bruta, despreza-se a existência de furos e vazados de um componente (bloco) ou elemento (parede). Ou seja, considera-se apenas as dimensões externas, conforme mostra a figura 13.

Figura 13 – Exemplo de área bruta

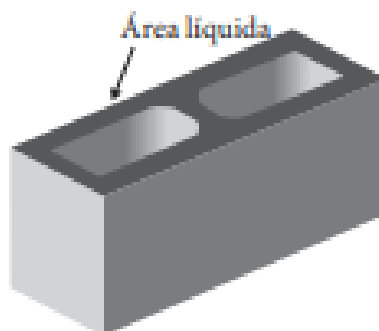


Fonte: Parsekian, Medeiros, 2021

3.2.9 Área líquida

Área de um componente (bloco) ou elemento (parede), com o desconto das áreas dos furos e vazados. Ou seja, leva-se em consideração a área bruta subtraída da área dos vazios. A figura 14 ilustra o conceito apresentado.

Figura 14 – Exemplo de área líquida

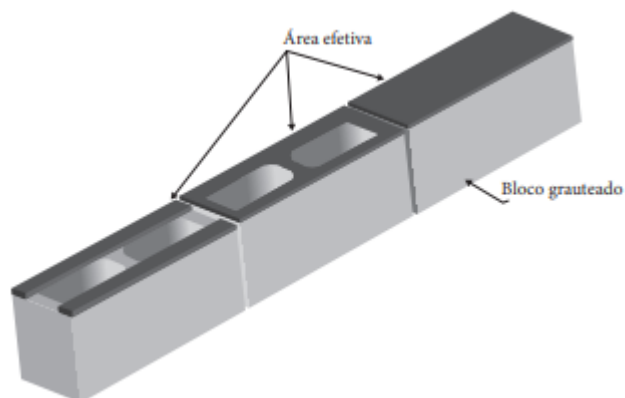


Fonte: Parsekian, Medeiros, 2021

3.2.10 Área efetiva

É a parte da área líquida de um componente (bloco) ou elemento (parede) considerando apenas a região sobre a qual a argamassa de assentamento é distribuída, desconsiderando os vazios, quando houver, conforme mostrado na Figura 15.

Figura 15 – Exemplo de área efetiva



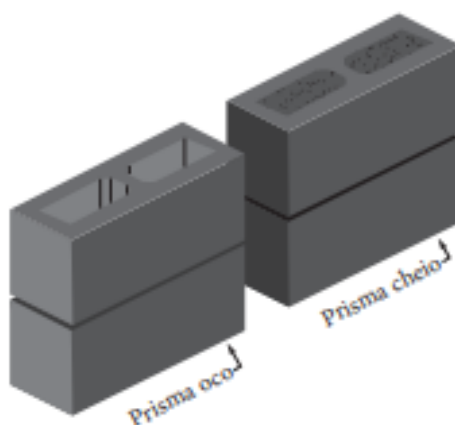
Fonte: Parsekian, Medeiros, 2021

3.2.11 Prisma oco e prisma cheio

O prisma é um corpo de prova obtido através da superposição de blocos, cerâmicos ou de concreto, unidos por uma junta de argamassa de assentamento. Ele pode ser **cheio**, quando seus vazados ou furos são preenchidos por grauteamento, ou **oco**, quando não há grauteamento de vazados ou furos. Conforme ilustrado na figura 16.

Os prismas permitem obter informações primordiais sobre a resistência à compressão da alvenaria, sendo o principal parâmetro para projeto e controle de obra, conforme exposto na ABNT NBR 16868-3:2020 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020, pt. 3). Este tópico será abordado mais a diante no presente trabalho.

Figura 16 – Prisma oco e cheio



Fonte: Parsekian, Medeiros, 2021

3.3 PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

O projeto de alvenaria estrutural é o documento que assegura que o sistema irá se comportar de forma segura, racional e economicamente viável. Para tanto, é necessário que o documento técnico integre arquitetura, estrutura, instalações e execução. Sabatini (Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios, Pini, 2010) ressalta que a etapa de compatibilização entre as disciplinas é primordial para o sucesso do empreendimento, contribuindo para a diminuição de patologias, retrabalhos e reforços.

Tudo começa no projeto arquitetônico pois é ele quem detalha a concepção, a organização dos espaços, a funcionalidade, os aspectos estéticos e técnicos. Por consequência, é a partir dele que avançamos para etapa estrutural.

Nessa fase, geralmente a equipe já possui informações importantes, como: topografia do terreno, estudos de sondagem do solo, projetos de instalações elétricas, hidráulicas e pluviais, análises de custos e perspectivas de retorno do investimento.

De acordo com a ABNT NBR 16868-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020, p. 8), a solução estrutural adotada em projeto deve atender aos requisitos de capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura.

A norma cita que o projeto de alvenaria deve ser formado por desenhos técnicos e especificações como, por exemplo: detalhamento de fiadas diferenciadas, elevações de paredes em perspectiva, plantas, posicionamento dos blocos ou tijolos, detalhamento de amarração das paredes, localização de pontos de graute e armaduras, detalhamento de vãos, posicionamento de juntas de controle e dilatação, se houver.

Além disso, também é necessário que as especificações de projeto contenham as resistências características à compressão dos blocos, prismas ocos e cheios, graute e argamassa, assim como categoria, classe e bitola dos aços a serem adotados.

3.3.2 Modulação

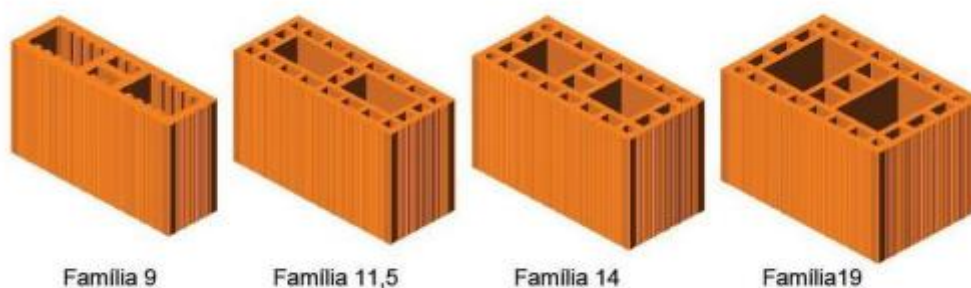
A modulação é um princípio fundamental para a racionalização e economia de uma edificação, além de ser o “ponto de partida” de um projeto estrutural.

Modular um arranjo arquitetônico significa definir um módulo básico, geralmente múltiplo das dimensões do bloco, a partir do qual todo o arranjo geométrico da alvenaria é estabelecido em planta (modulação horizontal) e em elevação (modulação vertical).

Esse módulo atua como unidade de medida para parede, vãos, aberturas, esquadrias e instalações, ajudando a garantir compatibilidade entre as disciplinas e componentes, e evitando cortes, remendos e desperdícios de materiais.

Primeiramente, é importante escolher a família de blocos que será utilizada conforme as opções de mercado e necessidade de projeto. Como visto anteriormente, as famílias possuem blocos que variam de comprimento, mas que mantem o mesmo padrão de largura e altura das peças, favorecendo a modulação. Na figura 17, são demonstrados alguns exemplos de famílias de blocos cerâmicos. Cabe ressaltar que o conceito é o mesmo para os blocos estruturais de concreto, e a imagem é meramente ilustrativa para que se entenda o conceito.

Figura 17 – Famílias de blocos

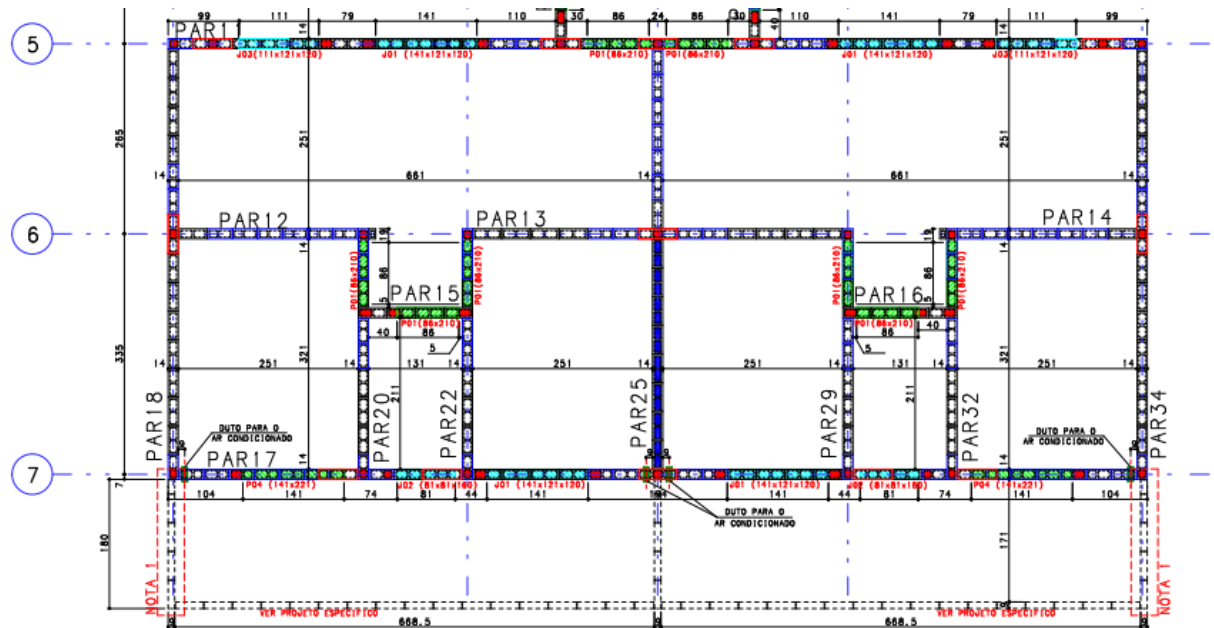


Fonte: UFRGS, Alvenaria estrutural, 2025

Após a definição das famílias, são gerados os projetos de fiada ímpar e fiada par, conforme mostram as figuras 18 e 19, além da elevação das paredes, mostrando a disposição e especificação dos blocos a serem assentados, o tamanho dos vãos e aberturas, bem como a localização dos pontos de graute.

Através do projeto de elevação, é possível observar o detalhamento das amarrações das paredes e a localização das canaletas que serão utilizadas para execução de possíveis vergas, contravergas e cintas. Conforme ilustrado na figura 20.

Figura 18 – Projeto estrutural: fiada ímpar

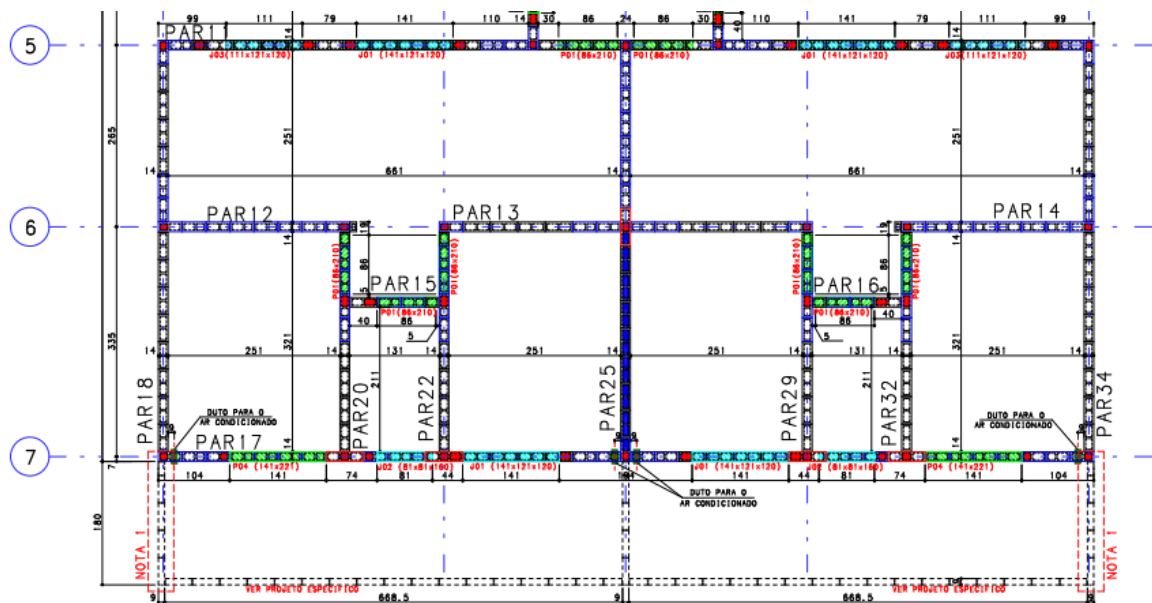


FIADA ÍMPAR DO PAVIMENTO TÉRREO

TORRES 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 E 10
ESCALA 1:50

Fonte: Autodoc projetos, Brio Incorporadora, 2025

Figura 19 – Projeto estrutural: fiada par

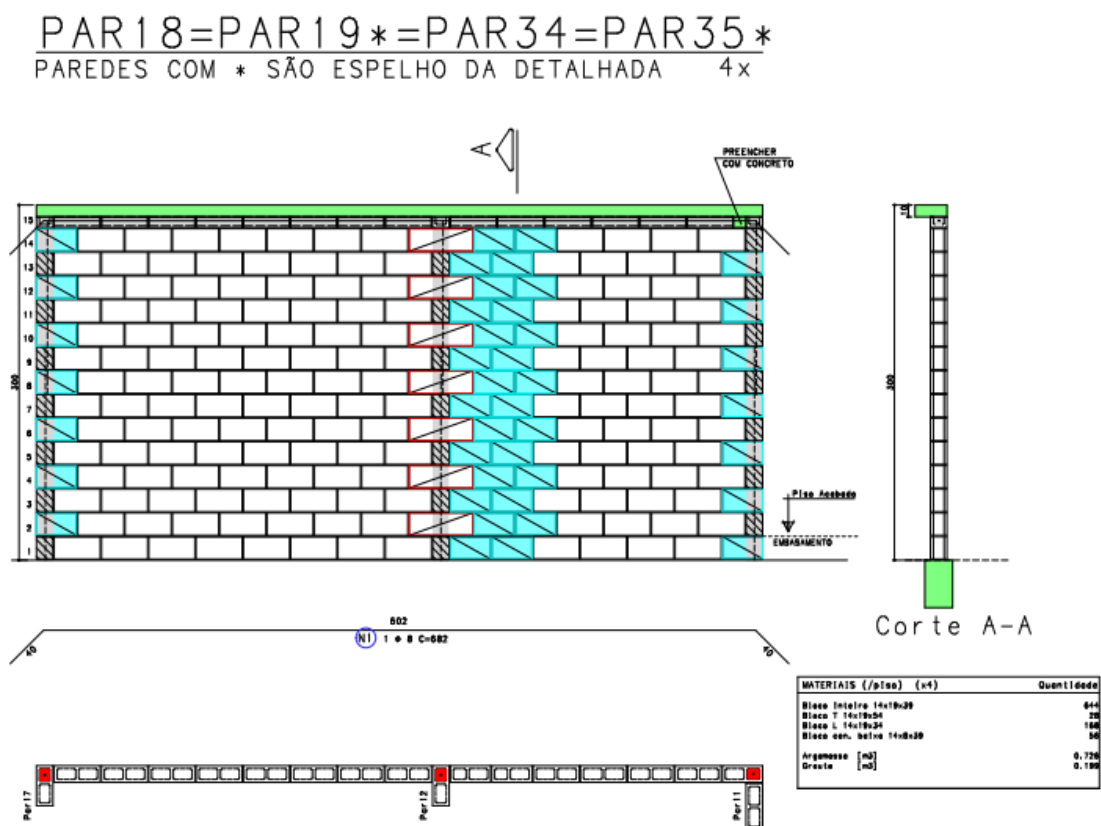


FIADA PAR DO PAVIMENTO TÉRREO

TORRES 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 E 10
ESCALA 1:50

Fonte: Autodoc projetos, Brio Incorporadora, 2025

Figura 20 – Projeto estrutural: elevação de paredes



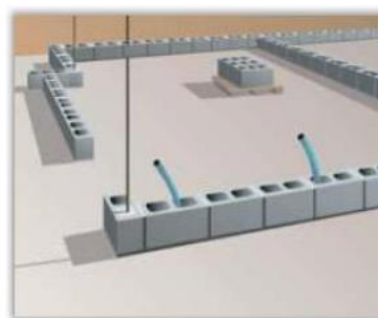
Fonte: Autodoc projetos, Brio Incorporadora, 2025

Dependendo da tipologia da construção que será executada, os projetos podem apresentar uma série de variações. A ABNT NBR 16868-1:2020 ressalta que deve ser feita uma análise detalhada antes do início da obra, além da verificação de compatibilidade com outros projetos, como os de instalações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

3.3.3 Etapas de execução

Com os projetos de alvenaria definidos e, vencidas as etapas de fundações profunda e rasa, parte-se para a elevação das paredes. Primeiramente, é necessário realizar a locação da fiada ímpar de acordo com o projeto de modulação, sempre respeitando a posição dos componentes das instalações elétricas e hidráulicas, conforme ilustrado na figura 21.

Figura 21 – Execução de primeira fiada



1ª fiada assentada: instalações compatibilizadas com a Alvenaria Estrutural

Fonte: Procedimentos Brio Incorporadora, 2025

Os blocos da primeira fiada que possuem armadura vertical deverão conter uma janela de inspeção, que pode ser no formato de um triângulo ou quadrado, cortada com máquina de corte e disco apropriado, prevendo a limpeza do seu interior, antes que seja executado o grauteamento, como mostra a figura 22.

Figura 22 – Janela de inspeção



Fonte: Procedimentos Brio Incorporadora, 2025

Nesta etapa, são conferidos nivelamento, esquadro, prumo, medidas de vãos e dimensões internas dos ambientes. Em seguida, inicia-se o processo de elevação da alvenaria até a 5ª ou 6ª fiada, seguindo atentamente o projeto. Durante este processo, é fundamental que exista o acompanhamento das equipes de instalações, para garantir o correto posicionamento de eletrodutos e possíveis tubulações embutidas na alvenaria. Para a instalação das caixas de elétrica é necessário que os blocos sejam perfurados em paralelo à elevação das paredes, assim eles serão assentados já com as perfurações evitando danos e retrabalhos futuros. Como indicado na figura 23.

Figura 23 – Elevação da alvenaria até a 5ª ou 6ª fiada



Fonte: Procedimentos Brio Incorporadora, 2025

Em seguida, é necessário realizar a limpeza dos pontos de graute verticais, removendo-se todo o excesso de argamassa dos blocos através das janelas de inspeção. Na sequência as armações são posicionadas, fixadas e transpassadas; fecha-se as janelas de inspeção com auxílio de chapas de madeira e fita Hellerman, e então o graute é lançado sobre os pontos verticais, vergas e cintas, como mostra a figura abaixo.

Figura 24 – Lançamento de graute



Fonte: Procedimentos Brio Incorporadora, 2025

No adensamento, sempre manual, deve-se empregar haste entre 10 mm e 15 mm de diâmetro, devendo a haste ter comprimento suficiente para atingir toda a extensão do vazado, não sendo permitido utilizar a própria armadura da parede para esse adensamento. Abrir janela de inspeção de graute na fiada subsequente ao grauteamento da etapa anterior.

Após a conferência e liberação por parte da equipe responsável, é executada a elevação até a última fiada (que geralmente é formada por blocos em “J” e “U”), respeitando-se os vãos e a modulação.

Com a alvenaria pronta, as armaduras verticais e horizontais são posicionadas e devidamente amarradas/transpassadas em seus pontos de ancoragem. Repete-se a etapa de limpeza dos pontos de graute através das janelas de inspeção e, posteriormente, o material fluído é lançado sobre os pontos sempre com atenção para que o adensamento seja garantido. A figura 25 ilustra a alvenaria já elevada até a altura do respaldo.

Figura 25 – Elevação da alvenaria até a última fiada

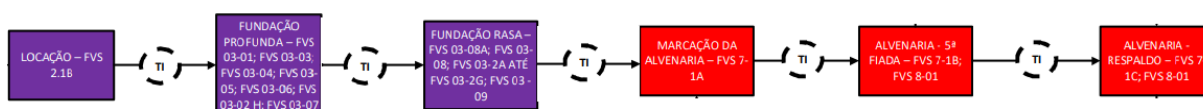


Fonte: Procedimentos Brio Incorporadora, 2025

Cada etapa deve ser devidamente controlada, inspecionada e ensaiada pelas equipes de engenharia responsáveis. A negligência de qualquer fase pode gerar patologias e retrabalhos, exigindo correções que afetam o prazo e o custo da obra.

Para garantir o encadeamento lógico das atividades construtivas, é comum que se utilize o conceito de macrofluxo, que representa um fluxo produtivo sequenciado conforme mostrado na figura 26. Quando ele é desrespeitado – seja por atrasos em ensaios, uso de materiais não rastreados ou falta de conferência – o processo perde estabilidade.

Figura 26 – Macrofluxo alvenaria estrutural



Fonte: Procedimentos – Brio Incorporadora

3.4 O CONTROLE TECNOLÓGICO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

O controle tecnológico é a união de práticas aplicadas para verificar se os materiais e processos empregados em campo atendem aos requisitos técnicos, e de desempenho definidos em norma e projeto. Isaia (IBRACON, 2011) o estabelece como uma ferramenta de **gestão de variabilidade**, cujo objetivo é reduzir incertezas garantindo qualidade e segurança ao produto final.

Na construção civil moderna, o controle tecnológico também possui uma proporção gerencial, atuando como um elo entre projeto e execução. Além de garantir qualidade, a prática contribui para a melhoria da produtividade, previsibilidade de custos e gestão de riscos. Em contrapartida, a falta de controle pode levar a um ciclo de perdas, como: materiais fora de especificação, retrabalhos, patologias e atrasos de cronograma.

No caso da alvenaria estrutural, existem diferentes tipos de ensaios que podem ser realizados no controle tecnológico, de acordo com a necessidade de cada obra. Abaixo são apresentados alguns exemplos de ensaios importantes que são exigidos para a alvenaria estrutural.

3.4.2 Resistência característica de blocos de concreto

O ensaio de blocos de concreto é considerado o marco inicial do controle tecnológico de alvenaria estrutural. Seu objetivo é determinar a resistência à compressão e a absorção de água de tais elementos, garantindo que eles atendam aos requisitos mínimos pré-estabelecidos em norma e projeto.

Segundo a ABNT NBR 12118:2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 6), esse ensaio é importante para o controle de recebimento e produção, pois é o parâmetro essencial para verificar a qualidade e a uniformidade dos blocos fornecidos para a obra. Isso permite a validação do fornecedor e contribui para que se estabeleça correlação com os ensaios de prismas, realizados posteriormente para representar o comportamento do conjunto estrutural.

Figura 27 – Blocos de concreto



Fonte: acervo pessoal do autor, 2025

De acordo com a norma, cada amostra deve ser composta por, no mínimo, **seis blocos** originários de um mesmo lote de produção, selecionados de maneira aleatória e sem danos visíveis. A amostragem deve representar com precisão o lote de blocos a ser ensaiado, estando estes curados por, no mínimo, 28 dias, em condições ambientes normais, e livres de qualquer sujeira, graxa ou argamassa.

Essa etapa é fundamental, pois garante a rastreabilidade e representatividade dos resultados, ou seja, ajuda a identificar para quais pavimentos os blocos foram direcionados. Ensaiar blocos sem origem definida pode levar a resultados inconsistentes e retrabalhos decorrentes da qualidade do material, erro comum em canteiros de obras que não possuem um plano de controle tecnológico.

A primeira etapa do ensaio consiste em uma análise dimensional dos blocos pertencentes a amostra, pois garante a qualidade de fabricação e é um dado importante para o posterior cálculo da resistência a compressão. Com o auxílio de um paquímetro metálico calibrado, são realizadas no mínimo três determinações em pontos distintos para cada dimensão do corpo de prova (largura, comprimento e altura). Na sequência, é calculada a área bruta, multiplicando a largura pelo comprimento, sem o desconto dos furos. Todas as leituras são expressas em milímetros.

Em seguida, os blocos seguem para o ensaio de resistência a compressão, utilizando-se uma prensa que atenda às condições descritas no item 6 da norma ABNT NBR 12118:2013. Antes do ensaio, as faces de apoio dos blocos precisam ser regularizadas, para que o contato entre o elemento e as placas da prensa seja uniforme, tal processo recebe o nome de capeamento.

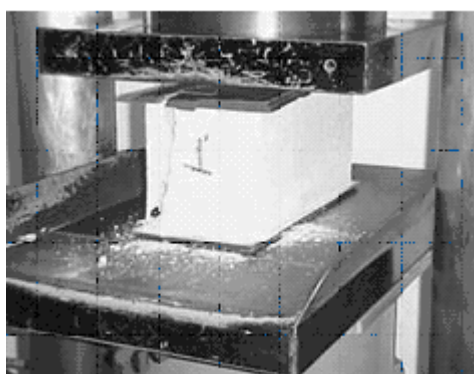
A norma sugere que o capeamento seja feito com pastas ou argamassas que sejam capazes de resistir às tensões do ensaio, aplicadas de modo a formar uma fina e nivelada camada sobre as duas faces de compressão. É permitido o uso de enxofre, desde que a camada não ultrapasse 3 mm.

O bloco é então posicionado de forma que seu eixo vertical coincida com o eixo de aplicação da carga, evitando excentricidades que poderiam comprometer a medição da resistência do material, conforme ilustrado na figura 28. Em seguida, é aplicada a carga de forma contínua e com velocidade de deformação controlada, até que o bloco seja rompido. Então, é registrada a carga máxima (F) no momento da ruptura, e a resistência à compressão é calculada pela relação:

$$f_b = \frac{F}{A_b} \quad (1)$$

Onde f_b é a resistência a compressão do bloco em MPa; F é a carga máxima aplicada expressa em N; e A_b é a área bruta da seção transversal em mm². O processo é repetido para os seis corpos de prova que compõem a amostra.

Figura 28 – Compressão de blocos de concreto



Fonte: Fk comercio, 2025.

Após a execução dos ensaios, deve ser emitido um relatório técnico que contenha:

- O valor médio de cada uma das dimensões reais dos corpos de prova, expressas em milímetros (mm);

- A identificação do lote, do fabricante e a idade das amostras;
- O valor da carga máxima de ruptura referente a cada corpo de prova ensaiado, expresso em Newtons (N);
- Resultados individuais e médios de resistência a compressão dos corpos de prova, expressos em megapascals (MPa);
- O valor da resistência característica à compressão da amostra, para que seja feita a análise com base nos resultados obtidos, também expressa em megapascals (MPa);
- O valor da umidade relativa média dos blocos no momento do ensaio à compressão, expresso em porcentagem (%);
- A conclusão sobre a conformidade com os requisitos da ABNT NBR 6136:2019 e do projeto estrutural.

Além da análise dimensional e da resistência a compressão, a absorção de água é um parâmetro que pode ser utilizado no controle tecnológico de alvenaria estrutural, no entanto, este ensaio fica a critério do projetista podendo ser solicitado ou não. Primeiramente as amostras são submetidas à uma estufa, depois é pesada sua massa seca. Em seguida, são imersas em água, retiradas e pesadas novamente, obtendo assim a massa úmida. Por fim, é obtido o índice de absorção da água (AA), pela relação:

$$AA (\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} * 100 \quad (2)$$

Onde m_u e m_s representam a massa úmida e a massa seca de cada corpo de prova, respectivamente, expressas em gramas (g).

3.4.3 Resistência característica de prismas

Os ensaios de prismas constituem uma etapa importante do controle tecnológico de alvenaria estrutural, pois permitem avaliar o comportamento de todo o sistema bloco-argamassa-graute em relação à compressão. Os prismas costumam representar de forma mais fiel o desempenho real de uma parede, uma vez que considera as interfaces, juntas, rigidez e interação entre os materiais.

Como já apresentado anteriormente no presente trabalho, segundo a ABNT NBR 16868-3:2020, os prismas podem ser **ocos (vazados)** ou **cheios (grauteados)**, simulando duas situações distintas das paredes, evitando-se o uso de blocos

fissurados ou defeituosos. A norma recomenda que a amostra-padrão seja composta por, no mínimo, **seis** prismas por tipo, sendo aconselhável a construção adicional de igual número de exemplares para eventual contraprova, conforme ilustrado na figura 29.

Os conjuntos devem ser construídos com materiais representativos do lote utilizado em obra, ou seja:

- Blocos originados da mesma remessa/lote;
- Argamassa preparada conforme traço executado em obra, e proveniente do mesmo local de aplicação da alvenaria;
- Graute do mesmo lote utilizado na alvenaria.

Figura 29 – Prismas cheio e oco de bloco de concreto



Fonte: acervo pessoal do autor, 2025

A moldagem dos prismas deve ser rigorosa e seguir o mesmo processo adotado na obra, durante a execução da alvenaria. Para tanto, as fiadas devem ser assentadas com juntas uniformes, preparados sobre bases planas, indeformáveis e limpas. Inicialmente, se coloca o bloco sobre a base nivelada. Em seguida, a argamassa é disposta por toda a interface do bloco, incluindo todos os septos laterais

e transversais. O outro bloco deve ser assentado sobre a argamassa, evitando-se movimentos horizontais.

No caso dos prismas cheios, deve ser removido o eventual acúmulo de argamassa no fundo dos furos a serem preenchidos. Então, cada prisma é molhado e o graute é lançado dentro dos furos dos blocos, sendo adensado em duas camadas de 12 golpes cada, com auxílio de uma haste conforme a ABNT NBR 5738:2015. A superfície é rasada e alisada por meio da colher de pedreiro, e imediatamente coberta por um filme impermeável.

Depois de moldados, os prismas devem permanecer abrigados do sol e vento, respeitando o período de 28 dias para a cura. É importante que eles permaneçam imóveis durante pelo menos sete dias e, para seu transporte após a cura, devem ser solidarizados por meio de chapas de madeiras, colocadas nos topos e amarradas por meio de arames, de modo a garantir a integridade do conjunto.

Durante a preparação para o ensaio, as superfícies superior e inferior dos prismas precisam ser regularizadas para garantir a aplicação uniforme da carga na prensa, assim como é feito no ensaio de blocos. A norma permite que o capeamento seja feito com enxofre, ou então um nivelamento com argamassa de alta resistência. É essencial que o eixo do prisma coincida com o eixo de aplicação da força, afim de que sejam evitadas excentricidades que possam afetar os resultados.

No ensaio de compressão, com o prisma centrado na prensa, é aplicada uma carga de forma contínua e controlada até que o corpo de prova seja rompido. Então, registra-se a carga máxima que é utilizada para o cálculo da resistência a compressão, dada pela relação:

$$f_p = \frac{F}{A_p} \quad (3)$$

Onde f_p é a resistência a compressão do prisma (MPa), F é a carga máxima em Newtons (N) e A_p é a área bruta da seção do prisma em mm².

Por fim, é emitido o relatório de ensaio que deve conter:

- Identificação dos lotes;
- Data de fabricação dos blocos e produção dos prismas;
- Tipo de prisma ensaiado (oco ou cheio);
- Dimensões;
- Carga máxima de ruptura;

- Cálculo de resistência;
- Descrição do modo de ruptura, podendo-se utilizar fotografias ou desenhos;
- Análise crítica da conformidade.

3.4.4 Tensão de ruptura da argamassa

O ensaio da tensão de ruptura da argamassa de assentamento também faz parte do conjunto de controle dos materiais da alvenaria estrutural.

A ABNT NBR 16868-2:2013 diz que a amostra de argamassa deve conter seis exemplares, e recomenda-se a construção adicional de igual número de exemplares para eventuais contraprovas. A moldagem e o ensaio devem ser realizados de acordo com a ABNT NBR 13279:2005.

São utilizadas fôrmas cilíndricas para moldagem dos corpos de prova, que serão divididos por idade de rompimento (geralmente divididas em 7, 28 e 63 dias). Todos os corpos-de-prova devem permanecer 48 h nos moldes, em câmara com umidade relativa mínima do ar de 95%. A seguir, devem ser desmoldados e imersos na água da câmara de cura até a idade de ensaio.

Com o auxílio de um paquímetro, se determina o diâmetro de cada corpo de prova e, na sequência, é feita a ruptura de cada elemento para que seja possível calcular a resistência a compressão.

3.4.5 Tensão de ruptura do graute

A resistência a compressão do graute também deve ser controlada em obra, e sua amostra precisa conter seis exemplares, moldados e ensaiados de acordo com a ABNT NBR 5738:2015 e ABNT NBR 5739:2018.

A amostragem deve ser representativa do graute que efetivamente está sendo utilizado no grauteamento da alvenaria em obra. De acordo com a norma ABNT NBR 5738:2015, inicialmente se realiza a preparação dos moldes cilíndricos que devem estar limpos e lubrificados para evitar aderência do material com o molde.

O graute é coletado diretamente do caminhão betoneira, e lançado dentro dos moldes em duas camadas, onde cada uma deve ser adensada com 12 golpes da haste de compactação, evitando a segregação. A superfície deve ser nivelada, garantindo acabamento uniforme. Cada corpo de prova precisa ser identificado com

data, lote, traço e local de aplicação, afim de contribuir para a rastreabilidade do material.

Após a moldagem, as peças devem permanecer em cura inicial de no mínimo 24 horas e, após esse período, os corpos de prova devem ser desmoldados e encaminhados para a cura úmida onde são armazenados em tanque de água saturada de cal, com temperatura controlada, até a idade de rompimento (geralmente 7, 28 e 63 dias).

O ensaio de compressão é realizado na prensa hidráulica calibrada, cuja capacidade é compatível com a resistência esperada pelo graute. Inicialmente, se mede o diâmetro (d) de cada corpo de prova em duas direções perpendiculares entre si. Em seguida, ele é posicionado com as faces paralelas às placas da prensa e centrado axialmente para evitar excentricidades indesejadas de carga. Feito isso, é aplicada a carga de forma contínua até o momento da ruptura.

Registra-se a carga máxima F suportada pelo corpo de prova, para que seja possível calcular a resistência à compressão, dada por:

$$f_g = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Por fim, é apresentado o laudo contendo data de fabricação, local de aplicação, especificações do projetista, forma de ruptura, e os valores obtidos para a resistência à compressão.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada no presente trabalho foi desenvolvida com o intuito de compreender, de forma estruturada e técnica, a eficiência do controle tecnológico de alvenaria estrutural aplicado a uma obra do programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV), atrelada aos impactos que as não conformidades observadas podem causar na fase de acabamento, quando há necessidade de reforço estrutural realizado em momento considerado tardio.

Para tanto, foram realizados ensaios por um laboratório especializado, que se utiliza dos métodos baseados nas normas de desempenho, e emite os relatórios finais. Além disso, foi realizada uma análise financeira baseada nos retrabalhos causados pelo reforço estrutural, utilizando-se dados atuais e históricos retirados da planilha orçamentária do empreendimento.

4.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados compreendem os elementos físicos provenientes do controle tecnológico (bloco, graute, prisma e argamassa), documentos técnicos, normas, registros de obra e dados numéricos que sustentam o estudo de caso.

Para os ensaios de resistência a compressão dos blocos e dos prismas, o laboratório utilizou uma prensa hidráulica SOLOTEST, cujo certificado de calibração é o 72449/24 – 01/24, e sua capacidade é de 200 tf (tonelada-força).

Figura 30 – Prensa hidráulica SOLOTEST



Fonte: Solotest, prensas hidráulicas, 2025

Já para os ensaios dos corpos de prova de argamassa e graute, a empresa utiliza a prensa PAVITEST.

Figura 31 – Prensa de ruptura PAVITEST



Fonte: Contenco prensas hidráulicas manuais, 2025.

4.2 METODOLOGIA

4.2.2 Cálculo das resistências características

4.2.2.1 Resistência característica dos blocos de concreto

Para o cálculo da resistência característica a compressão dos blocos de concreto, utiliza-se o procedimento descrito no item 6.5 da ABNT NBR 6136:2016. A norma define que o tamanho da amostra pode variar de acordo com a quantidade de blocos que compõe o lote, de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Tamanho da amostra de blocos

Quantidade de blocos do lote	Quantidade de blocos da amostra		Quantidade mínima de blocos para ensaio dimensional e resistência à compressão axial		Quantidade de blocos para ensaios de absorção e área líquida
	Prova	Contraprova	Critério estabelecido em 6.5.1	Critério estabelecido em 6.5.2	
Até 5 000	7 ou 9	7 ou 9	6	4	3
5 001 a 10 000	8 ou 11	8 ou 11	8	5	3
Acima da 10 000	9 ou 13	9 ou 13	10	6	3

Fonte: ABNT NBR 6136:2016

É comum que se trabalhe com lotes de até 5000 elementos, compondo então uma amostra de 6 blocos para ensaio dimensional e de resistência à compressão axial, sendo utilizado igual quantidade para contraprova. Para o cálculo da tensão de ruptura, é necessário dividir o valor da carga máxima de ruptura, obtida através da prensa, pela área bruta do material, conforme equação (1) mostrada no referencial teórico.

Com os valores de tensão de ruptura de cada corpo de prova, pode-se estimar a resistência característica à compressão ($f_{bk,est}$) dos blocos de concreto do lote, através da expressão:

$$f_{bk,est} = 2 \left[\frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i-1} \right] - f_{bi} \quad (5)$$

Sendo,

n = quantidade de blocos da amostra;

$i = n/2$, se n for par;

$i = (n-1)/2$, se n for ímpar;

onde,

$f_{bk,est}$ é a resistência característica estimada da amostra, em MPa;

$f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}$ são os valores de resistência à compressão individuais dos corpos de prova da amostra, ordenados crescentemente.

Na sequência, a norma diz que não se deve tomar para $f_{bk,est}$ valor menor que $\Psi \cdot f_{b(1)}$, onde é adotado para Ψ os valores do quadro 3, em função da quantidade de blocos da amostra.

Quadro 3 – Valores de Ψ em função da quantidade de blocos

Quantidade de blocos	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18
Ψ	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

Fonte: ABNT NBR 6136:2016

Para concluir as análises, é necessário que seja feita uma comparação entre os valores das resistências características adotada e estimada:

- I. Se $f_{bk,est} \geq f_{bk}$, então a condição de resistência está atendida e o lote de blocos pode ser aceito;
- II. Se $f_{bk,est} < f_{bk}$, a condição de resistência não está atendida e o lote de blocos pode ser rejeitado;

4.2.2.2 Resistência característica dos prismas

O anexo A, da norma ABNT NBR 16868-3:2020, expõe o procedimento para o cálculo da resistência característica à compressão dos prismas, tanto oco quanto cheio.

Inicialmente é feita a análise dimensional e, com os dados obtidos, é possível obter a área bruta de cada corpo de prova. Na sequência, com o ensaio de ruptura realizado, obtém-se os valores de carga máxima, que dividido pela área bruta resulta na tensão de ruptura de cada corpo de prova da amostra, conforme mostra a equação (2) exposta no referencial teórico.

Dessa maneira, para amostragem com número de exemplares, n , menor que vinte e maior ou igual a seis, podemos calcular a resistência característica pela equação:

$$f_{pk,est} = 2 \left[\frac{f_{p(1)} + f_{p(2)} + \dots + f_{p(i-1)}}{i-1} \right] - f_{pi} \quad (6)$$

Onde,

n = quantidade de prismas da amostra, sendo $6 \leq n \leq 20$;

$i = n/2$, se n for par;

$i = (n-1)/2$, se n for ímpar;

$f_{pk,est}$ é a resistência característica estimada da amostra, em MPa;

$f_{p(1)} + f_{p(2)} + \dots + f_{p(i-1)}$ são os valores de resistência à compressão individual dos corpos de prova.

Em seguida, é necessário realizar algumas análises para se chegar ao valor da resistência característica da amostra.

- I. Se $f_{pk,est} < \emptyset \cdot f_{p(1)}$ (onde $\emptyset$ é o fator de incerteza, definido em função da tabela abaixo, e $f_{p(1)}$ é o maior valor das amostras), adota-se $\emptyset \cdot f_{p(1)}$ como a resistência característica da amostra.
- II. Se $f_{pk,est} > \emptyset \cdot f_{p(1)}$ adota-se $f_{pk,est}$ como a resistência característica da amostra.

Quadro 4 – Valores de ϕ em função da quantidade de prismas

Nº de elementos	ϕ
3	0,80
4	0,84
5	0,87
6	0,89
7	0,91
8	0,93
9	0,94
10	0,96
11	0,97
12	0,98
13	0,99
14	1,00
15	1,01
16 e 17	1,02
18 e 19	1,04

Fonte: ABNT NBR 16868-3:2020.

4.2.2.3 Resistência característica do graute

A determinação da resistência a compressão do graute, segue as premissas da ABNT NBR 16868-2:2020 e também da ABNT NBR 5739:2018. Inicialmente, são moldados no mínimo seis corpos de prova de graute (solicitado pela ABNT NBR 6136:2016) representativos da amostra, e conforme ABNT NBR 5738:2015. Eles são rompidos para as idades diferentes de cura, definidas em projeto e norma, sendo elas:

- Aos 7 dias, para que já se tenha uma noção prévia da curva de resistência do graute;
- Aos 28 dias, que é a idade definitiva do concreto, onde a resistência é atingida com 95% de confiabilidade;

Com a carga máxima de ruptura obtida para cada corpo de prova, divide-se o valor pela área efetiva da amostra, encontrando a resistência característica estimada que deve ser comparada com a adotada. O lote é aceito se o valor característico obtido for maior ou igual ao especificado em projeto.

4.2.2.4 Resistência característica da argamassa

De acordo com as partes dois e três da ABNT NBR 16868:2020, para o ensaio da argamassa de assentamento, é necessário moldar no mínimo seis corpos de prova representativos do lote recebido em obra, seguindo o procedimento conforme ABNT NBR 13279:2005.

Com a carga máxima de ruptura obtida para cada corpo de prova aos 28 dias, divide-se o valor obtido pela área da seção, encontrando a resistência a compressão de cada elemento da amostra. Na sequência, de acordo com o item 5.2 da ABNT NBR 13279:2005, calcula-se a média das resistências individuais, em MPa, dos corpos de prova ensaiados. O resultado deve ser arredondado ao decimal mais próximo. Por fim, basta verificar se o resultado atende às especificações de projeto.

5. ESTUDO DE CASO

Com o propósito de se analisar na prática como o reforço estrutural, quando tardio, influencia diretamente as fases construtivas da obra; escolheu-se um empreendimento em que o método da alvenaria estrutural foi utilizado, tornando possível a análise dos dados de controle tecnológico, as não conformidades e os impactos construtivos e financeiros decorrentes das falhas observadas.

O local escolhido para o estudo de caso foi uma das obras onde o autor realizou seu estágio obrigatório para sua graduação, tornando assim toda a experiência acadêmica e profissional mais completas e práticas.

A obra em questão está localizada no município de Ribeirão Preto – SP e compõe-se de um condomínio em construção, composto por módulos de implantação, anexos (que são as áreas comuns) e torres, totalizando 22.697,74 m² de área construída.

Figura 32 – Vista superior do empreendimento



Fonte: Brio Incorporadora, 2025

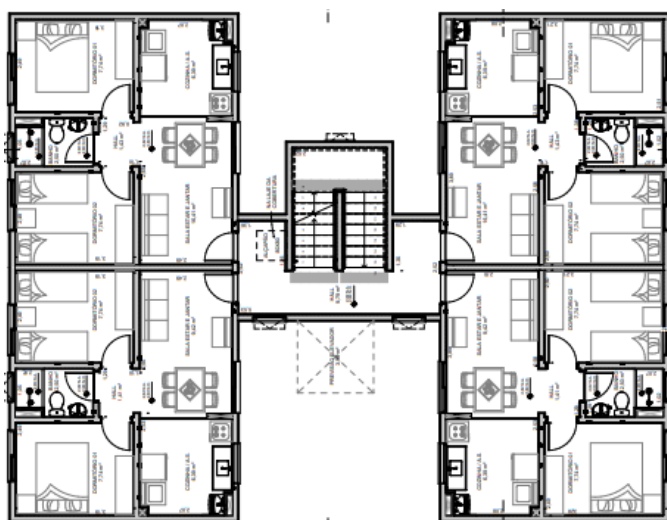
O empreendimento é caracterizado como residencial multifamiliar, considerado popular, pois integra o programa “Minha Casa, Minha Vida (MCMV)” do atual governo federal. Composto por unidades habitacionais padronizadas distribuídas em conjuntos, edificados em alvenaria estrutural de blocos de concreto, o condomínio contará com 10 torres de 4 pavimentos (térreo + 3 pavimentos) totalizando 456 apartamentos.

A obra é formada por edifícios repetitivos, com pavimentos tipo idênticos, o que favorece a racionalização construtiva, a padronização dos processos e o controle do macrofluxo produtivo. As unidades habitacionais possuem aproximadamente 45 m²,

com planta padrão composta por sala de estar e cozinha integradas, dois dormitórios e banheiro social.

As torres numeradas de 2 a 10, são compostas por 48 apartamentos cada uma. Essa quantidade é dividida em três blocos em formato de “H” com 16 unidades. Cada bloco possui quatro apartamentos por pavimento, o que resulta em um total de 12 unidades por andar quando considerados os três blocos que compõem a torre, o que nos dá uma área construída, por pavimento, de 600 m² em planta. Já a torre 1 é formada por um bloco “H” de 16 apartamentos, e um bloco complementar de 8 apartamentos. A figura 32 mostra a configuração de um bloco “H”.

Figura 33 – Layout bloco “H” pavimento tipo



Fonte: Autodoc projetos, 2025

Um fato importante que ocorreu na obra foi a necessidade de execução de reforço estrutural, uma vez que alguns resultados de resistência a compressão não foram satisfatórios. Os pavimentos: Torre 4 – térreo, e Torre 6 – segundo apresentaram valores abaixo dos solicitados em projeto, sendo exigido reforço por parte do engenheiro calculista responsável.

A fim de analisar as consequências das falhas no controle tecnológico e do reforço estrutural realizado, foram comparados os resultados obtidos para os três pavimentos citados, bem como os custos, impactos construtivos e alteração no cronograma da obra; levando-se em consideração os cenários de “reforço realizado em tempo hábil” x “reforço realizado tardiamente (com apartamentos prontos)”

5.1 O PLANO DE CONTROLE TECNOLÓGICO (PCT) DA OBRA

Antes do início de uma obra, na fase de traçar o planejamento de serviços e materiais que precisam ser controlados, é importante construir um plano de controle tecnológico (PCT), que é o documento que visa atender às exigências da ABNT NBR 15575 (Norma de desempenho das edificações) e ao regime SiAC (Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil), desenvolvido pelo PBQP-H, e é um dos maiores aliados na gestão do controle dos materiais em obra.

No PCT encontram-se os materiais que precisam ser controlados, o número de amostras que precisam ser coletadas, bem como as frequências com as quais os ensaios são realizados. Para a obra analisada, foi criado um plano pelo calculista responsável baseando-se nas especificações de projeto e nas normas já citadas anteriormente.

Tabela 1 – PCT da obra

LOGO DA EMPRESA	Sistema de Gestão da Qualidade			Identificação / Revisão			
	Plano de Controle Tecnológico - PCT			F.PROJ.22.01			
				29/04/2021			
Material/Sistema	Critério	Tipo de Controle	Frequência	Responsável			
				Incorporadora	Construtora	Fabricante	Projetista
OBRA LAR EGITO							
Sistemas estruturais de concreto	Resistência à compressão	Ensaio de resistência à compressão de CP de concreto	A cada caminhão de concreto entregue na obra		X		
Sistemas estruturais de bloco de concreto	Resistência à compressão	Ensaio de resistência à compressão	1 a cada 600m²		X		
Sistemas estruturais de argamassa de assentamento	Resistência à compressão	Ensaio de resistência à compressão	1 a cada 600m²		X		
Sistemas estruturais de graute	Resistência à compressão	Ensaio de resistência à compressão	1 a cada 600m²		X		
Sistemas estruturais de Prisma Oco	Resistência à compressão	Ensaio de resistência à compressão	1 a cada 600m²		X		
Sistemas estruturais de Prisma Cheio	Resistência à compressão	Ensaio de resistência à compressão	1 a cada 600m²		X		

Fonte: Brio Incorporadora, 2025

Pelo plano de controle tecnológico desenvolvido, é possível observar que as coletas e ensaios eram feitos a cada 600 m² de área construída em planta, atendendo ao item 8.2 da ABNT NBR 16868-2:2020. Dessa forma, como cada pavimento das torres possui a mesma área citada, era feito um ensaio por pavimento construído.

Quando os materiais chegavam em obra, eles eram coletados seguindo as seguintes quantidades solicitadas no PCT:

- Bloco estruturais: eram coletados 12 elementos representativos dos lotes. Em um primeiro momento são enviados 6 blocos para o laboratório para

serem ensaiados (prova), enquanto os outros 6 blocos devem ficar armazenados, como contraprova, até que se tenha o resultado da primeira amostra. Em caso de resultado satisfatório, as contraprovas são descartadas, caso contrário, são encaminhadas ao laboratório para ensaio.

- Argamassa: para cada amostra, moldam-se 6 corpos de prova para ruptura, no qual os 3 primeiros são rompidos após 7 dias e os outros 3 após 28 dias. O resultado de 28 dias deve atingir a resistência solicitada em projeto.
- Graute: O controle do graute deve ser semelhante ao da argamassa. Em cada amostra são moldados 6 corpos de prova, onde metade é rompido aos 7 dias e a outra metade aos 28 dias. Assim como a argamassa, o resultado para a idade final deve ser igual ou superior a resistência solicitada.
- Prisma oco: A modelagem dos prismas deve ser acompanhada pelo laboratório responsável. Para o assentamento dos prismas oco, necessitamos de 24 blocos, e argamassa, que devem ser do mesmo lote dos materiais que foram ensaiados para o pavimento. Para os prismas oco, são moldados 12 corpos, que devem ser mantidos imóveis e protegidos durante 28 dias. Após esse período, 6 prismas são enviados para serem rompidos em laboratório, enquanto os outros 6 devem ficar armazenados e protegidos até que saia o resultado da primeira amostra. Em caso de resultados acima do esperado, essas amostras guardadas podem ser descartadas. Caso contrário, devem ser encaminhadas para o laboratório para serem ensaiadas como contraprova dos primeiros resultados.
- Prisma cheio: O controle dos prismas cheios deve ser feito muito semelhante ao do prisma oco, e sua modelagem também deve ser acompanhada pelo laboratório responsável. Primeiro, é necessário assentar os prismas, que somam 24 blocos e argamassa. Assim como nos prismas ocos, estes devem ser do mesmo lote dos blocos e argamassa que foram ensaiados para o pavimento. Depois do assentamento, os prismas devem ser deixados em espera por no mínimo 16 horas. Após esse período, vem a segunda etapa da modelagem, o enchimento com graute, que também deve ser acompanhado por um laboratório responsável para coleta e ensaio. Para os prismas cheios, também são moldados 12 corpos, que devem ser mantidos imóveis e protegidos durante 21 dias. Após esse

período, enviamos 6 prismas para serem rompidos em laboratório, são os corpos de prova, enquanto os outros 6 devem ficar armazenados e protegidos até que saia o resultado da primeira amostra. Em caso de resultados acima do esperado, essas contraprovas podem ser descartadas, caso contrário, devem ser encaminhadas para o laboratório para serem ensaiados como contraprova dos primeiros resultados.

Cabe salientar que os materiais eram rastreados por pavimento (o que representa cada “lote” de controle realizado). Sempre que chegavam em obra, já eram destinados para o pavimento específico de sua aplicação, e ali eram separadas e moldadas as amostras que, posteriormente, eram armazenadas em local coberto e seguro.

5.2 SOCIEDADE DE PROPÓSITO ESPECÍFICO (SPE)

A SPE (Sociedade de Propósito Específico) é um modelo societário no qual é criada uma nova empresa, com CNPJ próprio, com o objetivo de desenvolver um único empreendimento imobiliário e é desfeita ao término de sua construção. No estudo em específico, existe uma SPE para a obra em questão, que responde a todo o fluxo financeiro do empreendimento.

A criação de uma SPE é uma estratégia de gestão e diminuição de riscos, que auxilia na gestão da exposição de caixa de uma empresa, que conta com os financiamentos do programa Minha Casa Minha Vida para construir. Essa exposição de caixa refere-se à necessidade que uma incorporadora tem de injetar recursos próprios para cobrir custos iniciais do empreendimento, antes da liberação do financiamento pela Caixa Econômica Federal.

É importante trazer esse conceito para o estudo para que entendamos sua relação com o controle tecnológico de uma obra desse modelo.

No caso da obra utilizada como objeto de estudo, a liberação dos recursos do financiamento por parte do banco credor, era feita por módulos. Ou seja, a obra era dividida em etapas construtivas, que mensalmente eram mensuradas pelo órgão para que o dinheiro fosse liberado. Diante disso, a incorporadora (SPE principal) aporta seu capital próprio para que as etapas do processo construtivo sejam executadas, gerando uma exposição, até que esse recurso volte através de pagamentos feitos pelo órgão credor.

Essa dinâmica gera uma interdependência entre a execução técnica da obra e o retorno financeiro do investimento, tornando a velocidade, eficiência e qualidade elementos essenciais para a saúde financeira da incorporação.

Nesse sentido, surge um dos grandes dilemas operacionais, que é o conflito entre o tempo de cura dos materiais e o ritmo produtivo imposto. Por norma, os ensaios como o de compressão de prismas ou corpos de prova de concreto exigem um período de 28 dias de cura para que se obtenha os resultados. Contudo, em obras desse modelo (ritmo acelerado e fluxo de caixa apertado), aguardar esse prazo para ir para a próxima etapa pode travar a evolução dos pavimentos superiores.

Nesse cenário, a maioria das construtoras assumem um risco técnico calculado: avançar para a próxima etapa antes da liberação oficial dos resultados, no entanto, amparadas em um controle tecnológico rigoroso de materiais e fornecedores. Trazendo para a realidade do nosso estudo de caso, é como dar início a construção do 1º pavimento tipo sem ao menos ter ciência se os resultados de resistência a compressão do pavimento térreo, foram satisfatórios ou não. Devemos, portanto, garantir a boa qualidade do controle tecnológico para que não ajam falhas; entretanto, se houver reprovação, é necessário executar reforços estruturais, o que acarreta em custos adicionais e perda de produtividade, como nos casos dos pavimentos estudados neste trabalho: Torre 4 – Térreo e Torre 6 – 2º pavimento.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo traz a análise dos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais realizados ao longo da obra, para os dois pavimentos que são objetos deste estudo de caso: **Térreo da Torre 4** e **Segundo pavimento da Torre 6**. Além disso, é feita uma comparação entre os dados evidenciando as relações entre o controle tecnológico, desempenho estrutural, eficiência produtiva e o impacto financeiro do empreendimento.

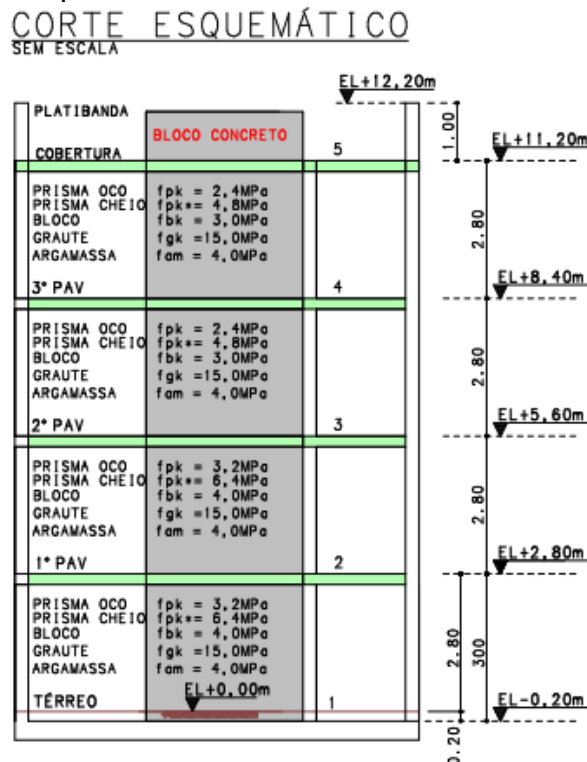
6.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE BLOCOS ESTRUTURAIS

Inicialmente, para os pavimentos analisados – **Torre 4 (Térreo)** e **Torre 6 (2º pavimento)** – foram analisados os ensaios de resistência a compressão dos blocos estruturais de concreto de 14x19x39 cm, representativos dos lotes separados para os pavimentos em questão.

De acordo com o projeto estrutural, a resistência característica f_{bk} varia conforme o pavimento, onde os valores de referência são:

- **Torre 4 – Térreo:** $f_{bk} = 4,0 \text{ MPa}$;
- **Torre 6 – 2º pavimento:** $f_{bk} = 3,0 \text{ MPa}$;

Figura 34 – Corte esquemático das resistências características dos materiais



Fonte: Projeto estrutural Brio Incorporadora, 2025

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios de compressão, obtidos para o pavimento térreo da torre 4.

Tabela 2 – Controle tecnológico de bloco – Torre 4 – Térreo

Dados do Ensaio

Corpo de Prova Nº	Peso (g)	Altura (mm)	Largura (mm)	Compr. (mm)	Área de Trabalho (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão de Ruptura (MPa)	- fb (MPa)	fb1 (MPa)
1	10330	190	138	390	53820	351608	6,53	6,64	6,03
2	10550	190	137	390	53430	357542	6,69		
3	10830	194	139	389	54071	326059	6,03		
4	10240	190	137	389	53293	361542	6,78		
5	10500	190	138	388	53544	359090	6,71		
6	10540	193	138	387	53406	379812	7,11		
MÉDIA		191	138	389	6	Coef. de confiabilidade “Ψ6”			0,89
Número “n” de peças ensaiadas =>				=>					
Resistência Característica : $2 \cdot \frac{fb1 + fb2 + ...fbm - 1}{m - 1} - fbm$					fbk _{est} : 5,87 MPa	fbk _{est} adotado: 5,87 MPa		Ψ6 . fb1 5,37 MPa	

NOTAS: Os resultados restringem-se às amostras ensaiadas.

Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora, 2025

O segundo resultado apresentado é referente aos ensaios de blocos de concreto, que compõe a amostra dos blocos utilizados no segundo pavimento da torre 6.

Tabela 3 – Controle tecnológico de bloco – Torre 6 – Segundo

Dados do Ensaio

Corpo de Prova Nº	Peso (g)	Altura (mm)	Largura (mm)	Compr. (mm)	Área de Trabalho (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão de Ruptura (MPa)	$\bar{f_b}$ (MPa)	f_{b1} (MPa)
1	10550	190	141	390	54990	220520	4,01	4,13	4,01
2	10250	190	140	391	54740	226372	4,14		
3	10540	191	140	391	54740	232127	4,24		
4	10340	190	141	392	55272	221504	4,01		
5	10690	191	140	390	54600	240200	4,40		
6	10240	190	140	390	54600	219128	4,01		
MÉDIA		190	140	391	6	Coef. de confiabilidade “Ψ6” =>			0,89
Número “n” de peças ensaiadas =>									
Resistência Característica : $2 \cdot \frac{f_{b1} + f_{b2} + \dots + f_{bm} - 1}{m - 1} - f_{bm}$					$f_{bk,est}$: 4,00 MPa	$f_{bk,est}$ adotado: 4,00 MPa		$\Psi_6 \cdot f_{b1}$ 3,57 MPa	

NOTAS: Os resultados restringem-se às amostras ensaiadas.

Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora, 2025

Observa-se que em ambos os ensaios os valores estão acima das resistências características de projeto, indicando a conformidade com as normas ABNT NBR 6136:2016 e ABNT NBR 16868-2:2020, que estabelecem os requisitos mínimos de resistência e controle dos blocos para alvenaria estrutural.

Além disso, os resultados obtidos nos permitem afirmar que não houve deficiência material nos blocos, ou seja, os lotes utilizados desse elemento da alvenaria estrutural possuíam resistência adequada, destacando a qualidade do material fornecido. Logo, as causas do reforço estrutural não se relacionam aos blocos analisados de maneira isolada, mas sim ao conjunto de interação bloco-argamassa-graute analisados nas seções seguintes.

6.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PRISMAS OCO E CHEIO

Durante a execução da obra, os prismas eram moldados no próprio canteiro, utilizando os mesmos blocos, argamassa e graute que eram destinados aos pavimentos específicos. Afim de tornar as amostras mais fiéis a realidade, os próprios pedreiros que participavam da execução da alvenaria, eram quem assentava e preenchia os corpos de prova.

Cada prisma era identificado com as notas fiscais dos materiais utilizados em sua composição, e com o seu local de destino para garantir a rastreabilidade. Além disso, foi construído um local de armazenamento, onde os corpos de prova eram abrigados e protegidos de ações do vento, chuva e sol.

Os prismas representam de forma mais realista o comportamento de uma parede, uma vez que integra as resistências todos os materiais empregados na alvenaria estrutural. Os ensaios foram realizados conforme a ABNT NBR 16868-3:2020, cujos valores da resistência característica exigida pelo projeto estão na tabela abaixo.

Tabela 4 – Resistência característica dos prismas

Pavimento	Prisma Oco – Fpk (MPa)	Prisma Cheio – Fpk (MPa)
T4 – Térreo	3,2	6,4
T6 – 2º Pavimento	2,4	4,8

Fonte: elaborada pelo autor, 2025

6.2.2 Torre 4 térreo

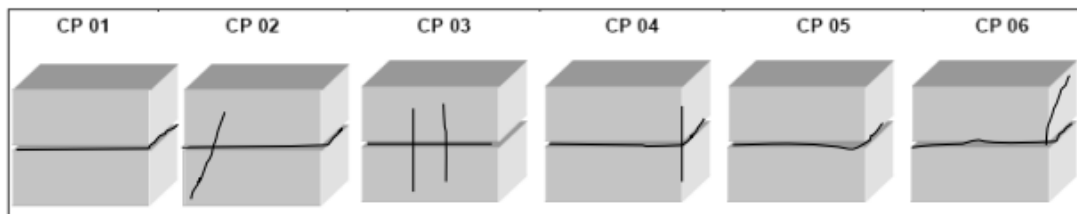
O primeiro resultado se refere ao ensaio com prisma oco da Torre 4, térreo, com blocos de concreto. As amostras foram rompidas após cerca de 28 dias do seu assentamento.

Tabela 5 – Controle tecnológico prisma oco – Torre 4 – Térreo

Ensaio de resistência à compressão

Corpo de Prova Nº	Compr. (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Seção de Trabalho* (mm²)	Carga Máxima	Tensão de Ruptura (MPa)		
					N**	Individual	F _p	F _{e(1)}
1	390	140	390	54600	150538	2,76	3,2	2,40
2	390	140	395	54600	141587	2,59		
3	390	140	395	54600	227971	4,18		
4	390	140	395	54600	131038	2,40		
5	390	140	392	54600	202520	3,71		
6	390	142	395	55380	200061	3,61		
Número "n" de peças ensaiadas => 6					Fator de Incerteza Ø => 0,89			
$f_{ek, est, 1} = 2 \cdot \left[\frac{(f_e (1) + f_e (2) + ... f_e (i-1))}{i - 1} \right] - f_e (i)$						$f_{ek, est 2 = \phi \times F_e(1) \text{ (MPa) } 2,14$		
						$f_{ek, est: \text{ (MPa) } 2,24$		

Descrição do modo de ruptura



Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora, 2025

A seguir, temos os resultados do ensaio de prisma cheio, também da torre 4, térreo, rompidos após 28 dias do assentamento.

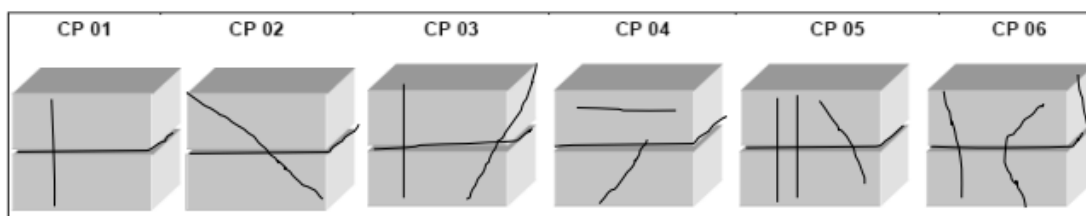
Tabela 6 – Controle tecnológico prisma cheio – Torre 4 – Térreo

Ensaio de resistência à compressão

Corpo de Prova Nº	Compr. (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Seção de Trabalho* (mm²)	Carga Máxima	Tensão de Ruptura (MPa)		
					N**	Individual	F _p	F _{e(1)}
1	392	140	392	54880	510369	9,30	8,8	8,38
2	392	141	392	55272	490125	8,87		
3	392	140	391	54880	477541	8,70		
4	391	141	390	55131	485369	8,80		
5	391	142	392	55522	465321	8,38		
6	390	140	391	54600	481258	8,81		
Número "n" de peças ensaiadas => 6					Fator de Incerteza Ø =>		0,89	
$f_{ek, est, 1} = 2 \cdot \left[\frac{(f_e (1) + f_e(2) + ...f_e(i-1))}{i - 1} \right] - f_e(i)$					8,28 MPa		f _{ek, est 2 = Ø x Fe(1) (MPa)} 7,46	
							f _{ek,est: (MPa)} 8,28	

* Utilizado 1Kgf = 9,80665 N

Descrição do modo de ruptura



Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora, 2025

Analisando os resultados obtidos, observamos que apenas o prisma oco apresentou resistência insuficiente, pois $f_{pk, est}$ ficou abaixo do mínimo solicitado em projeto. Esse comportamento sugere que o conjunto formado por bloco + argamassa não atingiu a capacidade mínima esperada, mesmo após os blocos terem atendido às condições de resistência.

Isso pode acontecer devido a problemas na execução das juntas, cura inadequada, ou até mesmo impacto na montagem das fiadas. Já o prisma cheio mostrou bom desempenho.

6.2.3 Torre 6 segundo pavimento

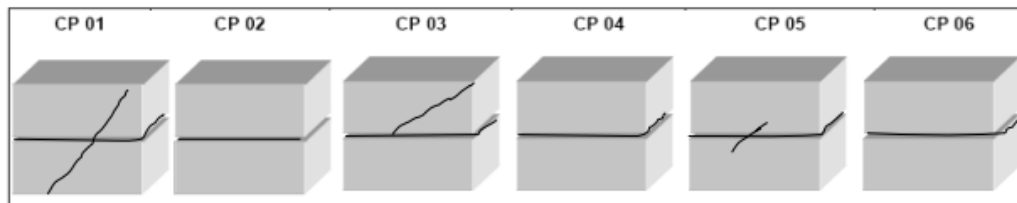
O primeiro resultado se refere ao ensaio com prisma oco da Torre 6, segundo pavimento, com blocos de concreto. As amostras foram rompidas após cerca de 28 dias do seu assentamento.

Tabela 7 – Controle tecnológico prisma oco – Torre 6 – Segundo pavimento

Ensaio de resistência à compressão

Corpo de Prova Nº	Compr. (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Seção de Trabalho* (mm²)	Carga Máxima	Tensão de Ruptura (MPa)		
					N**	Individual	F _P	F _{e(1)}
1	388	138	393	53544	114408	2,14	2,3	2,02
2	390	139	392	54210	116727	2,15		
3	391	140	391	54740	156620	2,86		
4	390	139	395	54210	129366	2,39		
5	391	140	393	54740	110378	2,02		
6	388	138	391	53544	125358	2,34		
Número "n" de peças ensaladas => 6					Fator de Incerteza Ø => 0,89			
$f_{ek, est, 1} = 2 \cdot \left[\frac{(f_e(1) + f_e(2) + ... f_e(i-1))}{i - 1} \right] - f_e(i)$ 2,00 MPa						$f_{ek, est\ 2 = \phi \times F_e(1)}$ (MPa) 1,79		
						$f_{ek, est:}$ (MPa) 2,00		

Descrição do modo de ruptura



Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora, 2025

A seguir, temos os resultados do ensaio de prisma cheio, também da torre 6, segundo pavimento, rompidos após 28 dias do assentamento.

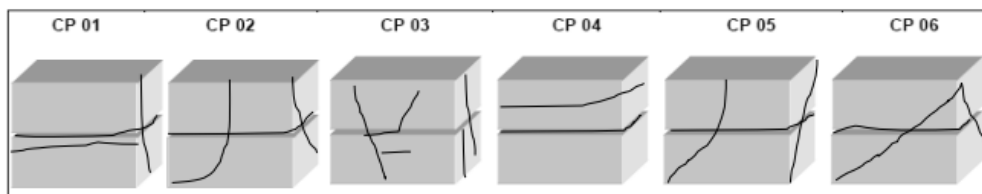
Tabela 8 – Controle tecnológico prisma cheio – Torre 6 – Segundo Pavimento

Ensaio de resistência à compressão

Corpo de Prova Nº	Compr. (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Seção de Trabalho* (mm²)	Carga Máxima	Tensão de Ruptura (MPa)		
					N**	Individual	F _p	F _{e(1)}
1	390	139	399	54210	348263	6,42	6,1	4,94
2	391	140	389	54740	270535	4,94		
3	390	139	390	54210	356796	6,58		
4	389	140	393	54460	334862	6,15		
5	390	139	394	54210	355172	6,55		
6	391	140	391	54740	312952	5,72		
Número "n" de peças ensaiadas => 6					Fator de Incerteza Ø => 0,89			
$f_{ek, est, 1} = 2 \cdot \left[\frac{(f_e (1) + f_e(2) + ...f_e(i-1))}{i - 1} \right] - f_e(i)$					4,51 MPa	$f_{ek, est\ 2 = \phi \times F_e(1)}$ (MPa) 4,40		
						$f_{ek, est:}$ (MPa) 4,51		

* Utilizado 1Kgf = 9,80665 N

Descrição do modo de ruptura



Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora

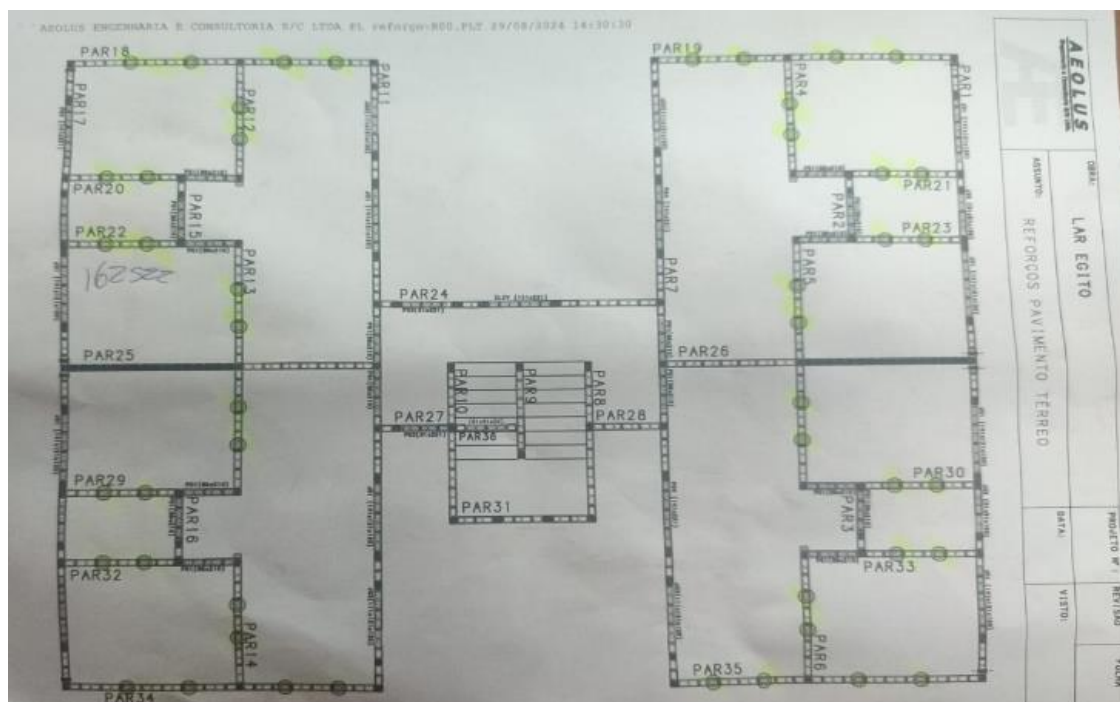
Analisando os resultados obtidos, observamos que ambos os prismas apresentaram resistência insuficiente, pois $f_{pk,est}$ ficou abaixo do mínimo solicitado em projeto. Esse comportamento sugere deficiência tanto na condição vazada, quanto na condição grauteada, tornando o problema deste pavimento mais sistêmico.

6.2.4 Ação do projetista estrutural e reforço solicitado

Considerando os resultados apresentados, notou-se que o desempenho estrutural dos prismas foi crítico nos dois pavimentos, ainda que em níveis distintos. Com o objetivo de garantir a segurança, o projetista estrutural responsável determinou que seria necessário executar um reforço estrutural nos pavimentos estudados.

A solução adotada consistiu na inserção de pontos de graute adicionais (sem armadura), a fim de auxiliar na absorção dos esforços da estrutura, conforme o novo projeto de reforço apresentado abaixo.

Figura 35 – Projeto de reforço estrutural exigido pelo projetista



Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora, 2025

Os pontos verdes representam os novos alvéolos dos blocos a serem preenchidos com graute. Já os vermelhos representam os pontos já existentes na alvenaria. O reforço estrutural exigido representou um aumento de 48 novos pontos de graute por bloco, totalizando 144 pontos de reforço por pavimento.

É importante ressaltar que, apesar dos pontos de reforço não contarem com armadura, como a maioria dos pontos de graute originais, a resistência característica à compressão do graute de reforço é de 25 Mpa, ou seja, superior ao material utilizado normalmente na estrutura.

Os apartamentos da torre 4 térreo encontravam-se prontos e com a fase de acabamentos já avançada, como mostra a figura abaixo.

Figura 36 – Apartamentos da torre 4 térreo



Fonte: Acervo pessoal do autor, 2025

Já os apartamentos do segundo pavimento da torre 6 ainda se encontravam em fase estrutural, como mostra a figura 37.

Figura 37 – Apartamentos da torre 6 segundo pavimento



Fonte: Acervo pessoal do autor, 2025

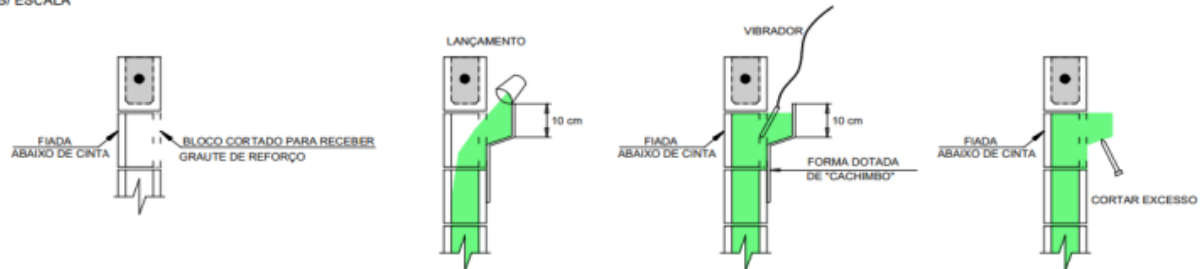
O primeiro passo para início do reforço é a abertura dos furos de inspeção, através de recorte nos blocos da primeira fiada de alvenaria e nos blocos localizados acima das cintas de graute. Eles são utilizados para a limpeza da região que receberá o reforço, assim como a conferência de deslocamento do graute por todo o alvéolo de

forma uniforme. Após o recorte do bloco, é realizada a limpeza da laje no local, removendo todo o material excedente, como restos de argamassa. Em seguida, esses furos são fechados com madeirite para que o graute não vaze.

Figura 38 – Detalhe executivo do reforço estrutural

DETALHE DA EXECUÇÃO

S/ ESCALA



Fonte: Projeto estrutural – Brio Incorporadora, 2025

6.3 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE GRAUTE

Na sequência, foram realizados os ensaios de resistência a compressão do graute conforme ABNT NBR 5738:2015 (moldagem e cura dos corpos de prova) e a ABNT NBR 5739:2018 (ensaio de compressão). O graute utilizado em obra possuía resistência característica $f_{gk} = 15 \text{ MPa}$, prevista em projeto para todos os pavimentos.

6.3.2 Torre 4 térreo

O primeiro resultado se refere ao ensaio dos corpos de prova de graute da Torre 4 – térreo. Foram rompidas três amostras para a idade de 7 dias, e mais três amostras para a idade de 28 dias. Adotando-se o maior valor obtido aos 28 dias como referência para análise.

Figura 39 – Controle tecnológico de graute torre 4 térreo

Comanda	N.F. Nº	B.T. Nº	TENSÃO (MPa)						Slump (mm)
			7	7	7	28	28	28	
			10/05/24	10/05/24	31/05/24	31/05/24	05/07/24	05/07/24	
481925	19736	198	6,4	6,5	8,9	9,0	13,0	13,0	230

Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora, 2025

Apesar de ficar 2 MPa abaixo do valor solicitado em projeto, o graute desse pavimento apresentou resistência relativamente elevada e comportamento satisfatório, mostrando capacidade de compensação de parte das deficiências do conjunto bloco-argamassa. Isso ajuda a explicar por que, no prisma cheio do térreo, o resultado foi significativamente acima da resistência mínima esperada.

É possível notar que, o reforço estrutural sugerido pelo projetista, foi necessário apenas por causa do prisma oco, não por deficiência severa do graute.

6.3.3 Torre 6 segundo pavimento

Foi repetido o mesmo procedimento para os corpos de prova moldados para o segundo pavimento da torre 6, e os resultados obtidos foram:

Figura 40 – Controle tecnológico de graute torre 6 segundo pavimento

Comanda	N.F. Nº	B.T. Nº	TENSÃO (MPa)						Slump (mm)
			7	7	7	28	28	28	
			19/08/24	19/08/24	09/09/24	09/09/24	14/10/24	14/10/24	
490603	21316	VB198	2,6	2,4	2,6	10,0	9,8	10,0	230

Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora, 2025

O graute do segundo pavimento apresentou um valor inferior ao valor mínimo especificado, atingindo cerca de 66% da resistência prevista. Tal resultado apresenta uma não conformidade, pois pode comprometer a rigidez das paredes e a aderência entre graute e bloco.

Além disso, fica visível o motivo pelo qual a resistência dos prismas cheios apresentou valor insuficiente, indicando fragilidade e necessidade de reforço estrutural.

6.4 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ARGAMASSA

Na obra em questão, a argamassa era do tipo usinada, fornecida por empresa terceirizada e preparada em central de produção de acordo com o traço exigido, sendo levada até a obra em caminhões betoneiras. O projetista estabeleceu um $f_{ak} = 4 \text{ MPa}$, e os ensaios foram feitos para 7 e 28 dias.

Figura 41 – Controle tecnológico de argamassa torre 4 térreo

COMANDA	Nota Fiscal	TENSÃO (MPa)					
		7	7	7	28	28	28
		09/05/24	09/05/24	09/05/24	30/05/24	30/05/24	30/05/24
479400	54328	10,9	10,1	9,9	12,3	12,4	12,4

Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora, 2025

Figura 42 – Controle tecnológico de argamassa torre 6 segundo

COMANDA	Nota Fiscal	TENSÃO (MPa)					
		7	7	7	28	28	28
		01/08/24	01/08/24	01/08/24	22/08/24	22/08/24	22/08/24
482396	55505	3,6	3,9	4,0	4,6	4,8	4,9

Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora, 2025

Observa-se que, em ambos os casos, a argamassa atendeu aos requisitos de projeto, mostrando que o reforço estrutural foi proveniente do conjunto bloco-argamassa.

6.5 ANÁLISE DE IMPACTOS DO REFORÇO ESTRUTURAL

O reforço estrutural que foi realizado no **térreo da Torre 4** causou um impacto financeiro significativo para a obra, principalmente porque ocorreu **tardiamente**, quando os apartamentos já estavam em fase avançada de acabamento. Esse cenário fez com que a intervenção fosse mais complexa, uma vez que foi necessário remover revestimentos, louças, metais, arremates de gesso e pintura, gerando retrabalhos mais extensos.

Por outro lado, o reforço executado no segundo pavimento da Torre 6 aconteceu ainda na fase estrutural, quando os apartamentos não haviam recebido revestimentos e acabamentos, como gesso, cerâmica, louças, metais e pintura. Essa antecipação contribuiu para que os pontos adicionais de grauteamento fossem executados mais rapidamente e com custo mais baixo, sem interferir na sequência produtiva. O reforço oportuno foi absorvido com naturalidade pelo cronograma da obra, sem geração de retrabalhos extensos e sem custos indiretos significativos, destacando-se como um exemplo de eficiência quando o controle tecnológico é analisado em tempo hábil.

A seguir, são apresentadas as análises econômicas dos impactos causados pelos reforços estruturais.

6.5.2 Torre 4 térreo

Com base na realidade da obra, foi feita a composição dos custos diretos do reforço estrutural realizado, com base no levantamento e análise detalhados das planilhas orçamentárias e boletins de medição da obra, considerando todas as etapas

executadas para viabilizar os novos pontos de grauteamento. É importante ressaltar que os valores associados variam de acordo com o mercado local, e o poder de negociação da construtora junto aos fornecedores de material e prestadores de serviço, podendo oscilar de acordo com volume de contratação e disponibilidade de equipes no período de execução.

Por se tratar de um retrabalho em fase avançada de obra, os custos acabam sendo superiores em relação aos praticados caso os serviços tivessem sido contratados na empreita inicial, ainda no início da construção.

Inicialmente, realizou-se todas as remoções necessárias para que fosse possível acessar as paredes que receberam novos pontos de grauteamento. Essa etapa envolve a remoção de revestimentos cerâmicos (parede e piso, nos pontos específicos), desmontagem de rodapés e soleiras, retirada de louças e metais, danificação da pintura nas áreas afetadas, cortes localizados na alvenaria.

Na sequência, foi feita a abertura das células estruturais para receber o graute, onde os vazios eram limpos e preparados para receber o material. O lançamento do graute industrializado foi feito por mão de obra especializada, com a utilização de funis e elementos auxiliares. Em seguida, a equipe de engenharia realizava a conferência do preenchimento total das células grauteadas por meio de inspeção direta e testes de percussão, com o auxílio de um martelo que era chocado ao longo de toda a extensão do ponto de graute, permitindo identificar eventuais vazios ou descontinuidades do material. Finalmente, foi feito o fechamento das aberturas na alvenaria.

Após o reforço, foi necessária a recomposição completa das áreas afetadas no apartamento. Nesta etapa, estão incluídos: reinstalação de revestimentos cerâmicos (pisos e azulejos), rejuntamento e nivelamento, arremates de gesso liso nos pontos afetados, aplicação de massa corrida e lixamento, e finalmente a pintura final do apartamento. Na sequência, foi feita a reinstalação das louças e metais sanitários que haviam sido retirados.

Cada unidade afetada pela intervenção precisou passar por uma nova sequência de limpeza, onde eram removidos os resíduos de graute, argamassa e entulhos gerados. Logo após, uma equipe especializada em “limpeza pós-obra” realizava a limpeza de cada apartamento, instalando as proteções de piso após a finalização do serviço. Todos os resíduos eram descartados em caçambas, e

transportados até os aterros por equipes e empresas especializadas e certificadas. Na tabela abaixo, temos os custos praticados durante todo o processo.

Tabela 9 – Custos do reforço realizado no térreo da torre 4

ETAPA	DESCRIÇÃO	CUSTO UNITÁRIO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO FINAL
GRAUTEAMENTO	Mão de obra para abertura dos furos e aplicação do graute. Valor por ponto	R\$ 50,00	pontos	144	R\$ 7.200,00
	Graute fck 15 B0 SLUMP 22+/-3, volume utilizado	R\$ 446,25	m³	10,7	R\$ 4.786,08
GESSO LISO E PINTURA INTERNA	Arremates de gesso e pintura final, valor cobrado por apartamento	R\$ 300,00	apto	12	R\$ 3.600,00
CERÂMICA	Retirada e assentamento de pisos e azulejos da região da cozinha e banheiro. Valor cobrado por apartamento	R\$ 300,00	apto	12	R\$ 3.600,00
LOUÇAS	Retirada e reinstalação de louças (pia, lavatório e bacia do banheiro). Valor cobrado por apartamento.	R\$ 103,25	apto	12	R\$ 1.238,98
METAIS	Retirada e reinstalação dos metais sanitários. Valor cobrado por apartamento.	R\$ 68,83	apto	12	R\$ 825,99
IMPERMEABILIZAÇÃO	Impermeabilização de áreas afetadas na cozinha e banheiro. Valor cobrado por m².	R\$ 18,33	m²	84	R\$ 1.539,72
DESCARTE DE ENTULHO	Locação de caçamba de 3m³ de entulho, separados por classes, com descarte incluso.	R\$ 150,00	uni	4	R\$ 600,00
LIMPEZA PÓS-OBRA	Serviço de limpeza pós obra, valor por apartamento.	R\$ 280,00	apto	12	R\$ 3.360,00

Fonte: Brio Incorporadora, 2025

Com base nos valores apresentados, estimou-se que cada unidade habitacional do térreo da torre 4, que são 12 no total, teve um custo adicional de aproximadamente R\$ 2.229,23, totalizando em um custo de R\$ 26.750,78 para todo o pavimento, conforme apresentado na tabela abaixo.

Tabela 10 – Custos diretos por apartamento térreo da Torre 4

CUSTO TOTAL	R\$ 26.750,78
CUSTO POR U.H DO PAVIMENTO	R\$ 2.229,23
CUSTO POR U.H DA OBRA	R\$ 58,66

Fonte: Elaborada pelo autor, 2025

Portanto, nota-se que o reforço estrutural realizado em momento tardio, acarreta em um investimento significativo para os apartamentos, além de fugir as boas práticas da construção, gerando muito retrabalho. Na última linha da tabela, é possível analisar que quando o custo é diluído em todas os apartamentos da obra (que são 456 no total), temos um acréscimo de R\$ 58,66 por unidade habitacional.

Além disso, existem alguns custos indiretos que surgem, e que podem representar cerca de 2 a 3 vezes o custo direto, dependendo do estágio da obra. No

caso da Torre 4, o reforço interferiu diretamente na sequência produtiva da torre e nos serviços de acabamento, gerando:

- **Perda de produtividade:** equipes tiveram que ser deslocadas para os retrabalhos gerando, por exemplo, parada e atraso nas frentes de gesso liso, pintura, instalações e cerâmicas. Ou seja, a mão de obra ficou alocada por mais tempo em uma torre, sem avanço físico significativo para a obra. De acordo com os dados da obra, podemos observar a tabela de produtividade por serviço apresentada abaixo:

Tabela 11 – Produtividade estimada para os retrabalhos da Torre 4

ATIVIDADE	Nº DE APTOS	EFETIVO (pessoas)	Nº DIAS	PRODUTIVIDADE (APTOS/DIA)
GRAUTEAMENTO	48	4	12	4
GESSO LISO	48	3	12	4
IMPERMEABILIZAÇÃO	48	1	3	16
CERÂMICA	48	4	12	4
PINTURA INTERNA	48	4	24	2
LOUÇAS	48	2	16	3
METAIS	48	2	16	3
LIMPEZA	48	2	12	4

Fonte: Elaborada pelo autor, 2025

Logo, podemos observar um atraso significativo nas principais frentes de trabalho envolvidas, como: grauteamento, gesso liso, cerâmica, pintura interna, louças e metais, limpeza; causando um efeito cascata no cronograma das demais torres do empreendimento. Apenas a impermeabilização não impactou muito o cronograma da obra.

- **Impacto no cronograma e fluxo de caixa (MCMV):** O reforço tardio atrasou a liberação do pavimento para a instalação de portas de madeira, realização de acabamentos finais, vistoria interna da Caixa Econômica Federal e a liberação da medição mensal realizada pelo banco parceiro. Consequentemente, houve um atraso no recebimento dos recursos liberados pela Caixa, acarretando numa glosa parcial na medição, devido ao fato de os serviços não estarem concluídos ou necessitando de

correções. Em empreendimentos do programa “Minha Casa, Minha Vida”, mesmo pequenas glosas podem representar um impacto significativo ao fluxo financeiro da SPE, fazendo com que a empresa exponha mais o seu caixa para suprir as necessidades financeiras do empreendimento, aumentando o capital de giro necessário.

- **Quebra do macrofluxo produtivo:** O macrofluxo, ou seja, o sequenciamento das atividades é essencial para obras do programa MCMV. Cada pavimento depende do anterior, e o reforço tardio causou reabertura de apartamentos já finalizados, bloqueio no avanço das equipes de produção, execução de serviços fora de sequência, gerando um replanejamento estratégico para a obra.

Por fim, toda a análise feita demonstra que todo reforço estrutural tardio gera custos adicionais expressivos para o empreendimento, mesmo quando o problema técnico é simples. Além disso, a fase de acabamentos é mais sensível as intervenções corretivas, tornando qualquer reforço mais custoso.

6.5.3 Torre 6 segundo pavimento

Seguindo as mesmas premissas e estrutura de análise aplicadas à Torre 4, foi feita a composição dos custos diretos do reforço estrutural realizado, com base no levantamento e análise detalhados das planilhas orçamentárias e boletins de medição da obra, considerando todas as etapas executadas para viabilizar os novos pontos de grauteamento.

Como o reforço no segundo pavimento da Torre 6 ocorreu em momento oportuno, não foi necessário realizar a remoção de acabamentos, uma vez que as paredes estavam no final da fase estrutural, e não haviam recebido nenhum tipo de revestimento. Inicialmente, realizou-se as perfurações e aberturas das células estruturais necessárias para o recebimento do graute. Foi realizada uma limpeza dos vazios e, em seguida, o graute industrializado era lançado com a utilização de funis. Na sequência, após a cura inicial do material, a equipe de engenharia realizava a conferência por meio de testes de percussão, utilizando martelo metálico.

Após a conferência e liberação, realizou-se o fechamento dos vazios, a regularização das fiadas e pequenos reparos de alinhamento. Todas as etapas foram

realizadas pela mesma equipe responsável pela alvenaria das torres. Por fim, os resíduos gerados na abertura e preenchimento das células foram removidos, e transportados para descarte em caçambas de entulhos.

Nota-se que, diferente do que foi realizado na Torre 4, a execução do reforço estrutural da Torre 6 foi mais simples e menos agressiva para o pavimento em questão. Na tabela abaixo, temos uma análise dos custos praticados.

Tabela 12 – Custos do reforço realizado no segundo pavimento da torre 6

ETAPA	DESCRIÇÃO	CUSTO UNITÁRIO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO FINAL
GRAUTEAMENTO	Mão de obra para abertura dos furos e aplicação do graute. Valor por ponto	R\$ 50,00	pontos	144	R\$ 7.200,00
	Graute fck 15 B0 SLUMP 22+/-3, volume utilizado	R\$ 446,25	m³	10,7	R\$ 4.786,08
DESCARTE DE ENTULHO	Locação de caçamba de 3m³ de entulho, separados por classes, com descarte incluso.	R\$ 150,00	uni	1	R\$ 150,00

Fonte: Banco de dados, Brio Incorporadora, 2025

Nota-se que os custos da etapa de grauteamento são os mesmo quando comparados com a Torre 4, uma vez que a negociação com o prestador de serviço englobou a execução do reforço de ambas as torres. Além disso, o volume de graute permanece o mesmo dada a quantidade de pontos acrescentados. Em contrapartida, não existem custos adicionais com retrabalho de cerâmica, gesso liso, pintura, impermeabilização, louças, metais e limpeza; o que contribui para que a quantidade de entulho gerada seja menor, gastando menos com caçambas de descarte.

Com base nos valores apresentados, estimou-se que cada unidade habitacional do segundo pavimento da torre 6, que são 12 no total, teve um custo adicional de aproximadamente R\$ 1.011,34, totalizando em R\$ 12.136,08 para todo o pavimento, conforme apresentado na tabela abaixo.

Tabela 13 – Custos por apartamento do segundo pavimento da Torre 6

CUSTO TOTAL	R\$ 12.136,08
CUSTO POR U.H DO PAVIMENTO	R\$ 1.011,34
CUSTO POR U.H DA OBRA	R\$ 26,61

Fonte: Elaborada pelo autor, 2025

Portanto, nota-se que o reforço estrutural realizado em momento oportuno, apresenta um investimento reduzido em pouco mais da metade do valor apresentado no reforço tardio. Cabe ressaltar que os dados ainda representam um prejuízo para a obra, decorrente da ineficiência dos resultados apresentados no controle tecnológico. No entanto, evidenciam que a execução antecipada permite mais agilidade no processo, com custo reduzido e altamente previsível, gerando baixo impacto operacional para a obra. Reforçando a importância da interpretação oportuna e antecipada dos ensaios.

Na última linha da tabela, é possível analisar que quando o custo é diluído em todas os apartamentos da obra (que são 456 no total), temos um acréscimo de R\$ 26,61 por unidade habitacional.

Ao contrário do que foi apresentado na Torre 4, os custos indiretos aqui foram praticamente nulos, pois nenhuma equipe de acabamento precisou ser remobilizada; não houve perda de produtividade, atraso de execução e glosas nas medições; não houve interferência no sequenciamento produtivo da torre 6.

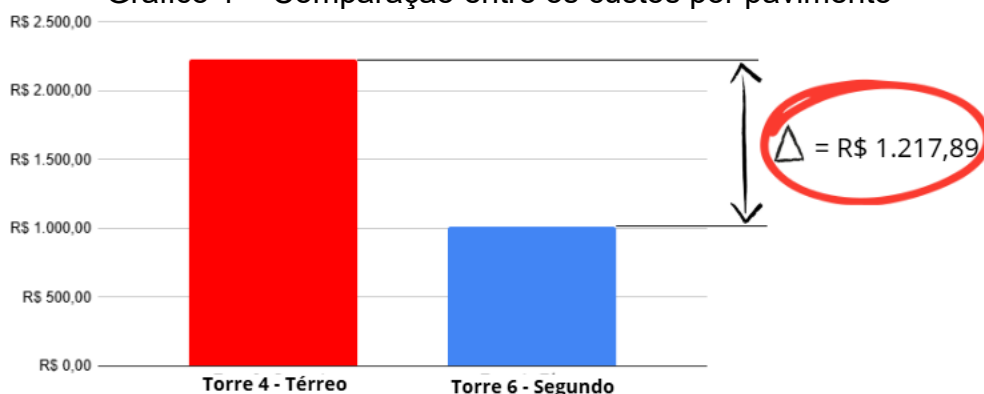
Tabela 14 – Produtividade estimada para os retrabalhos da Torre 6

ATIVIDADE	Nº DE APTOS	EFETIVO (pessoas)	Nº DIAS	PRODUTIVIDADE (APTOS/DIA)
GRAUTEAMENTO	48	4	12	4

Fonte: Elaborada pelo autor, 2025

Portanto, o reforço oportuno apresenta o cenário ideal, com custo e interferência mínimas; impacto praticamente nulo no cronograma; e nenhuma perda financeira indireta. O gráfico abaixo estabelece uma comparação entre os dois cenários de reforços realizados. É possível observar que, quando o reforço é realizado em momento oportuno, o investimento é reduzido em pouco mais da metade.

Gráfico 1 – Comparação entre os custos por pavimento



Fonte: elaborado pelo autor, 2025

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema central do presente trabalho foi a análise da eficiência do controle tecnológico de alvenaria estrutural e seus impactos na fase de acabamento. Para tanto, foi realizado um estudo de caso que envolve dois pavimentos diferentes de um empreendimento, focado na avaliação dos materiais que constituem o sistema construtivo – blocos de concreto, argamassa, graute, prismas – através de ensaios de desempenho, e na análise dos custos e impactos associados ao reforço estrutural necessário nas duas situações opostas: a primeira sendo um reforço tardio, no térreo da Torre 4, e a segunda um reforço em momento oportuno, no segundo pavimento da Torre 6. Desse modo, o trabalho abordou tanto o ponto de vista técnico quanto o econômico, permitindo entender como o controle tecnológico pode influenciar a produtividade, o cronograma e a qualidade final da construção.

Ao longo do trabalho, buscou-se demonstrar, com base nos resultados experimentais e na literatura técnica, que o comportamento da alvenaria estrutural depende da interação entre os seus componentes e da correta execução em campo. A partir da análise comparativa dos ensaios e dos impactos produtivos, verificou-se como decisões tomadas em momentos distintos da obra podem alterar significativamente os custos e o desempenho estrutural. O estudo evidenciou que a identificação tardia de não conformidades gera efeitos econômicos expressivos, enquanto intervenções realizadas no momento oportuno tendem a ser absorvidas naturalmente pelo processo produtivo.

Os objetivos propostos foram alcançados, pois o trabalho conseguiu avaliar a eficiência do controle tecnológico aplicado à alvenaria estrutural, identificar falhas no desempenho dos prismas analisados, compreender a origem da necessidade do reforço estrutural em ambos os pavimentos analisados, e quantificar os impactos econômicos e de cronograma gerados pelas intervenções. Além disso, estabeleceu-se uma relação clara entre a análise em tempo oportuno dos ensaios e a magnitude dos custos de retrabalho, contribuindo para uma discussão crítica sobre boas práticas construtivas.

Foi possível compreender que falhas na interpretação e acompanhamento dos ensaios podem levar à adoção de reforços tardios, que embora tecnicamente necessários, representam custos significativamente maiores, atrasos no cronograma, glosas em medições e retrabalhos em etapas já finalizadas. No entanto, quando o

controle é eficaz e interpretado em tempo hábil, a obra absorve o reforço com menor impacto, preservando o fluxo produtivo.

Os principais resultados mostraram contrastes marcantes entre os dois pavimentos analisados. Nos ensaios de blocos e de argamassa, as amostras apresentaram resistências satisfatórias, descartando a hipótese de que esses insumos estivessem na origem do problema. Já os ensaios de graute mostraram o ponto crítico do estudo: enquanto o térreo apresentou 13 MPa – valor próximo do especificado –, o segundo pavimento apresentou apenas 6 MPa, muito abaixo da resistência característica exigida. Essa discrepância foi determinante para o baixo desempenho dos prismas grauteados e para a necessidade de reforço estrutural.

Além da análise técnica, a avaliação econômica revelou contribuições relevantes. O reforço tardio que foi executado na Torre 4 promoveu remoções, quebras, reorganização de acabamentos e de frentes de trabalho, o que gerou custos diretos que foram estimados por unidade, e custos indiretos associados à quebra do macrofluxo e glosas da Caixa. Já o reforço oportuno da Torre 6 foi executado de forma simples, rápida e com custos mais baixos, sem impactos no cronograma ou perda de produtividade. Essa comparação demonstra que a tempestividade na leitura do controle tecnológico é um fator determinante para evitar gastos excessivos em obras de alvenaria estrutural.

Do ponto de vista prático, o estudo contribui ao evidenciar que o controle tecnológico deve ser entendido como um processo contínuo, que vai além da simples realização de ensaios. Sua eficiência depende da interpretação técnica dos resultados, da comunicação entre a equipe de qualidade e a produção e da tomada de decisão imediata quando não conformidades são identificadas. A diferença entre o reforço oportuno e o tardio, ressalta a importância de se acompanhar o controle tecnológico mais de perto, atrelando o mesmo ao planejamento e ao fluxo produtivo, especialmente em empreendimentos como os do "Minha Casa, Minha Vida".

8. CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados neste trabalho, foi possível compreender de forma objetiva a relação direta entre a eficiência do controle tecnológico da alvenaria estrutural e os impactos técnicos, produtivos e econômicos ao longo da obra. A análise comparativa entre os pavimentos estudados demonstrou que a simples realização dos ensaios não é suficiente para garantir o desempenho estrutural esperado, sendo indispensável a interpretação criteriosa dos resultados e a tomada de decisão no momento adequado do processo construtivo.

Portanto, o controle tecnológico deve ser tratado como uma ferramenta de gestão fundamental, exigindo rigor, acompanhamento contínuo e integração efetiva entre os setores de produção, qualidade e projeto. Quando esse controle é negligenciado ou analisado de forma tardia, as consequências se materializam na necessidade de reforços estruturais em fases avançadas da obra, gerando retrabalhos, aumento de custos, atrasos no cronograma e impactos negativos no fluxo financeiro. Por outro lado, quando o controle é conduzido de maneira séria e preventiva, as intervenções necessárias tendem a ser absorvidas ainda na fase estrutural, com custos reduzidos e mínima interferência no andamento da obra.

Dessa forma, conclui-se que a principal contribuição deste trabalho está em evidenciar que o reforço estrutural em momento considerado tardio não deve ser encarado como uma situação inevitável, mas sim como o resultado de falhas no acompanhamento do controle tecnológico. O cenário ideal é aquele em que o controle é rigoroso, contínuo e bem interpretado, permitindo decisões rápidas e assertivas, garantindo a segurança estrutural e promovendo uma gestão mais eficiente e racional das obras em alvenaria estrutural.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1: Alvenaria estrutural. Parte 1: Projeto.** 1 ed. Rio de Janeiro, 2020. 70 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-2: Alvenaria estrutural. Parte 2: Execução e controle de obras.** 1 ed. Rio de Janeiro, 2020. 23 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-3: Alvenaria Estrutural. Parte 3: Ensaios.** 1 ed. Rio de Janeiro, 2020. 39 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – métodos de ensaio.** 6 ed. Rio de Janeiro, 2013. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Requisitos.** Versão corrigida. Rio de Janeiro, 2016. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos – Procedimento.** Versão corrigida. Rio de Janeiro, 2016. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio à compressão de corpos de prova cilíndricos.** 3 ed. Rio de Janeiro, 2018. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279: Argamassa para construção civil — Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** 1 ed. Rio de Janeiro, 2005. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho — Parte 1: Requisitos gerais.** 5 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 92 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2: Edificações habitacionais — Desempenho — Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais.** 5 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 56 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais — Desempenho — Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE)**. 5 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 98 p.

ALVES, T. B.; PARSEKIAN, G. A. **Aplicação racionalizada da alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais**. UFSCar, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). *Manual de Alvenaria Estrutural*. São Paulo: ABCP, 2011.

BALDISSERA, A. A.; PARSEKIAN, G. A. **A alvenaria estrutural na construção habitacional brasileira**. Revista IBRACON, São Paulo, 2018.

BRIO INCORPORARODA (Ribeirão Preto) (org.). **Lar Egito**. 2025. Disponível em: <https://www.brioincorporadora.com.br/empreendimentos/ribeirao-preto/ribeiraopreto/lar-egito/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006. Disponível em: Acesso em: 01 ago. 2025

CONTENCO. **Contenco: prensas hidráulicas manuais**. Página inicial. Disponível em Acesso em 08/07/2025.

FRANCO, L. O. **Desempenho e durabilidade de edificações de alvenaria estrutural**. São Carlos: UFSCar, 2012

GIESBRECHT, Alexandre. **O Viaduto da Lapa e o condomínio Central Parque Lapa**. 2014. Histórias Paulistanas. Disponível em: <http://www.historiaspaulistanas.com.br/index.php/viaduto-da-lapa/>. Acesso em: 01 ago. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 1993.

ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2011.

MOHAMAD, Gihad. **Construções em Alvenaria Estrutural: Materiais, Projeto e Desempenho: materiais, projeto e desempenho**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2020. 422 p

PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A.; DRYSDALE, R. G. **Alvenaria Estrutural: Projeto e Execução**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2016.

PARSEKIAN, Guilherme A. *et al.* **Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural**. 2. ed. São Carlos: Edufscar, 2013. 625 p.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo: PINI, 2003.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Carlos: EESC/USP, 2003.

RICCIO IMÓVEIS (São José dos Campos - Sp) (org.). **Edifício Muriti**. Disponível em: <https://riccioimoveis.com.br/edificio-muriti>. Acesso em: 01 ago. 2025.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Tecnologia e gestão da produção de edifícios**. São Paulo: Pini, 2010.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar). **Publicações e Pesquisas em Alvenaria Estrutural**. São Carlos, 2015.