



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS

CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Luiz Fernando Silva Martins

**ESTUDO LITERÁRIO DAS MODULAÇÕES M-15 E M-20 EM ALVENARIA
ESTRUTURAL: FUNDAMENTOS, AMARRAÇÕES, DIRETRIZES E FALHAS**

ANGICOS

2025

Luiz Fernando Silva Martins

**ESTUDO LITERÁRIO DAS MODULAÇÕES M-15 E M-20 EM ALVENARIA
ESTRUTURAL: FUNDAMENTOS, AMARRAÇÕES, DIRETRIZES E FALHAS**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência & Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Klaus André de Sousa
Medeiros

ANGICOS

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M386e Martins, Luiz Fernando Silva.
Estudo literário das modulações M-15 e M-20 em
alvenaria estrutural: fundamentos, amarrações,
diretrizes e falhas / Luiz Fernando Silva
Martins. - 2025.
65 f. : il.

Orientador: Klaus André de Sousa Medeiros.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2025.

1. Modulação. 2. Alvenaria estrutural. 3.
Racionalização construtiva. I. Medeiros, Klaus
André de Sousa, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Luiz Fernando Silva Martins

**ESTUDO LITERÁRIO DAS MODULAÇÕES M-15 E M-20 EM ALVENARIA
ESTRUTURAL: FUNDAMENTOS, AMARRAÇÕES, DIRETRIZES E FALHAS**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência & Tecnologia.

Defendida em: 11 / 12 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Klaus André de Sousa Medeiros, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Rodolfo de Azevedo Palhares, Prof. Dr. (UFJF)
Membro Examinador

Wallison Angelim Medeiros, Prof. Dr. (UFPI)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, pelas oportunidades e por me permitir chegar até aqui, superando cada desafio deste percurso.

Quero agradecer ao meu orientador Klaus André, pelo tempo dedicado, pelo conhecimento compartilhado e pelo apoio durante a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradeço aos meus pais pelo apoio, pela dedicação e pelo esforço que sempre tiveram, para que eu chegasse até aqui.

Quero agradecer à Francisquinha e Jairo, que me receberam com carinho e apoio, tornando possível a minha permanência no curso e contribuindo de forma significativa.

Quero agradecer ao meu primo João Henrique, que iniciou a faculdade junto comigo e com quem dividi a convivência em Angicos por dois anos. Estudamos, enfrentamos desafios e caminhamos lado a lado nesse início da trajetória acadêmica. Sua presença e companhia foram importantes ao longo desse período.

Quero agradecer aos meus colegas que iniciaram esta caminhada comigo, Gabriel e João Lucas, que fazem parte da minha trajetória desde o primeiro dia. Agradeço também aos colegas do meu período, incluindo os que passaram a caminhar conosco ao longo do curso e aos que se juntaram ao grupo ao longo da jornada. A convivência e o apoio de todos foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

Registro também minha gratidão ao meu amigo José, que está ao meu lado desde o 6º ano e segue caminhando comigo até hoje. Sua amizade e parceria foram fundamentais nesta etapa.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso analisa os princípios das modulações M-15 e M-20 aplicadas ao sistema de alvenaria estrutural, destacando sua função na padronização dimensional dos blocos e na racionalização do processo construtivo. A pesquisa, de natureza exploratória e descritiva, utiliza abordagem qualitativa fundamentada em um estudo literário de livros técnicos, artigos científicos, dissertações, manuais e normas, com ênfase na ABNT NBR 16868:2020. O estudo apresenta a evolução histórica do sistema, caracteriza os componentes constituintes da alvenaria estrutural e descreve as famílias de blocos e suas peças complementares, essenciais à coordenação modular. Abordam-se os conceitos de modulação horizontal e vertical, além dos principais tipos de amarrações empregados no projeto e na execução das paredes. Também são discutidas as diretrizes executivas que asseguram a conformidade geométrica da obra e se analisam patologias e falhas decorrentes da ausência de planejamento modular, como uso excessivo de blocos compensadores, juntas irregulares, improvisos em obra e distorções resultantes de desvios na modulação. Conclui-se que a aplicação correta da modulação é indispensável para a eficiência do sistema, promovendo redução de desperdícios, precisão construtiva, maior produtividade e desempenho adequado da edificação.

Palavras-chave: Modulação; Alvenaria estrutural; Racionalização construtiva

ABSTRACT

This Undergraduate Thesis analyzes the principles of the M-15 and M-20 modular systems applied to structural masonry, highlighting their role in the dimensional standardization of blocks and in the rationalization of the construction process. The research, of an exploratory and descriptive nature, uses a qualitative approach grounded in a literature review composed of technical books, scientific articles, dissertations, manuals, and standards, with emphasis on ABNT NBR 16868:2020. The study presents the historical development of the system, characterizes the components that make up structural masonry, and describes the block families and their complementary pieces, which are essential to modular coordination. Concepts of horizontal and vertical modulation are addressed, as well as the main types of wall intersections used in design and execution. The work also discusses the construction guidelines that ensure the geometric conformity of the building and analyzes pathologies and failures resulting from the lack of modular planning, such as excessive use of compensating blocks, irregular joints, on-site improvisation, and distortions arising from modulation deviations. It is concluded that the correct application of modulation is essential for the efficiency of the system, promoting waste reduction, construction accuracy, greater productivity, and adequate building performance.

Keywords: Modulation; Structural masonry; Construction rationalization

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vão em alvenaria estrutural histórica.....	17
Figura 2 – Pirâmide de Quéops.....	18
Figura 3 – Farol de Alexandria.....	19
Figura 4 – Coliseu de Roma.....	19
Figura 5 – Edifício Monadnock.....	20
Figura 6 – Blocos cerâmico e de concreto.....	24
Figura 7 – Esquema ilustrativo das áreas bruta e líquida de um bloco estrutural.....	24
Figura 8 – Tipos de blocos cerâmicos quanto à forma geométrica.....	25
Figura 9 – Dimensões de um bloco para modulação.....	28
Figura 10 – Blocos principais de concreto dos módulos M-15 e M-20.....	31
Figura 11 – Meio Bloco de concreto.....	32
Figura 12 – Exemplos de blocos canaletas (seções em “J” e “U”).....	32
Figura 13 – Bloco compensador.....	33
Figura 14 – Blocos de amarração.....	33
Figura 15 – Relação entre o módulo (M) e a dimensão real do bloco (M-J).....	34
Figura 16 – Coordenação modular para cotas internas (M-J) e externas (M+J).....	34
Figura 17 – Representação de uma Malha Modular.....	35
Figura 18 – Exemplo de planta baixa paginada sobre malha modular 20 x 20.....	36
Figura 19 – Amarração em L com modulação e larguras iguais.....	37
Figura 20 – Modulação piso a teto com bloco J nas paredes externas.....	38
Figura 21 – Modulação piso a teto sem bloco J nas paredes externas.....	38
Figura 22 – Modulação piso a piso.....	39
Figura 23 – Tipos de amarração em alvenaria estrutural.....	41
Figura 24 – Amarração em L com a utilização da família 15x30.....	42
Figura 25 – Amarração em L com a utilização da família 15x40.....	42
Figura 26 – Amarração em T com bloco especial de 44 cm (3 módulos).....	43
Figura 27 – Amarração em T sem uso de bloco especial 44 (Família 15x30).....	44
Figura 28 – Amarração em T com uso do bloco especial 34 (Família 15x40).....	44
Figura 29 – Amarração em T com bloco de 54 e 34 (Família 15x40).....	45
Figura 30 – Amarração em Cruz.....	46
Figura 31 – Limite da espessura da junta de argamassa para a primeira fiada.....	48
Figura 32 – Passo a passo da primeira fiada.....	51
Figura 33 – Detalhe construtivo de verga e contraverga com blocos-canaleta.....	54
Figura 34 – Improvisação de cortes e quebra de blocos para passagem de instalações.....	56
Figura 35 – Exemplo de preenchimento inadequado e falhas nas juntas de argamassa.....	56

Figura 36 – Comparação entre parede com e sem blocos compensadores.....	57
Figura 37 – Desvios de prumo decorrentes de falhas na modulação vertical.....	58
Figura 38 – Juntas excessivamente espessas para compensação modular.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Traços básicos de argamassa e resistências esperadas.....	26
Quadro 2 – Modulação para diferentes famílias de blocos.....	29
Quadro 3 – Dimensões nominais das famílias de blocos estruturais e suas variações.....	30
Quadro 4 – Fissuras típicas em encontros de paredes.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

a.C. Antes de Cristo

d.C. Depois de Cristo

M Módulo

NBR Norma Brasileira

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. Objetivo geral.....	12
1.2. Objetivos específicos.....	12
2. METODOLOGIA.....	13
3. O SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	14
3.1. Conceito e Definições Básicas.....	14
3.2. Evolução Histórica e Cenário no Brasil.....	16
3.3. Vantagens e Desvantagens do Sistema.....	22
3.4. Componentes Constituintes da Alvenaria Estrutural.....	23
3.4.1. Blocos.....	23
3.4.2. Argamassa de Assentamento.....	25
3.4.3. Graute.....	26
3.4.4. Armadura.....	27
4. MODULAÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	28
4.1. Conceituação.....	28
4.2. Família de Blocos e Peças Complementares.....	29
4.2.1. Blocos de Referência (M-15 e M-20).....	30
4.2.2. Peças Complementares (Meio-Bloco, Canaleta, Bloco Compensador e Peças Especiais). 31	
4.3. Modulação Horizontal e a Unidade M+J.....	33
4.4. Modulação Vertical e a Altura do Pé-Direito.....	37
4.5. Tipos de Amarração em Alvenaria Estrutural.....	40
4.5.1. Amarração em L ou canto.....	41
4.5.2. Amarração em T ou encontro.....	42
4.5.3. Amarração em X ou cruz.....	45
4.6. Diretrizes para a Execução Correta da Modulação.....	46
4.6.1. Recomendações da ABNT NBR 16868-2:2020.....	47
4.6.2. Execução da Primeira Fiada.....	49
4.6.3. Execução de Vãos e Vergas.....	52
4.7. Manifestações Patológicas e Erros Associados à Falta de Planejamento Modular... 54	
4.7.1. Falhas de Execução Comuns (Quebras, Juntas Irregulares, Uso Excessivo de Blocos Compensadores).....	55
4.7.2. Falhas de Geometria, Amarração e Juntas de Argamassa.....	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
REFERÊNCIAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

A busca por sistemas construtivos mais econômicos, ágeis e eficientes tem impulsionado o uso da alvenaria estrutural como alternativa viável na construção civil. Diferente da alvenaria convencional de vedação, esse sistema utiliza os blocos não apenas como fechamento, mas como elementos resistentes que suportam cargas, eliminando, em muitos casos, a necessidade de pilares e vigas (Ramalho, 2003).

Na alvenaria estrutural, a modulação assume um papel fundamental. Trata-se do planejamento dimensional dos elementos da obra, respeitando medidas-padrão dos blocos estruturais e das juntas de argamassa. Essa prática permite minimizar perdas, evitar cortes desnecessários, facilitar a execução e melhorar a compatibilidade entre os elementos construtivos (Parsekian, 2020). A família de blocos estruturais, composta por peças com dimensões padronizadas e funções específicas, é um dos principais recursos que tornam essa modulação viável.

Com o crescimento do uso da alvenaria estrutural em obras residenciais e comerciais, torna-se cada vez mais necessário compreender como a modulação influencia a eficiência da obra, tanto no projeto quanto na execução. Uma modulação mal planejada pode comprometer prazos, aumentar o desperdício de material e afetar o desempenho da estrutura (Pelais, 2018).

1.1. Objetivo geral

Estudar os princípios das modulações M-15 e M-20 em alvenaria estrutural, com foco na padronização dimensional dos blocos e sua aplicação no planejamento construtivo.

1.2. Objetivos específicos

- Estudar os princípios da modulação horizontal e vertical, compreendendo sua relação com o alinhamento e a organização dimensional
- Identificar as principais famílias de blocos, descrevendo seus componentes e suas funções específicas.
- Examinar os diferentes tipos de amarrações entre blocos, detalhando sua importância para a continuidade das paredes.
- Levantar, com base na literatura técnica, boas práticas para a execução da alvenaria modulada.
- Discutir as principais falhas associadas à ausência de planejamento modular.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho de conclusão de curso caracteriza-se como uma pesquisa exploratória voltada à compreensão técnica e à sistematização de conhecimentos relacionados à alvenaria estrutural. A abordagem utilizada foi qualitativa, com ênfase na interpretação e articulação de conceitos apresentados na literatura especializada. O estudo assumiu caráter descritivo, buscando analisar, estruturar e explicar os fundamentos das modulações M-15 e M-20, bem como seus impactos na execução de amarrações, nas diretrizes normativas e nas falhas decorrentes da falta de planejamento modular.

A metodologia empregada consistiu na realização de uma pesquisa bibliográfica, conduzida por meio do levantamento, leitura crítica e análise comparativa de materiais já publicados. Foram consultados livros técnicos, artigos científicos, normas da ABNT, com destaque para as partes 1 e 2 da NBR 16868:2020, dissertações, manuais técnicos e publicações acadêmicas que tratam especificamente da modulação, das famílias de blocos e da alvenaria estrutural. A seleção das referências considerou critérios como relevância técnica, atualidade, confiabilidade e aplicabilidade ao tema central do estudo. O material foi organizado tematicamente, permitindo consolidar uma base teórica consistente.

O trabalho foi estruturado de modo a explorar em profundidade os princípios da modulação horizontal e vertical, o papel das famílias M-15 e M-20, os diferentes tipos de amarração (L, T e X) e as diretrizes necessárias para a execução correta das paredes. Paralelamente, foram examinadas as consequências da falta de coordenação modular, abordando falhas executivas recorrentes, tais como o uso inadequado de blocos compensadores, quebras indevidas e irregularidades nas juntas. Esse processo analítico possibilitou identificar padrões, contextualizar boas práticas e evidenciar práticas incorretas observadas na construção civil.

Por fim, todas as informações obtidas foram sintetizadas com o propósito de contribuir para a racionalização do processo construtivo em alvenaria estrutural. A metodologia adotada buscou, assim, não apenas reunir o conhecimento disponível sobre as modulações M-15 e M-20, mas também relacioná-lo às diretrizes de projeto e execução, fornecendo subsídios que auxiliem engenheiros, projetistas e estudantes na aplicação correta da modulação, evitando improvisações e promovendo maior controle técnico no canteiro.

3. O SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

3.1. Conceito e Definições Básicas

A alvenaria estrutural pode ser entendida como um processo construtivo em que os elementos de alvenaria assumem a função estrutural, dispensando-se o uso de vigas e pilares de concreto armado, devendo ser projetados, dimensionados e executados de forma racional (Camacho, 2006). Nesse contexto, nasce um conceito crucial relacionado à utilização da alvenaria estrutural como um processo construtivo que consiste no fato da estrutura trabalhar predominantemente com esforços de compressão e, em menor escala, de tração. Dessa forma, compreende-se a razão pela qual o sistema construtivo se desenvolveu inicialmente a partir do simples empilhamento de blocos ou tijolos, atendendo de maneira prática à função estrutural projetada (Ramalho, 2003).

De acordo com Camacho (2006), um sistema construtivo é “um processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo.” Dentre os sistemas, existem dois tipos importantes: concreto armado com alvenaria de vedação, tradicional no Brasil e mais usada em construção de casa residencial e edifício, cuja função principal da alvenaria é vedar os vãos e dividir ambientes, sendo a estrutura composta por vigas e pilares que suportam a carga da edificação; e o de alvenaria estrutural que, além de suportar e transmitir as cargas da edificação, sua função principal, também desempenha o papel de vedação.

Dentre as diferentes formas de aplicação, a alvenaria estrutural pode ser classificada em dois tipos principais: não armada e armada (Kalil, 2009).

- Alvenaria Estrutural Não Armada - É uma técnica construtiva que emprega somente armaduras com propósito construtivo nos elementos da estrutura a fim de impedir o aparecimento de falhas como fissuras ou concentração de tensões (Camacho, 2006).
- Alvenaria Estrutural Armada - Trata-se de uma evolução da alvenaria estrutural, onde reforços de aço são incorporados devido a exigências de cálculo. As armaduras são dispostas nas cavidades dos blocos, que depois são grauteadas. Esse procedimento une o aço à alvenaria, permitindo que a parede resista a esforços maiores, como os de tração e flexão, que a alvenaria simples não suportaria eficientemente (Camacho, 2006).

Independentemente da forma de classificação, o sistema é constituído por elementos fundamentais que precisam atuar de maneira integrada, cujas principais definições são estabelecidas pela ABNT NBR 16868-1:2020 - Projeto:

- A. **Componentes:** “Menor parte constituinte dos elementos da estrutura” incluindo: Bloco, junta de argamassa, graute e armadura;
- B. **Elemento:** “ Parte da estrutura suficientemente elaborada, constituída da união de dois ou mais componentes”;
- C. **Elemento de Alvenaria Armado:** “ Elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras passivas que são necessárias para resistir aos esforços solicitantes”;
- D. **Elemento de Alvenaria Não Armado:** “Elemento de alvenaria no qual não há armadura dimensionada para resistir aos esforços solicitantes”;
- E. **Elemento de Alvenaria Protendido:** “Elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras ativas”;
- F. **Parede:** “Elemento laminar que resista predominantemente a cargas de compressão e cuja maior dimensão da seção transversal exceda cinco vezes a menor dimensão”;
- G. **Parede Estrutural:** “Toda parede admitida como participante da estrutura”;
- H. **Parede não Estrutural:** “Toda parede não admitida como participante da estrutura”;
- I. **Área Bruta:** “Área de um componente ou elemento, considerando-se as suas dimensões externas e desprezando-se a existência dos furos e vazados”;
- J. **Área Efetiva:** “Parte da área líquida de um componente ou elemento, sobre a qual efetivamente é disposta a argamassa adicionada à área grauteada”
- K. **Área Líquida:** “Área de um componente ou elemento, com desconto das áreas dos furos e vazados”;
- L. **Viga:** “Elemento linear que resiste predominantemente à flexão e cujo vão seja maior ou igual a três vezes a altura da seção transversal”;
- M. **Verga:** “Viga alojada sobre abertura de porta ou janela, com a função exclusiva de transmissão de cargas verticais para os apoios adjacentes à abertura”
- N. **Contraverga:** “Elemento estrutural armado colocado sob o vão de abertura, com a função de prevenir fissuração nos seus cantos”;
- O. **Cinta:** “Elemento estrutural armado apoiado continuamente na parede, ligado ou não às lajes, vergas ou contravergas”;

- P. **Pilar:** “Elemento linear que resiste predominantemente a cargas de compressão e cuja maior dimensão da seção transversal não excede cinco vezes a menor dimensão”;

A análise das definições apresentadas, especialmente as contidas na ABNT NBR 16868-1:2020, evidencia que a alvenaria estrutural é um sistema construtivo de natureza organizada e padronizada, no qual todos os componentes devem atuar de forma integrada. Essa característica torna inviável a execução de um projeto sem um planejamento dimensional rigoroso, capaz de evitar cortes, desalinhamentos e desperdícios de materiais (Argenton, 2025).

No contexto desse sistema, surge o conceito central de modulação, que consiste na organização dimensional e geométrica dos elementos construtivos, garantindo o adequado alinhamento e a compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações (Argenton, 2025). A modulação não é apenas uma diretriz de ordem estética ou organizacional, mas um princípio técnico essencial à eficiência e à racionalidade da alvenaria estrutural.

3.2. Evolução Histórica e Cenário no Brasil

A alvenaria estrutural, embora amplamente utilizada na construção civil contemporânea, possui raízes que remontam às primeiras civilizações humanas. Estruturas monumentais como as pirâmides do Egito, os templos gregos e os aquedutos romanos são exemplos de edificações erguidas com base no princípio da resistência à compressão, fundamento essencial da alvenaria estrutural. Nesses períodos, o empilhamento de blocos de pedra ou tijolos cozidos era executado de forma empírica, mas já demonstrava a eficiência do sistema em suportar grandes cargas e garantir durabilidade.

Devido às limitações do método construtivo empregado na época, a alvenaria só permitia a execução de vãos mediante o uso de elementos auxiliares, como vigas de madeira, para a sustentação das aberturas. Em razão disso, esses vãos precisavam ter dimensões reduzidas, já que os materiais utilizados apresentavam menor durabilidade em comparação à própria alvenaria, o que comprometia a vida útil e a resistência das construções (Pinheiro, 2018).

Com o avanço das técnicas construtivas, identificou-se que o uso de arcos representava uma solução eficiente e viável para a execução dos vãos. Essa configuração permitia distribuir melhor os esforços, assegurando que as tensões de tração fossem reduzidas

a níveis mínimos, o que aumentava a estabilidade e a durabilidade das estruturas (Ramalho, 2003). A Figura 1 demonstra, de maneira esquemática, vãos construídos segundo esse conceito, o que permitiu o desenvolvimento de obras mais duráveis e visualmente aprimoradas, como pontes e edificações históricas.

Figura 1 – Vão em alvenaria estrutural histórica



Fonte: Civilização Engenheira (2016)

Diante desse sistema esquematizado para a execução de vãos e da utilização de blocos de diferentes materiais, como argila e pedra, dispostos em empilhamentos, surgiram construções capazes de desafiar o tempo, permanecendo firmes ao longo dos séculos e até milênios. Obras grandiosas, ainda existentes nos dias atuais, foram erguidas com base nesse método construtivo, e seus notáveis estados de conservação evidenciam o elevado potencial e a durabilidade que a alvenaria pode proporcionar às edificações.

Diversas construções históricas ao redor do mundo ilustram a relevância e a durabilidade da alvenaria como sistema construtivo. Exemplos notáveis incluem obras que marcaram períodos distintos da engenharia e da arquitetura, revelando como esse sistema acompanhou o desenvolvimento das civilizações, desde as grandes estruturas da Antiguidade até os primeiros edifícios altos do período moderno.

Entre as primeiras soluções criadas pelo homem para construir em grande escala está a forma piramidal (Figura 2). Com o simples empilhamento de blocos de pedra, as antigas civilizações alcançaram notável estabilidade e durabilidade, dando origem a monumentos que atravessaram milênios e continuam simbolizando o avanço técnico e criativo daquele período.

“A pirâmide de Quéops, construída com blocos de arenito no Egito há cerca de 2.500 anos a.C., é um marco na história da alvenaria. Originalmente com 147 m de altura, foi, por muitos séculos, considerada a mais alta construção humana, assim como várias outras edificações em alvenaria nos séculos seguintes” (Parsekian, 2020).

Figura 2 – Pirâmide de Quéops



Fonte: Wikimedia Commons (2023)

Conforme exposto por Ramalho (2003), o Farol de Alexandria (Figura 3), construído na ilha de Faros no século III a.C., representa um dos maiores feitos da engenharia antiga. Totalmente edificado em alvenaria, possuía cerca de 130 metros de altura e desempenhava a função de orientar embarcações que chegavam ao porto de Alexandria. Do ponto de vista estrutural, o Farol de Alexandria impressionava por sua grandiosidade, atingindo a altura equivalente a um prédio de 45 andares. Infelizmente, essa magnífica obra não resistiu ao passar dos séculos e acabou destruída por um terremoto no século XIV.

Após um avanço significativo na humanidade e no desenvolvimento das estruturas de alvenaria, surge um exemplo emblemático de obra-prima da engenharia antiga: o Coliseu (Figura 4). Erguido no século I d.C., o anfiteatro fazia uso intenso de alvenaria e concreto, permitindo a construção de arcos, abóbadas e paredes robustas capazes de suportar grandes esforços. Sua estrutura não apenas garantia resistência e durabilidade, mas também acomodava milhares de espectadores com segurança, consolidando o Coliseu como uma construção monumental que atravessa os séculos.

Figura 3 – Farol de Alexandria



Fonte: Wikimedia Commons (2021)

Figura 4 – Coliseu de Roma



Fonte: Tickets Rome (2025)

Com o passar dos séculos, o progresso técnico e o avanço dos materiais construtivos transformaram profundamente as formas de edificar. A Revolução Industrial, no século XIX, marcou um período de intenso desenvolvimento urbano e tecnológico, impulsionando o surgimento de novas técnicas construtivas e o uso racional de materiais como o ferro, o aço e o concreto (Parsekian, 2020). Nesse cenário de inovação, a alvenaria estrutural também

passou por uma fase de aprimoramento e redescoberta de seu potencial. Um dos exemplos mais emblemáticos dessa época é o Edifício Monadnock, com 16 pavimentos e aproximadamente 60 metros de altura, foi construído com blocos cerâmicos, apresentando paredes cuja espessura varia de 30 cm no topo até cerca de 1,83 m na base (Parsekian, 2020). Construído em Chicago, nos Estados Unidos, é visto como um marco que representa a passagem das antigas construções em alvenaria portante para os modernos arranha-céus, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Edifício Monadnock



Fonte: Gadomski (2015).

Com o passar dos anos, a alvenaria estrutural deixou de ser apenas uma técnica baseada na experiência prática dos construtores e passou a ser estudada sob um conhecimento científico. Esse avanço permitiu o desenvolvimento de princípios de cálculo e dimensionamento mais precisos, demonstrando como o sistema passou a ser reconhecido como uma solução confiável e eficaz na engenharia. Na Europa, o surgimento das primeiras normas e pesquisas experimentais contribuiu para padronizar os processos construtivos e aumentar a segurança das edificações. Um marco significativo ocorreu, conforme Camacho (2006), na década de 1950, quando foi erguido, na Suíça, o primeiro edifício em alvenaria estrutural não armada, com treze pavimentos e aproximadamente 41 metros de altura .

Enquanto na Europa a alvenaria estrutural começava a se consolidar como um sistema de engenharia na década de 1950, no Brasil sua aplicação ainda estava limitada a construções empíricas herdadas do período colonial. Foi apenas a partir do final da década de 1960 que a alvenaria estrutural começou a se firmar como um sistema construtivo conhecido tecnicamente. Até então, predominava o que se chamava de “alvenaria resistente”, em que as paredes desempenhavam a função de suporte, mas sem cálculos estruturais precisos ou normas que garantissem critérios de segurança e dimensionamento. As edificações desse período geralmente não ultrapassavam quatro pavimentos, sendo comuns as paredes formadas por tijolos maciços nas partes inferiores e unidades vazadas nos andares superiores, conforme a prática empírica dos construtores da época (Mohamad, 2015).

O ano de 1966 marca um ponto importante nesse processo, com o início da produção nacional de blocos de concreto e a execução dos primeiros empreendimentos utilizando o sistema de alvenaria estrutural armada. Nessa fase inicial, o conhecimento técnico ainda era limitado; poucos profissionais dominavam os conceitos de dimensionamento e comportamento estrutural, o que levou ao uso de normas estrangeiras, principalmente norte-americanas, e à consultoria de especialistas de fora do país. Influenciadas por essas referências, as primeiras obras brasileiras utilizavam grandes quantidades de armaduras e graute, caracterizando o período conhecido como “alvenaria armada” (Parsekian, 2020). No mesmo período, conforme exposto por Parsekian (2020), Central Parque Lapa, um conjunto de 4 prédios com 12 andares, em alvenaria armada com blocos de concreto, foi a primeira grande obra em alvenaria armada com blocos de concreto. “Em alvenaria não-armada, apenas em 1977 se tem notícia dos primeiros edifícios, com nove pavimentos. Essas edificações foram executadas com blocos sílico-calcáreos, com 24 cm de espessura para as paredes estruturais” (Ramalho, 2003).

O processo de consolidação normativa da alvenaria estrutural no Brasil teve um avanço decisivo no final da década de 1970. Em 1977, com a expressiva participação de diversos setores ligados à construção civil, foi criada a Comissão de Estudo das Normas Brasileiras de Alvenaria Estrutural com Blocos Vazados, responsável por desenvolver as primeiras diretrizes técnicas voltadas ao sistema. Ao longo de mais de duzentas reuniões, realizadas entre 1977 e 1989, cerca de uma centena de profissionais colaboraram na elaboração de documentos que definiram critérios de ensaio e desempenho para blocos, prismas e paredes, além de normas de execução e controle (Tauil, 2023). Esse intenso trabalho resultou, em 1989, na publicação da primeira norma brasileira de projeto em alvenaria estrutural, inicialmente voltada ao uso de blocos de concreto. A partir desse marco,

o sistema passou a ser reconhecido como uma técnica consolidada e confiável, impulsionando sua adoção em obras de diferentes portes, desde residências e edificações de poucos pavimentos até construções mais altas e complexas.

3.3. Vantagens e Desvantagens do Sistema

O sistema de alvenaria estrutural apresenta um conjunto de características que o tornam uma alternativa técnica e economicamente viável em diversos tipos de edificações. Assim como qualquer método construtivo, possui vantagens e limitações que devem ser analisadas de forma criteriosa, considerando as condições do projeto, os materiais disponíveis e a mão de obra empregada.

Segundo Ramalho (2003), o sistema de alvenaria estrutural apresenta diversas vantagens que o tornam competitivo em relação aos métodos convencionais de construção. Entre os principais benefícios, destacam-se a redução no uso de fôrmas, uma vez que, quando necessárias, são limitadas às lajes e possuem baixo custo e grande reaproveitamento; a diminuição significativa dos revestimentos, devido ao controle de qualidade dos blocos e à precisão na execução das paredes; e a redução de desperdícios de materiais e de mão de obra, já que o sistema exige um planejamento prévio das instalações, evitando improvisações e retrabalhos. Além disso, há menor necessidade de especialidades na obra, como carpinteiros e armadores, e maior flexibilidade no ritmo de execução, especialmente quando se utilizam lajes pré-moldadas. De forma geral, Ramalho (2003) ressalta que a principal vantagem da alvenaria estrutural está na racionalização do processo construtivo, proporcionando economia, rapidez e eficiência na execução.

Embora o sistema de alvenaria estrutural apresente diversas vantagens em termos de racionalização, economia e eficiência construtiva, também possui limitações que precisam ser consideradas durante o processo de projeto e execução. De acordo com Ramalho (2003), entre as principais desvantagens estão a dificuldade de adaptação arquitetônica, já que as paredes fazem parte da estrutura e não permitem modificações significativas no arranjo dos ambientes; a forte interferência entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações, exigindo compatibilização rigorosa desde as etapas iniciais; e a necessidade de mão de obra qualificada, capaz de seguir com precisão o projeto e as técnicas específicas de execução. Essas limitações, segundo o autor, podem comprometer a flexibilidade e a segurança das edificações caso não sejam devidamente planejadas, tornando essencial o cuidado na fase de concepção do projeto.

3.4. Componentes Constituintes da Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural é formada por um conjunto de componentes que, quando adequadamente combinados, resultam nos elementos estruturais responsáveis por resistir e distribuir as cargas da edificação. Os componentes podem ser entendidos como as partes básicas do sistema; materiais que, individualmente, não constituem uma estrutura completa, mas que, quando associados, formam elementos como paredes, pilares, cintas, vergas etc. (Ramalho, 2003). Entender a diferença entre componentes e elementos é importante para compreender o funcionamento do sistema.

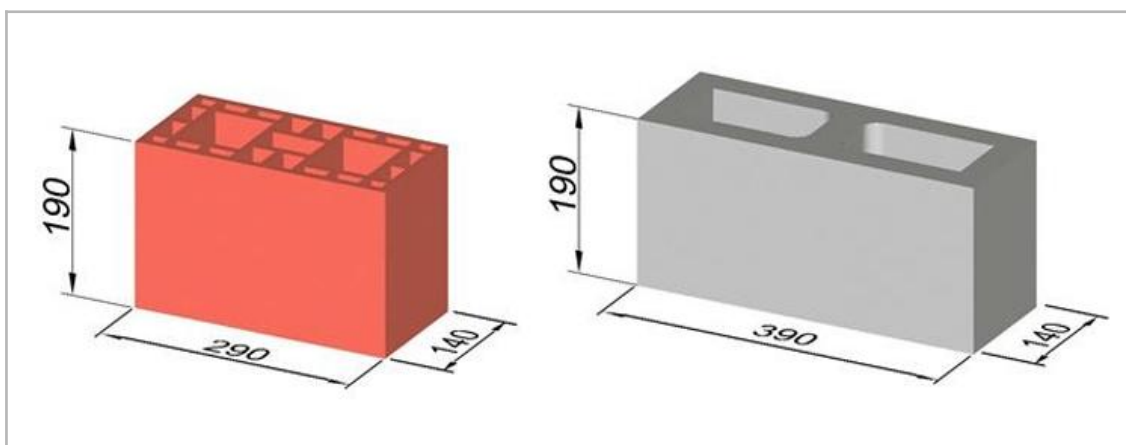
Os principais componentes empregados na execução de edificações em alvenaria estrutural são os blocos (ou unidades), a argamassa, o graute e as armaduras que podem ser construtivas ou de cálculo. Além desses, podem ser utilizados elementos complementares como vergas, contravergas, coxins e peças pré-fabricadas, que contribuem para a integridade e funcionalidade da estrutura (Parsekian, 2020). Cada um desses materiais possui propriedades e funções específicas, sendo essencial que atendam às normas técnicas e apresentem qualidade adequada para assegurar o bom desempenho e a vida útil da construção.

3.4.1. Blocos

As unidades de alvenaria, também conhecidas como blocos ou tijolos estruturais, são os principais componentes do sistema de alvenaria estrutural, pois desempenham papel fundamental na resistência e estabilidade da edificação (Ramalho, 2003). Conforme Camacho (2006), são elas que suportam os esforços de compressão e, conseqüentemente, definem grande parte do comportamento estrutural do conjunto. Além disso, a forma e as dimensões dos blocos influenciam diretamente os procedimentos construtivos, o desempenho das paredes e a coordenação modular adotada nos projetos.

No contexto brasileiro, as unidades mais utilizadas em edificações de alvenaria estrutural são, em ordem de predominância, os blocos de concreto, seguidos pelos blocos cerâmicos estruturais. Cada tipo apresenta propriedades específicas de resistência, absorção e desempenho térmico e acústico, permitindo ao projetista escolher o material mais adequado às necessidades da obra. Quanto à forma, essas unidades podem ser maciças ou vazadas, sendo chamadas de tijolos no primeiro caso e de blocos no segundo (Figura 6). As unidades vazadas são as mais empregadas, pois permitem a passagem de armaduras, o preenchimento com graute e a execução de amarrações entre paredes, o que contribui para uma melhor integração e eficiência estrutural do sistema (Ramalho, 2003).

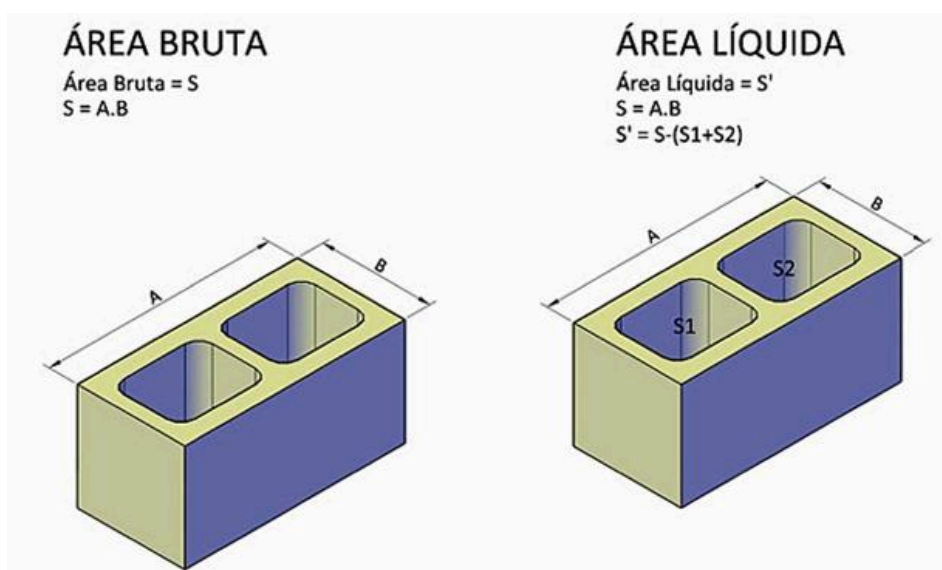
Figura 6 – Blocos cerâmico e de concreto



Fonte: Parsekian (2020)

De acordo com a ABNT NBR 6136:2016 – Blocos vazados de concreto simples para a alvenaria – os blocos vazados de concreto simples constituem o principal componente para a execução de alvenaria estrutural ou não estrutural. Esses blocos possuem vazios nas faces superior e inferior, de modo que a área líquida correspondente à média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas vazias, não ultrapasse 75% da área bruta, que considera toda a seção transversal sem descontar os vazios, conforme a Figura 7. Confeccionados com cimento Portland, água e agregados minerais, esses blocos podem ou não incluir aditivos ou outros materiais, sendo projetados para garantir resistência, precisão dimensional e baixo índice de absorção de água, requisitos essenciais para assegurar o desempenho estrutural e a compatibilidade com a modulação da edificação.

Figura 7 – Esquema ilustrativo das áreas bruta e líquida de um bloco estrutural

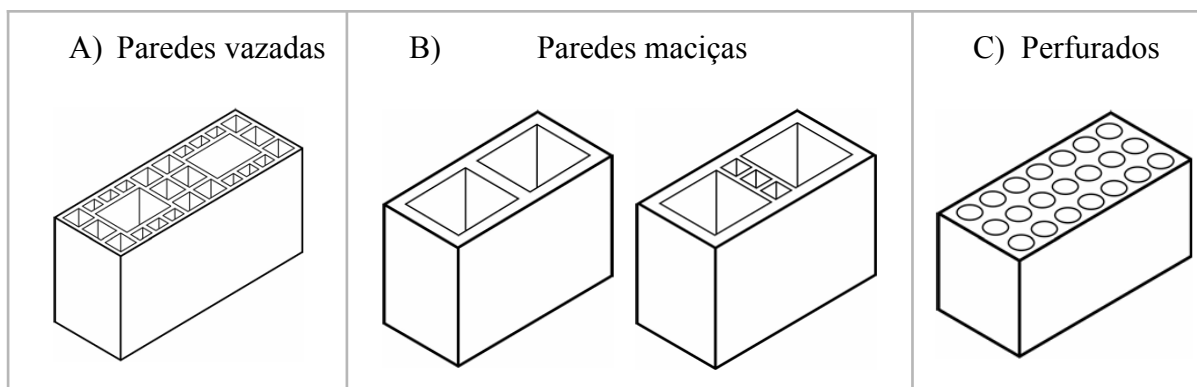


Fonte: Tauil (2010)

Os blocos cerâmicos estruturais também constituem componentes amplamente utilizados em sistemas de alvenaria estrutural. Conforme a ABNT NBR 15270-1:2023 – Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria – o bloco cerâmico estrutural é definido como o componente de alvenaria que possui vazados prismáticos perpendiculares às faces que os contêm, sendo assentado com os vazados na vertical e destinado ao desempenho estrutural. No que se refere ao processo de fabricação, a norma estabelece que esses componentes sejam conformados plasticamente a partir de matéria-prima argilosa, com ou sem aditivos, e sinterizados a temperaturas elevadas. Complementarmente, Parsekian (2020), ressalta que os blocos cerâmicos estruturais são usualmente produzidos por extrusão e queimados em fornos entre 800 °C e 1100 °C, garantindo resistência mecânica e estabilidade dimensional.

Quanto à sua forma geométrica, a norma classifica os blocos cerâmicos em blocos de paredes vazadas, blocos com paredes maciças e perfurados, sendo que apenas os dois primeiros são indicados para alvenaria estrutural, conforme ilustrado na Figura 8. Nos blocos com paredes maciças, as paredes externas são maciças, enquanto as internas podem ser maciças ou vazadas.

Figura 8 – Tipos de blocos cerâmicos quanto à forma geométrica



Fonte: ABNT NBR 15270-1:2023

3.4.2. Argamassa de Assentamento

A argamassa de assentamento é um dos componentes essenciais do sistema de alvenaria estrutural, pois tem a função de unir as unidades, garantindo a integridade e o bom desempenho do conjunto. Ela é responsável por transmitir e uniformizar as tensões entre os blocos, absorver pequenas deformações e contribuir para a vedação contra a entrada de umidade e vento nas edificações. Composta basicamente por cimento, areia, cal e água, a argamassa deve apresentar propriedades adequadas de trabalhabilidade, resistência e

durabilidade para que possa cumprir suas funções estruturais e de vedação de maneira eficiente (Ramalho, 2003).

A argamassa exerce papel essencial na qualidade e na precisão do sistema modular, uma vez que a espessura das juntas influencia diretamente o alinhamento e a regularidade das fiadas. De acordo com a ABNT NBR 16868-2:2020 - Execução e controle de obras - a espessura da argamassa nas fiadas deve ser de 10 mm, sendo tolerado na primeira fiada o mínimo de 5 mm e, no máximo, 20 mm. A ABNT NBR 13281-2:2023 – Argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria – também destaca que o projetista deve conhecer a resistência média à compressão da argamassa, pois esse parâmetro define os valores de tensão admissíveis à tração e ao cisalhamento na alvenaria. Em geral, a resistência à compressão da argamassa situa-se entre 70% e 100% da resistência do próprio bloco (Pastro, 2007), sendo fundamental manter essa proporção para garantir o bom desempenho estrutural da parede. Parsekian (2020) ainda apresenta em tabela os traços básicos de argamassa, servindo como referência prática para a dosagem e controle de qualidade do material (Quadro 1).

Quadro 1 – Traços básicos de argamassa e resistências esperadas

Cimento	Cal	Areia	Resistência média esperada (MPa)	Uso/notas
1	0,25	3	17	Traço muito forte, suscetível a fissuras
1	0,5	4,5	12	Traço ainda forte, recomendado apenas para casos de alvenarias aparentes ou enterradas, ou ainda sujeitas a carga lateral predominante (arrimos, reservatórios)
1	1	4 a 5	5	Traço adequado para edificações de baixa altura em paredes revestida
1	2	8 a 9	2,5	Traço para alvenaria de vedação apenas

Fonte: Parsekian (2020)

3.4.3. Graute

O graute é definido como um microconcreto de elevada fluidez, composto por cimento, água e agregados de pequenas dimensões, sendo utilizado para o preenchimento dos vazios existentes nos blocos estruturais. Sua aplicação tem como objetivo proporcionar maior resistência à compressão, rigidez e aderência entre as armaduras e os blocos, garantindo melhor desempenho estrutural às paredes. Além disso, o material deve apresentar fluidez e trabalhabilidade adequadas, de modo a permitir o completo preenchimento das cavidades e assegurar a homogeneidade da alvenaria (Pazini, 2014).

Do ponto de vista resistente, a literatura técnica estabelece que a resistência à compressão do graute deve ser compatível com a do bloco estrutural. Conforme indicado por Ramalho (2003) e Parsekian (2020), recomenda-se que a resistência do graute seja, no mínimo, igual à resistência do bloco considerando sua área líquida. Segundo Parsekian (2020), em obras de pequeno porte, com blocos de resistência característica de até 6 MPa, adota-se usualmente graute com resistência mínima da ordem de 15 MPa, valor que também é estabelecido como resistência mínima pela ABNT NBR 16868-1:2020. Para edificações de maior porte, a resistência do graute deve ser definida por dosagem experimental, sendo recomendado que não ultrapasse aproximadamente 150% da resistência do bloco na área líquida, a fim de evitar incompatibilidades de deformação entre os materiais.

3.4.4. Armadura

As armaduras empregadas na alvenaria estrutural têm função essencial no controle dos esforços de tração, sendo sempre envoltas por graute para garantir a aderência e o trabalho conjunto com os demais componentes do sistema. Normalmente, são aplicadas em elementos como vergas, contra vergas e cintas, onde há maior necessidade de resistência à flexão e à tração. De acordo com Ramalho (2003), as barras de aço utilizadas nesse tipo de construção são as mesmas empregadas em estruturas de concreto armado, diferindo apenas quanto à sua disposição e função específica dentro da alvenaria, uma vez que sua presença visa reforçar pontos estratégicos da estrutura e assegurar maior estabilidade e desempenho global do conjunto.

4. MODULAÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

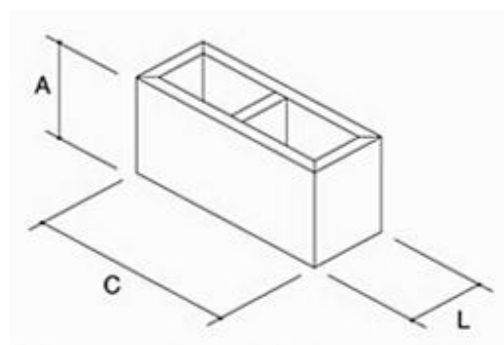
4.1. Conceituação

A modulação em alvenaria estrutural consiste em um processo de coordenação dimensional que organiza as medidas do projeto a partir de uma malha modular de referência. Essa malha estabelece uma relação direta entre as dimensões reais da edificação e o módulo básico definido pelo componente construtivo, M-15 ou M-20, permitindo que todas as partes da obra, paredes, aberturas, vergas e elementos estruturais se ajustem de forma precisa. Assim, o arquiteto e o engenheiro desenvolvem o projeto sobre uma base geométrica padronizada, garantindo compatibilidade entre as etapas de concepção e execução, reduzindo a ocorrência de improvisos e retrabalhos na obra (Roman, 1999).

A modulação tem como objetivo principal eliminar cortes e desperdícios durante a execução, assegurando que as paredes, aberturas, pontos de grauteamento, ferragens, ligações entre lajes e paredes, além das passagens de instalações, estejam previamente definidos no projeto (Camacho, 2006). Nesse sentido, Rosa (2017) destaca que antecipar esses elementos é essencial para evitar cortes de blocos, prática não recomendada em sistemas de alvenaria estrutural, pois compromete a racionalidade e a eficiência construtiva do processo.

Após a definição do módulo básico da alvenaria, a etapa seguinte consiste em aplicar esse princípio nas duas direções principais da edificação: a modulação horizontal e a modulação vertical. De acordo com Duarte (1999) *apud* (Pereira, 2022), a modulação horizontal é estabelecida em planta e resulta do comprimento (C) e da largura (L) dos blocos, enquanto a modulação vertical é determinada pela altura (A) das unidades (Figura 9), aplicada nas elevações. Essa relação entre as três dimensões da unidade garante que todas as medidas do projeto sejam múltiplas do módulo de referência, promovendo a padronização e o encaixe preciso dos elementos construtivos.

Figura 9 – Dimensões de um bloco para modulação.



Fonte: Ramalho (2003)

Para exemplificar essa correlação, Lucena (2016) apresenta um quadro-resumo (Quadro 2) que demonstra a relação entre as dimensões nominais dos blocos principais mais comuns, seus respectivos módulos e a malha em planta resultante. Observa-se, assim, que a escolha do tipo de bloco constitui o ponto de partida para todo o processo de modulação, uma vez que suas dimensões determinam a malha modular adotada e influenciam a eficiência do projeto, favorecendo um uso mais consciente dos materiais.

Quadro 2 – Modulação para diferentes famílias de blocos.

BLOCO	DIMENSÕES DO BLOCO (cm) (L x A x C)	DIMENSÕES DO MÓDULO (cm)	MÓDULO HORIZONTAL (cm)	MÓDULO VERTICAL (cm)	MALHA EM PLANTA
Cerâmico ou Concreto	14 x 19 x 29	15 x 20 x 30	15	20	15 x 15
	14 x 19 x 39	15 x 20 x 40	20	20	20 x 20
	19 x 19 x 39	20 x 20 x 40	20	20	20 x 20
	11,5 x 19 x 39	12,5 x 20 x 40	20	20	20 x 20

Fonte: Lucena (2016)

4.2. Família de Blocos e Peças Complementares

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo racionalizado, em que cada componente é pensado para se encaixar com precisão e funcionar em conjunto, reduzindo desperdícios e evitando improvisos durante a obra (Ramalho, 2003). Para tornar esse processo ainda mais eficiente, a indústria passou a desenvolver diferentes famílias de blocos estruturais, criadas justamente para facilitar a execução e garantir maior padronização no sistema.

Além dos blocos principais, o sistema de alvenaria estrutural conta com as peças complementares, que possibilitam o fechamento dos vãos e o ajuste das dimensões nas extremidades ou em locais de transição. Essas peças, como meios-blocos, canaletas e blocos compensadores, são indispensáveis para assegurar a modulação correta e evitar cortes em obra, contribuindo para a precisão construtiva e o desempenho estrutural.

Dessa forma, dentro de cada família, destacam-se os blocos de referência, como os modelos M-15 e M-20, que servem de base para a modulação e para a definição das demais peças complementares do sistema.

4.2.1. Blocos de Referência (M-15 e M-20)

No início do uso da alvenaria estrutural no Brasil, eram empregados blocos de dimensões modulares de 20x40 cm, acompanhados de meio-blocos para ajustes. Com o avanço tecnológico e a busca por paredes mais delgadas e leves, surgiram blocos de 15x40 cm, possibilitando construções mais racionais. No entanto, essa redução de espessura trouxe desafios à coordenação modular, o que levou ao desenvolvimento de novas famílias de blocos, como os de 15x30 cm, que simplificaram o processo construtivo e aumentaram a produtividade (Camacho, 2006). Atualmente, as dimensões e classificações desses blocos, como M-15 e M-20, seguem as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 6136:2016, aplicável aos blocos de concreto, e a ABNT NBR 15270-1:2023, referente aos blocos cerâmicos estruturais, que definem as famílias utilizadas nos sistemas de alvenaria estrutural. O comprimento e, pode-se dizer, também a largura dos blocos determinam o módulo horizontal, ou módulo em planta, que é a base da coordenação modular empregada nos projetos (Ramalho, 2003). O Quadro 3 apresenta as famílias de blocos estruturais com suas dimensões nominais.

Quadro 3 – Dimensões nominais das famílias de blocos estruturais e suas variações

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	365	290	-
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

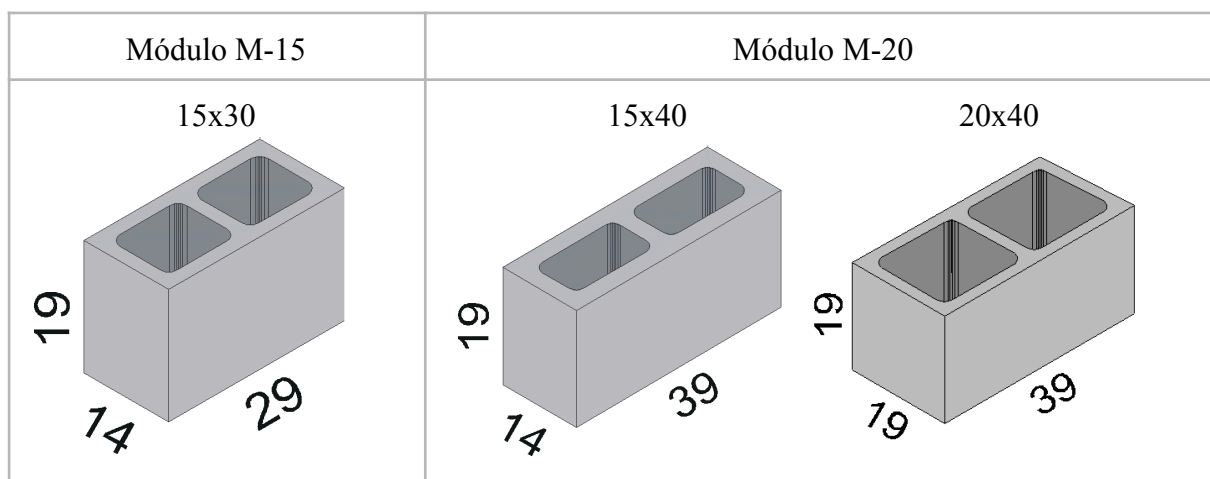
Fonte: ABNT NBR 6136:2016

Os blocos de referência do módulo M-15 correspondem aos sistemas que adotam modulação longitudinal de 15 cm, na qual o comprimento modular do bloco inteiro equivale a 2M. Conforme Bastos (2021), nessa modulação são utilizados blocos com 14 cm de largura nominal e comprimentos nominais de 14 cm, 29 cm e 44 cm, de modo que o comprimento do bloco inteiro (29 cm) corresponde exatamente a 2 módulos de 15 cm. Nessa família, a largura modular é igual ao módulo, o que facilita a compatibilidade dimensional em planta e reduz a necessidade de peças compensadoras.

Os blocos de referência do módulo M-20 pertencem aos sistemas que adotam modulação longitudinal de 20 cm, em que o bloco inteiro usual possui comprimento nominal de 39 cm, valor que corresponde aproximadamente a 2M. Nessa modulação, os blocos podem apresentar larguras nominais de 19 cm ou 14 cm. Os blocos com largura de 19 cm configuram a família plenamente modular do sistema M-20, uma vez que sua largura modular coincide com o módulo adotado. Por outro lado, a utilização de blocos com 14 cm de largura nessa modulação implica que a largura modular seja inferior ao módulo, não sendo, portanto, plenamente modular, o que exige maior atenção ao arranjo modular. Nos casos em que se utilizam blocos de 14 cm de largura, torna-se necessário o emprego do bloco especial de 34 cm nas amarrações, ajustando o entrelaçamento das fiadas e restabelecendo a continuidade da modulação horizontal (Bastos, 2021).

A Figura 10 apresenta os blocos principais das famílias mais utilizadas no Brasil, de acordo com as dimensões padronizadas pela ABNT NBR 6136:2016.

Figura 10 – Blocos principais de concreto dos módulos M-15 e M-20



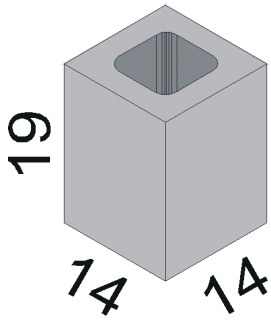
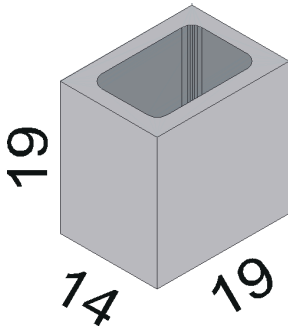
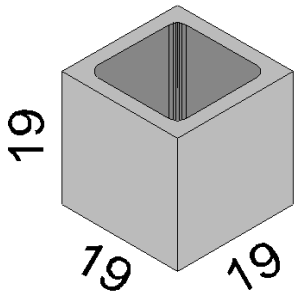
Fonte: Tatu Premoldados (2025)

4.2.2. Peças Complementares (Meio-Bloco, Canaleta, Bloco Compensador e Peças Especiais)

Para garantir o fechamento modular e o correto encaixe entre paredes, utilizam-se as peças complementares, que ajustam dimensões e permitem a passagem de armaduras e concretagem de graute. Entre as principais peças estão o meio-bloco, a canaleta, o bloco compensador e as peças especiais.

- a) Meio Bloco (Figura 11): Usado para finalizar fiadas ou garantir a modulação quando uma unidade inteira não se encaixa perfeitamente, evitando cortes no canteiro.

Figura 11 – Meio Bloco de concreto

Módulo M-15	Módulo M-20	
15x30	15x40	20x40
		

Fonte: Tatu Premoldados (2025)

- b) Canaleta (Figura 12): Empregada na execução de vergas, contravergas e cintas de amarração, permitindo o lançamento do graute e das armaduras. Suas dimensões e formatos podem variar conforme a família de blocos utilizada, podendo apresentar seções em “J” ou “U”, conforme padronizado pela ABNT NBR 6136:2016.

Figura 12 – Exemplos de blocos canaletas (seções em “J” e “U”).



Fonte: ABNT NBR 6136:2016

- c) Bloco Compensador (Figura 13): Elemento empregado para corrigir pequenas diferenças de medida na modulação, com comprimentos de 40 ou 90 mm, permitindo o fechamento preciso das fiadas e mantendo o bom alinhamento das paredes, sem precisar recorrer a cortes ou improvisos durante a execução.

Figura 13 – Bloco compensador.



Fonte: ABNT NBR 6136:2016

- d) Peças Especiais (Figura 14): São blocos projetados para facilitar as ligações entre paredes, permitindo a execução das amarrações em planta sem necessidade de cortes e assegurando a continuidade estrutural nos encontros em L e T.

Figura 14 – Blocos de amarração

Módulo M-15	Módulo M-20
15x30 19 14 44	15x40 19 14 34 19 14 54

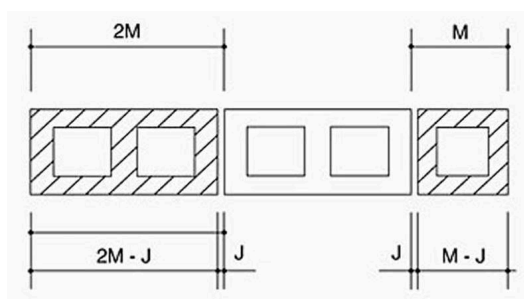
Fonte: Combase Dourados (2018)

4.3. Modulação Horizontal e a Unidade M+J

A ABNT NBR 15873:2024 – Coordenação modular para edificações – define módulo (M) como o intervalo padronizado entre dois planos sucessivos que estruturam o sistema de referência modular utilizado no projeto. No caso da alvenaria estrutural, esse módulo horizontal, também chamado de módulo em planta, é determinado em função do comprimento e da largura das unidades de alvenaria, ou seja, dos blocos (Bastos, 2021). Para efeito de projeto, considera-se que o módulo é composto pela soma da dimensão real do bloco

e da espessura da junta de argamassa (J), conceito representado pela expressão $M+J$. De forma prática, o comprimento real de um bloco inteiro equivale a $2M-J$, e o de um meio-bloco, a $M-J$, conforme ilustrado na Figura 15 (Ramalho, 2003). Considerando as juntas usuais de 1 cm, os blocos de dimensões nominais de 15, 20, 30 ou 45 cm correspondem, respectivamente, a comprimentos reais de 14, 19, 29 e 44 cm, o que demonstra a importância de se considerar as juntas na definição da modulação e na precisão dimensional do projeto.

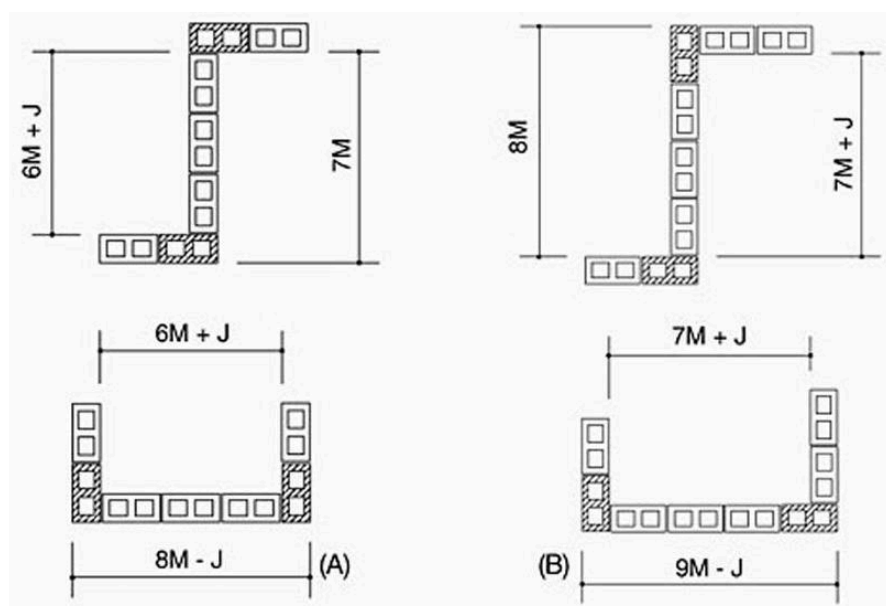
Figura 15 – Relação entre o módulo (M) e a dimensão real do bloco ($M-J$)



Fonte: Ramalho (2003)

O espaçamento entre cantos ou alinhamentos varia conforme o número de módulos adotados: quando é par, os blocos permanecem paralelos (Figura 16-A); quando é ímpar, tornam-se perpendiculares (Figura 16-B), influenciando diretamente o alinhamento e o encontro entre as paredes (Ramalho, 2003).

Figura 16 – Coordenação modular para cotas internas ($M-J$) e externas ($M+J$)

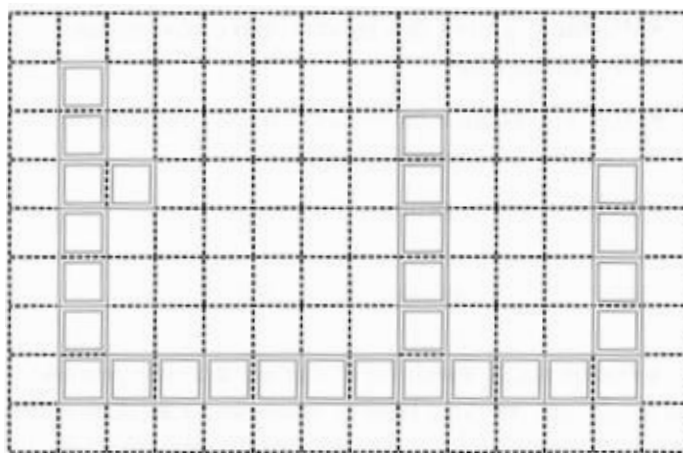


Fonte: Ramalho (2003)

Após a definição do módulo básico (M), o passo seguinte consiste em aplicar esse princípio na elaboração da malha modular, que serve como referência para o posicionamento das paredes e demais elementos da edificação. Essa malha é composta por linhas espaçadas conforme o módulo adotado e orienta todo o processo de modulação em planta.

De acordo com Manzione (2004), o módulo horizontal geralmente é estabelecido em múltiplos de 15 ou 20 cm, valores que correspondem às principais famílias de blocos estruturais disponíveis no mercado e que, podem ser observadas na Figura 10, e que influenciam diretamente as dimensões internas dos ambientes. Como exemplo, pode-se citar a Família 15x40, que adota o módulo básico $M = 20$ cm. Após a escolha do módulo, procede-se ao lançamento da primeira fiada dentro dessa malha de referência (malha modular de 20 x 20 cm), etapa que define o alinhamento das paredes e o posicionamento dos vãos, conforme ilustra a Figura 17. Nessa modulação, é importante que as aberturas, como janelas, também respeitem o módulo adotado, ou seja, recomenda-se que suas dimensões horizontais sejam múltiplas de 20 cm (60 cm, 120 cm, 180 cm, etc.).

Figura 17 – Representação de uma Malha Modular

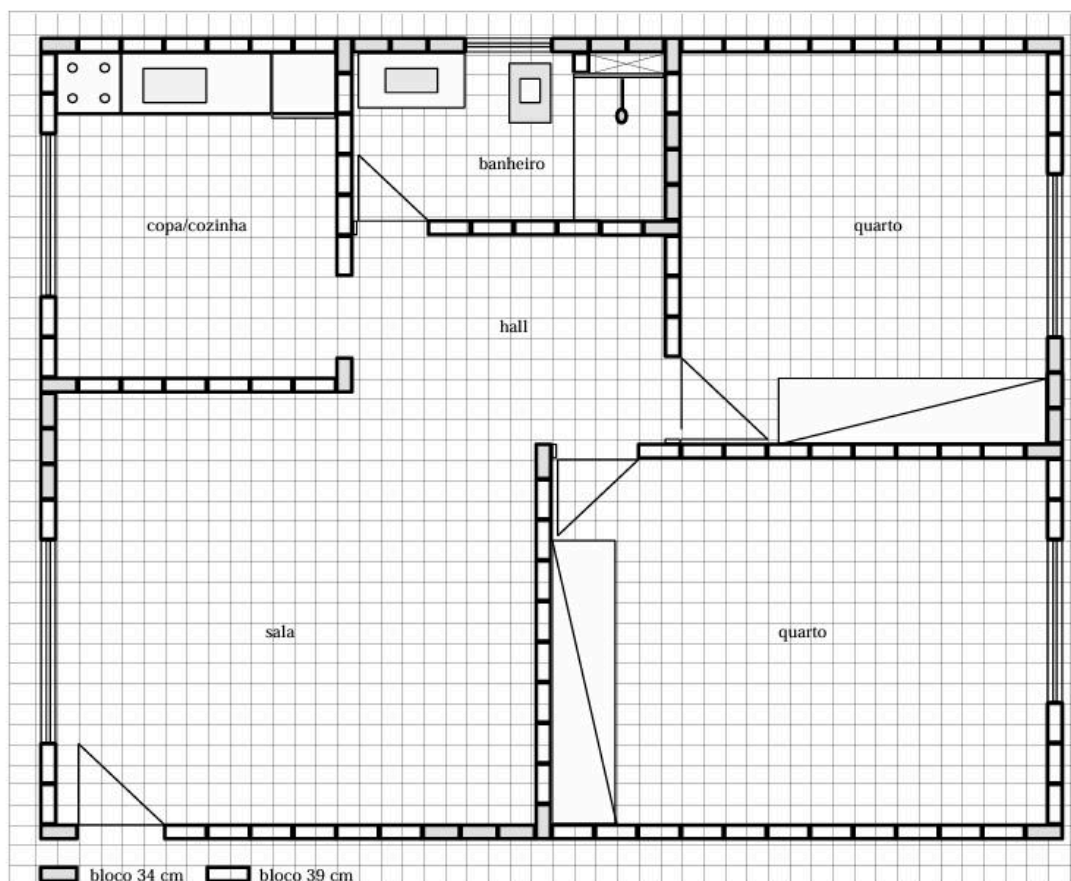


Fonte: Manzione (2004)

A aplicação da modulação de 20 x 20 cm pode ser observada em um projeto arquitetônico completo, como o apresentado na Figura 18, no qual a malha modular serve como referência para o posicionamento das paredes e demais elementos da edificação. Nota-se, nesse exemplo, o uso de blocos de 39 cm ($2M - J$) e blocos de 34 cm, empregados como peças compensadoras para possibilitar a amarração direta entre paredes e o fechamento da modulação para a Família 15x40. Conforme destaca Parsekian (2020), na Família 15x40 é comum a utilização de blocos especiais de 14x34 cm e 14x54 cm para garantir o correto encaixe entre fiadas, sendo que as dimensões dos cômodos geralmente são múltiplas de 20

cm, com eventuais reduções de até 5 cm para ajustes finos. Por outro lado, há famílias que empregam módulos diferentes, como a 15x30, cuja adoção pode simplificar o processo de modulação e aumentar a produtividade da obra.

Figura 18 – Exemplo de planta baixa paginada sobre malha modular 20 x 20



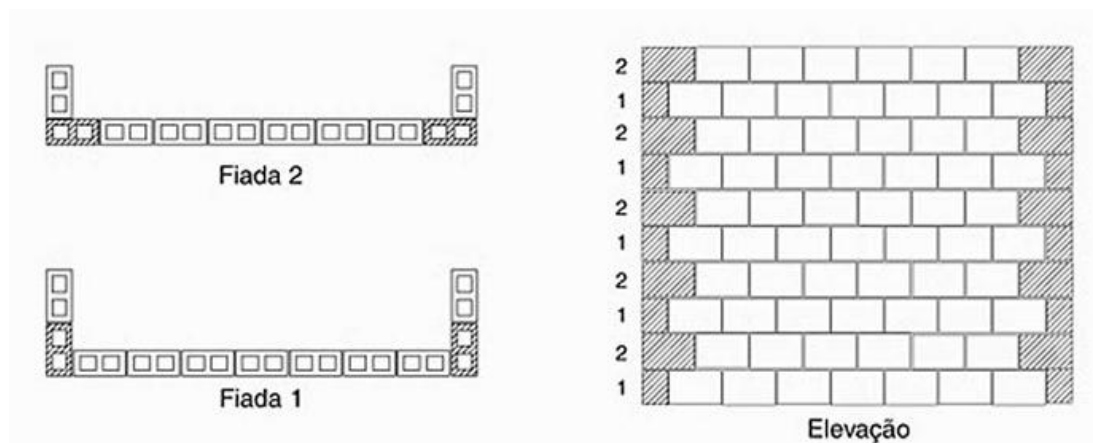
Fonte: Roman (1999)

Na Família 15x30, observa-se que ela se aplica a uma malha modular de 15x15 cm, com projeção de vãos múltiplos de 15 cm (60 cm, 120 cm, 150 cm, etc.). A principal vantagem dessa configuração está no fato do comprimento modular ser o dobro da largura, o que permite uma amarração direta entre paredes em L, como ilustrado na Figura 19, sem a necessidade de bloco especial de 34 cm para esse tipo de encontro; já em encontros em T, se faz o uso do bloco especial de 44 cm (Parsekian, 2020).

À primeira vista, a definição do módulo horizontal pode parecer relacionada apenas ao arranjo arquitetônico da edificação, já que o uso de módulos de 15 ou 20 cm influencia diretamente as dimensões internas dos ambientes. No entanto, como ressalta Ramalho (2003), o principal parâmetro a ser considerado é a largura do bloco adotado, pois o ideal é que o módulo longitudinal seja equivalente a essa medida. Dessa forma, evita-se o uso excessivo de

blocos especiais e garantem-se encontros precisos entre paredes, tanto em cantos quanto em bordas, assegurando maior racionalidade ao processo construtivo.

Figura 19 – Amarração em L com modulação e larguras iguais



Fonte: Ramalho (2003).

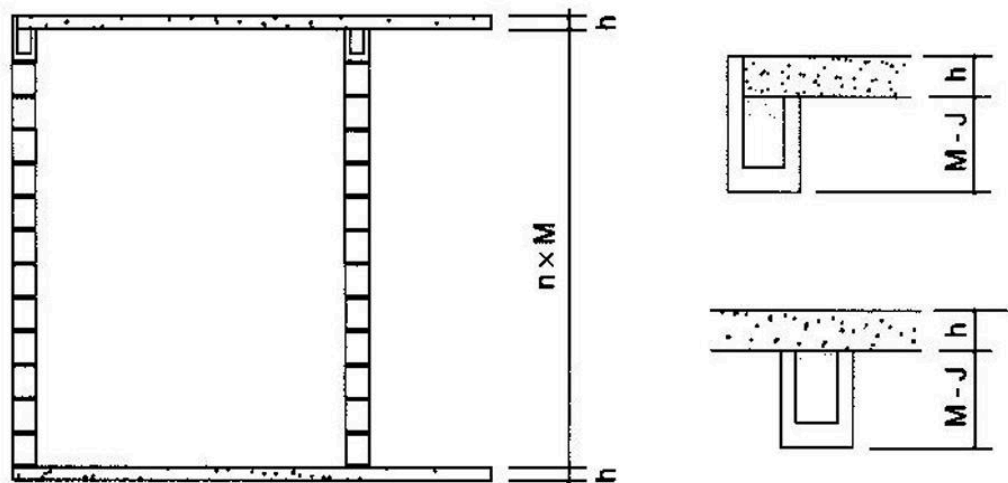
4.4. Modulação Vertical e a Altura do Pé-Direito

A modulação vertical segue o mesmo princípio dimensional aplicado na modulação horizontal, porém, baseando-se na altura nominal dos blocos acrescida da espessura da junta de argamassa, o que resulta no módulo vertical de referência, geralmente de 20 cm. Lucena (2016) descreve que essa modulação pode ser trabalhada de duas maneiras: a partir da altura do pé-direito (piso a teto) e a segunda, pela dimensão do pé esquerdo (piso a piso). Trata-se, portanto, de um processo simples que consiste em ajustar a altura total da edificação para que seja um múltiplo do módulo vertical adotado, garantindo o fechamento exato das fiadas. Ramalho (2003) ressalta que esse procedimento normalmente não gera dificuldades relevantes de compatibilização com o projeto arquitetônico e que o módulo horizontal e a largura dos blocos não influenciam a escolha do módulo vertical.

De acordo com Manzione (2004), quando se trabalha com a modulação vertical do tipo piso a teto ou piso a piso, é fundamental observar atentamente os encontros da alvenaria com as lajes, especialmente nas paredes externas e internas, para garantir o fechamento correto das fiadas. Na modulação de piso a teto, as paredes externas podem ser finalizadas de duas maneiras principais. A primeira consiste na utilização do bloco J, também conhecido como “jotão”, cuja aba superior permite o encaixe direto da laje (Figura 20). Apesar de oferecer uma boa integração entre os elementos, essa solução não é a mais recomendada, pois a aba do bloco apresenta alta fragilidade, quebrando-se com frequência durante a montagem (Manzione, 2004). A segunda alternativa, mais usual, adota o bloco canaleta na última fiada,

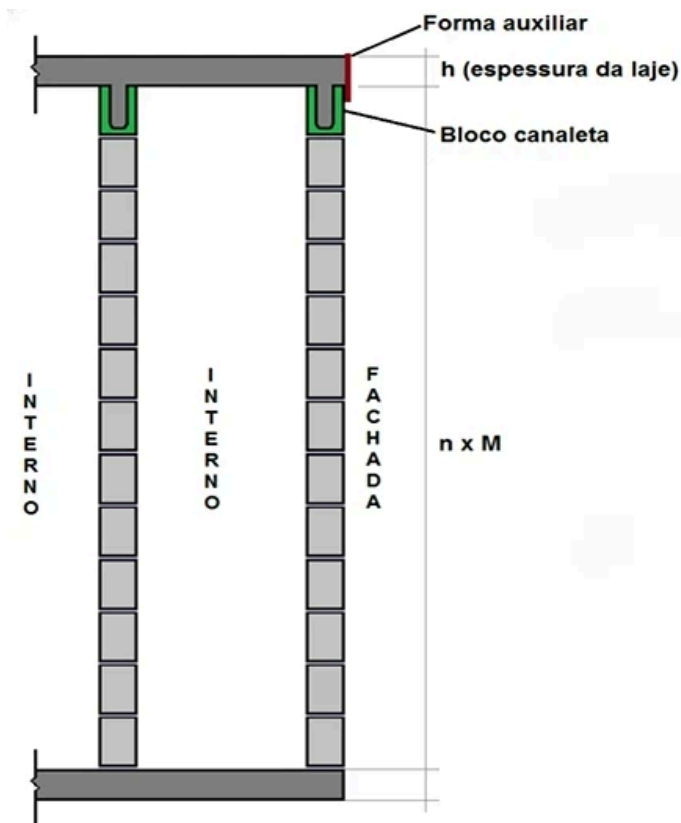
apoiando a laje diretamente sobre ele. Nesse caso, emprega-se uma fôrma metálica ou de madeira para conter o concreto da laje, conforme a Figura 21. Nas paredes internas, a modulação piso a teto é concluída de forma mais simples, utilizando-se apenas bloco canaleta comum para fechamento das fiadas, conforme mostrado nas Figuras 20 e 21.

Figura 20 – Modulação piso a teto com bloco J nas paredes externas



Fonte: Ramalho (2003)

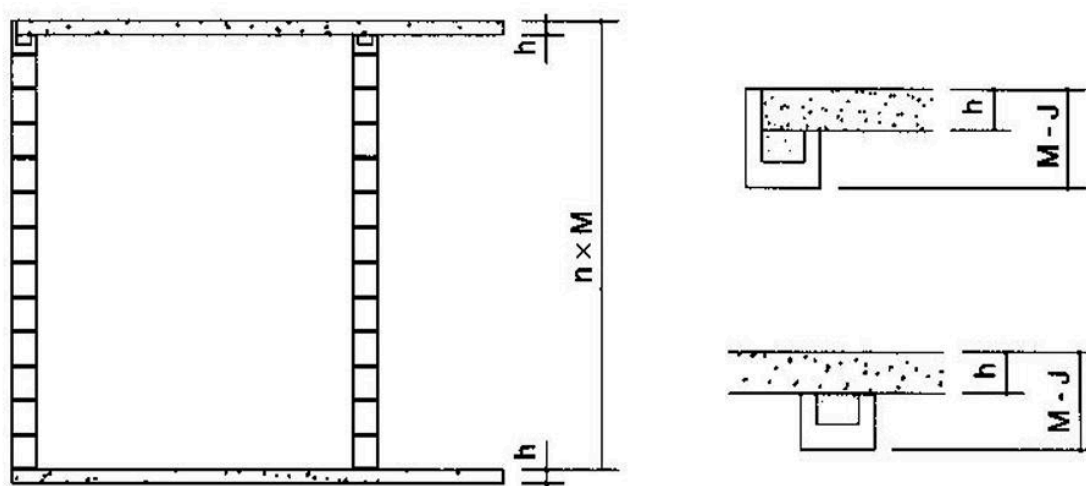
Figura 21 – Modulação piso a teto sem bloco J nas paredes externas



Fonte: Freitas Junior, Campos e Villas Boas (2020)

A modulação vertical do tipo piso a piso consiste em aplicar a distância modular entre os níveis de pavimento, garantindo que as fiadas de blocos acompanhem a altura total da edificação até a face superior da laje. Segundo Manzione (2004), na modulação do tipo piso a piso, as fiadas finais das paredes externas são executadas com blocos J de menor altura, também chamados de “jotinhas”, enquanto nas paredes internas utilizam-se canaletas baixas para ajustar a altura até o nível da laje (Figura 22). Essa solução, embora tecnicamente viável, tende a ser mais complexa que a modulação piso a teto, pois introduz novos tipos de blocos e, consequentemente, o que tende a tornar o processo de execução menos produtivo. Ramalho (2003) complementa que, quando o fabricante não disponibiliza blocos J e o projetista não deseja utilizar formas para concretar a laje, é possível obtê-los a partir do corte de blocos canaletas convencionais, procedimento que requer ferramentas específicas, como serras elétricas com disco de corte. Contudo, Manzione (2004) ressalta que esse método não é o mais recomendado, já que aumenta os custos e pode gerar patologias construtivas devido à imprecisão dos cortes e ao manuseio inadequado dos blocos.

Figura 22 – Modulação piso a piso



Fonte: Ramalho (2003)

Deve-se ainda considerar que o princípio da modulação vertical baseado no módulo de 20 cm por fiada não se limita à definição da altura total do pé-direito, devendo ser rigorosamente aplicado a todas as cotas verticais do projeto. Isso inclui a altura dos peitoris (base das janelas) e das vergas (topo das portas e janelas), que devem ser dimensionadas como múltiplos do módulo vertical.

4.5. Tipos de Amarração em Alvenaria Estrutural

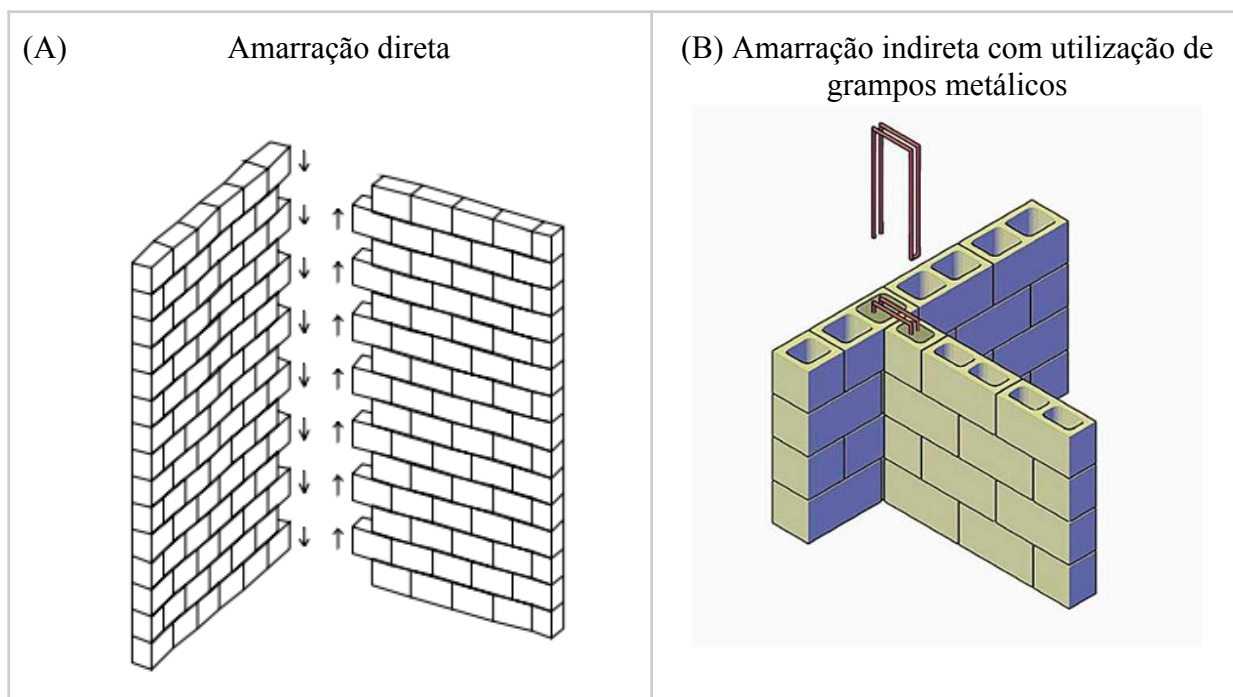
A etapa seguinte à definição da modulação consiste em planejar as amarrações entre as paredes, garantindo a continuidade estrutural do sistema. Segundo Accetti (1998), a amarração é responsável por interligar paredes estruturais, permitindo que as cargas sejam redistribuídas de forma equilibrada entre as paredes e evitando a concentração excessiva de esforços em pontos isolados. Ao amarrar duas ou mais paredes, obtém-se uma uniformização das tensões, o que contribui significativamente para a economia e segurança da estrutura, já que a resistência dos blocos de um pavimento é determinada pela parede mais solicitada. O autor também destaca que a amarração exerce papel fundamental no contraventamento da edificação e na prevenção do colapso progressivo, ao fornecer caminhos alternativos para a transferência de esforços em situações excepcionais.

De acordo com a ABNT NBR 16868-1:2020, a ligação entre paredes estruturais pode ocorrer por meio de dois tipos de amarração: direta e indireta (Figura 23). Cada uma delas apresenta características específicas quanto ao modo de interligação entre as paredes e ao comportamento estrutural resultante, influenciando diretamente a distribuição de tensões e a estabilidade global da edificação.

A amarração direta é o tipo mais utilizado, sendo o que proporciona melhor desempenho estrutural nas edificações em alvenaria, pois permite que as cargas atuantes em uma parede sejam redistribuídas para as paredes adjacentes, favorecendo o comportamento solidário entre os elementos (Bastos, 2021). De acordo com a ABNT NBR 16868-1:2020, esse tipo de ligação é definido pelo intertravamento entre blocos, realizado por meio do deslocamento alternado das fiadas, de modo que cerca de metade do comprimento de um bloco se sobreponha ao da parede vizinha, garantindo a continuidade estrutural ao longo da interface comum.

A amarração indireta é caracterizada pela união de paredes que apresentam juntas verticais coincidentes, nas quais a interface comum é reforçada por elementos metálicos de ligação, como grampos ou telas de aço, devidamente ancorados em furos verticais grauteados ou nas juntas de assentamento (ABNT NBR 16868-1:2020). Embora essa solução garanta a continuidade construtiva, Parsekian (2020) ressalta que a amarração indireta deve ser evitada, principalmente em edificações com múltiplos pavimentos, por não proporcionar uma integração estrutural completa, resultando em menor rigidez frente às ações horizontais e em uma distribuição menos uniforme das cargas verticais.

Figura 23 – Tipos de amarração em alvenaria estrutural



Fonte: Fig A - Corrêa (1996) apud Mamede (2001); Fig B - Tauil (2010)

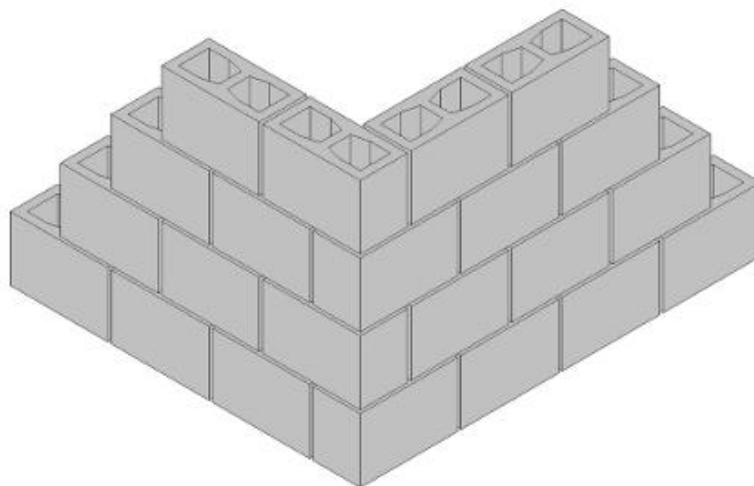
Na prática, a amarração direta por intertravamento é responsável por garantir o melhor desempenho estrutural, que se materializa nos encontros geométricos das paredes. Como destaca Mamede (2001), o sucesso dessa amarração não é automático: ele está intimamente relacionado à modulação da alvenaria, pois depende da proporção entre a espessura e o comprimento dos blocos, condição essencial para o correto entrelaçamento das fiadas. Dentre os tipos de amarração, as mais recorrentes em projeto são a amarração em L (canto), em T (encontro) e, com menor frequência, em X (cruz).

4.5.1. Amarração em L ou canto

A amarração em L, como já abordado brevemente no tópico de modulação horizontal, corresponde ao encontro entre duas paredes ortogonais, em que é necessário realizar o intertravamento dos blocos de uma parede com a outra para garantir a continuidade estrutural e o travamento adequado do conjunto. Quando se utilizam blocos da família 15x30, não há necessidade do emprego de blocos especiais, pois, nessa família, o comprimento modular é igual ou múltiplo de 15 cm, como pode ser observado nas Figuras 19 e 24. Já na família 15x40, torna-se indispensável o uso do bloco especial de 34 cm de comprimento, empregado para restabelecer a modulação de 20 cm comprometida pela largura de 14 cm dos blocos. Essa

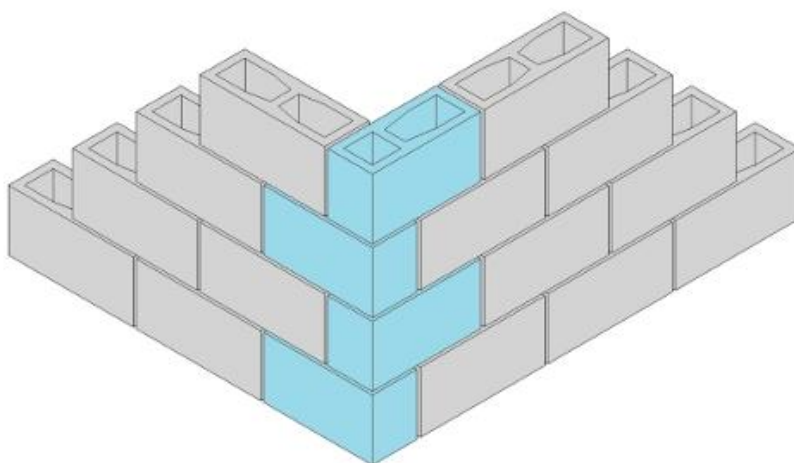
solução assegura o fechamento correto das fiadas e evita o aparecimento de juntas verticais alinhadas (Figura 25).

Figura 24 – Amarração em L com a utilização da família 15x30



Fonte: Reis, 2016

Figura 25 – Amarração em L com a utilização da família 15x40



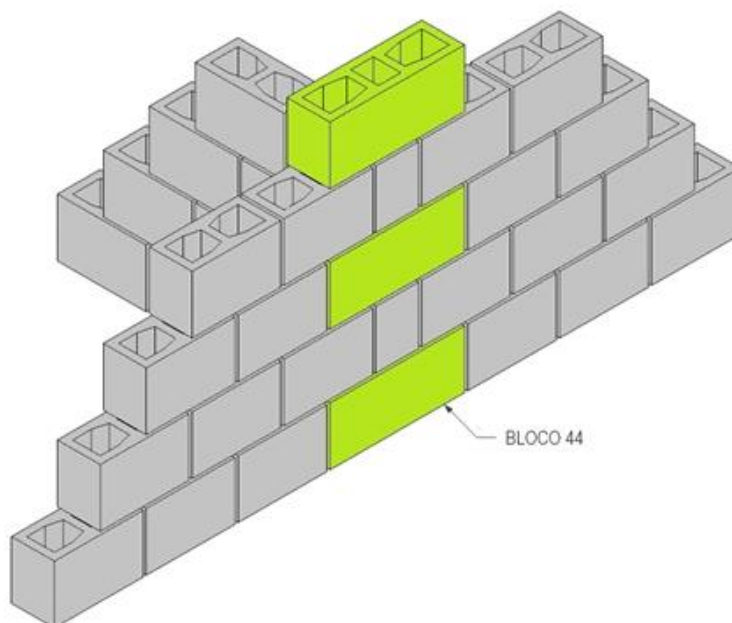
Fonte: Reis, 2016

4.5.2. Amarração em T ou encontro

O encontro em T, onde uma parede ortogonal se conecta a uma parede contínua, é um ponto crítico que exige atenção especial no projeto de modulação. A solução adotada deve evitar a ocorrência de juntas a prumo (juntas verticais alinhadas em fiadas consecutivas), que comprometem a resistência e a estabilidade da alvenaria (Manziona, 2004).

Conforme Manzione (2004), para encontros tipo T que utilizam blocos da família 15x30 (Modulação M-15), a solução mais recomendada é a utilização de um bloco especial de 44 cm de comprimento. Este bloco especial, conhecido como bloco de três módulos, permite o correto entrelaçamento das paredes em apenas duas fiadas diferentes, simplificando o processo e otimizando a execução (Figura 26).

Figura 26 – Amarração em T com bloco especial de 44 cm (3 módulos)

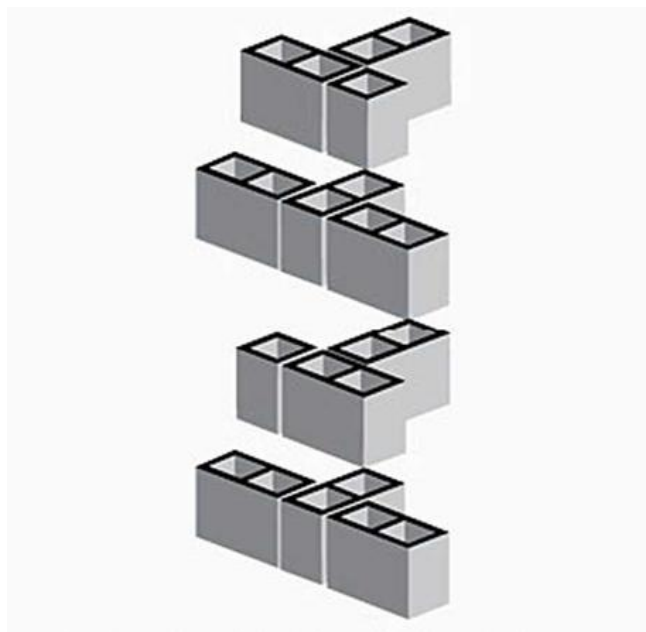


Fonte: Reis, 2016

Embora o uso do bloco especial otimize o processo, a amarração em T para a família 15x30 também pode ser executada utilizando-se apenas os blocos básicos (bloco inteiro e meio-bloco), o que é conhecido como amarração de bloco em trânsito (Mamede, 2001). Essa solução, detalhada por Ramalho (2003) e Mamede (2001), requer um maior número de fiadas para que as juntas verticais sejam totalmente desencontradas, garantindo o travamento adequado entre as paredes. Esse arranjo pode ser observado na Figura 27, que ilustra a sequência de fiadas necessária para o fechamento completo da amarração.

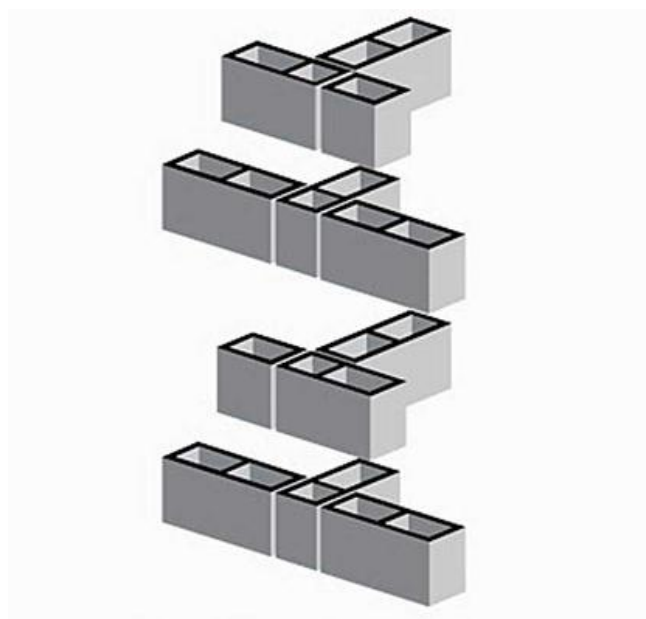
A mesma lógica de amarração apresentada por Mamede (2001) e Ramalho (2003) aplica-se também à família 15x40. Nesse caso, contudo, torna-se necessário o uso do bloco especial de 34 cm de comprimento para compensar a diferença dimensional, já que o módulo longitudinal não corresponde à largura dos blocos. Mamede (2001) ainda ressalta que a junta a prumo não deve permanecer por mais de três fiadas consecutivas, conforme ilustrado na Figura 28.

Figura 27 – Amarração em T sem uso de bloco especial 44 (Família 15x30)



Fonte: Ramalho, 2003

Figura 28 – Amarração em T com uso do bloco especial 34 (Família 15x40)

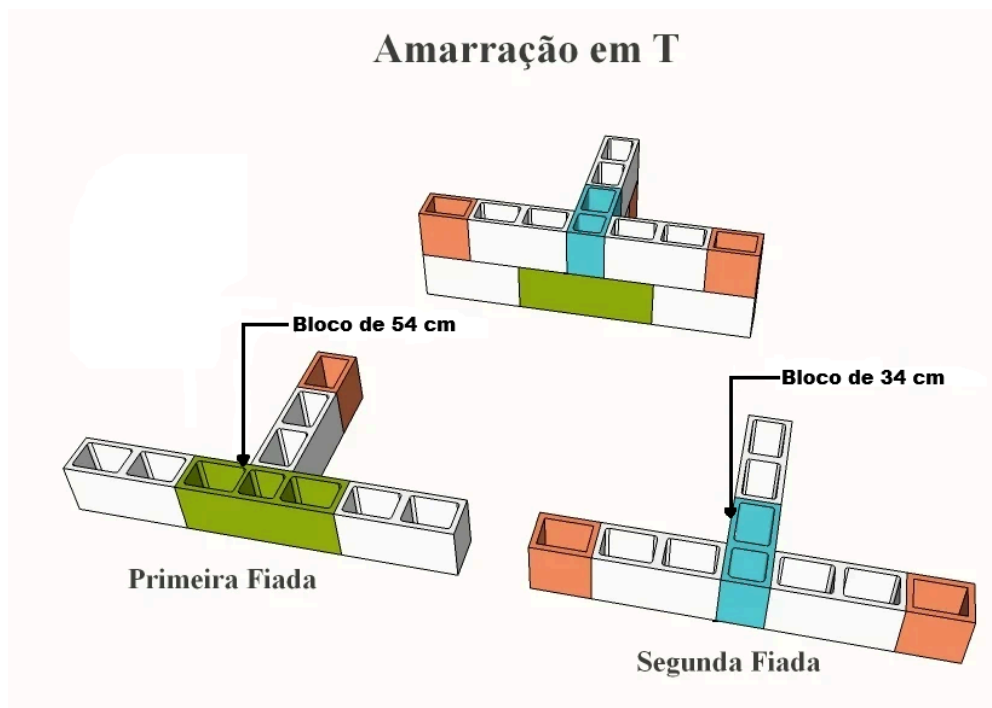


Fonte: Ramalho, 2003

Apesar da viabilidade técnica da amarração com blocos básicos, a solução mais indicada e racionalizada para a família 15x40 é a que assegura a continuidade integral da unidade modular de 20 cm, garantindo o travamento estrutural otimizado entre as paredes. Essa configuração obrigatoriamente emprega a combinação de dois blocos especiais: o bloco de 54 cm (equivalente a um bloco e meio) e o de 34 cm dispostos de forma alternada em

fiadas consecutivas (Reis, 2016). Tal arranjo não apenas assegura o entrelaçamento ideal das unidades, mas também elimina a ocorrência de juntas verticais coincidentes, resultando em uma amarração de elevada eficiência estrutural e plena compatibilidade com a modulação M-20, conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 – Amarração em T com bloco de 54 e 34 (Família 15x40)

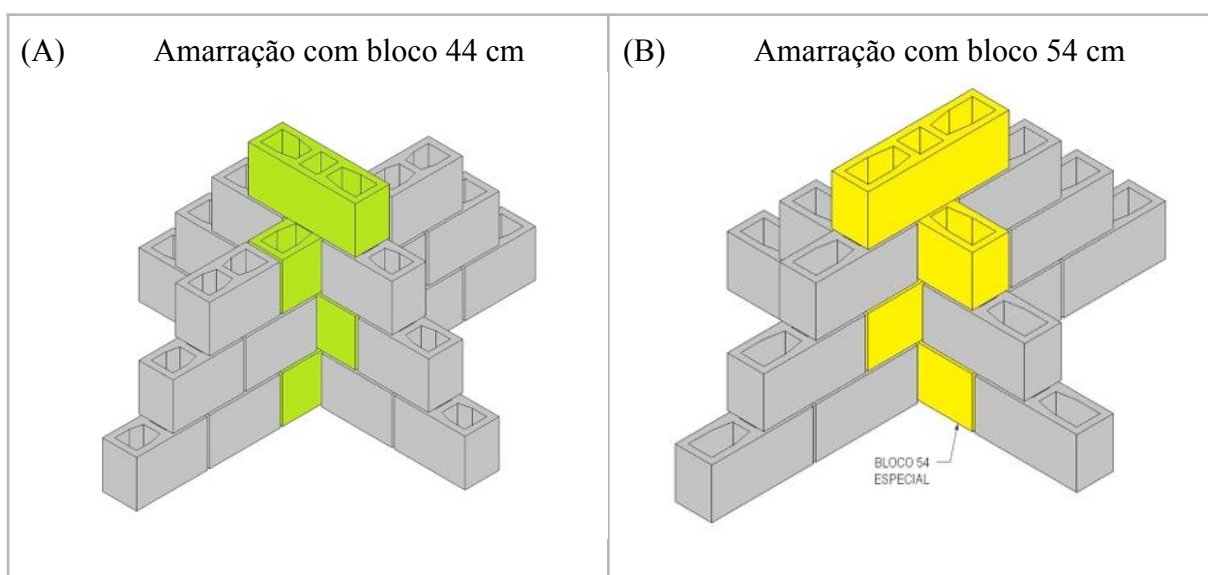


Fonte: Adaptado de Mohamad et al (2015)

4.5.3. Amarração em X ou cruz

A amarração em cruz ocorre no cruzamento de duas paredes ortogonais, formando um ponto onde é necessário garantir a defasagem adequada das juntas verticais para manter a continuidade da modulação. Diferentemente dos encontros em L e T, este tipo de amarração apresenta maior simplicidade, pois a solução é aplicável de forma semelhante às principais famílias de blocos. Conforme Reis (2016), o travamento é obtido mediante o uso de blocos especiais que compensam a diferença entre largura e comprimento, permitindo que o módulo horizontal seja preservado: utiliza-se o bloco especial de 44 cm para a família 15x30 (M-15) e o bloco especial de 54 cm para a família 15x40 (M-20) (Figura 30). Esses blocos alongados garantem a alternância correta das juntas e restabelecem a continuidade modular entre as paredes, assegurando o entrelaçamento adequado das fiadas e evitando a formação de juntas a prumo no cruzamento.

Figura 30 – Amarração em Cruz



Fonte: Reis (2016)

4.6. Diretrizes para a Execução Correta da Modulação

A correta execução em obra é etapa fundamental para que toda a lógica modular definida em projeto, incluindo o arranjo horizontal, a modulação vertical e as amarrações entre paredes, se converta efetivamente em desempenho estrutural, produtividade e qualidade construtiva. A modulação, por si só, não garante resultados satisfatórios se não houver rigor na implantação das fiadas, na conferência das dimensões reais, no controle das tolerâncias e no tratamento adequado dos encontros e vãos. Dessa forma, a execução precisa refletir fielmente as soluções projetadas, visto que, na alvenaria estrutural, pequenas variações acumuladas têm um impacto crítico e irreversível. Tais desvios podem resultar em desalinhamentos, necessidade de cortes, perda de prumo ou, em última instância, no comprometimento direto do comportamento estrutural e da capacidade de carga da parede.

Nesse contexto, a ABNT NBR 16868-2:2020 – Execução e controle de obras – estabelece diretrizes específicas para a execução da alvenaria estrutural, definindo padrões mínimos que devem ser observados desde a locação da primeira fiada até a execução das vergas, contravergas e estabilização dos vãos. Além disso, alguns procedimentos executivos, como o nivelamento inicial, a disposição dos blocos, o fechamento adequado das juntas e a verificação sistemática do prumo e do esquadro, são essenciais para garantir que a modulação prevista em projeto seja fielmente atendida durante a construção. Nas subseções seguintes, apresentam-se as recomendações normativas e os cuidados práticos indispensáveis para a correta execução da modulação em obra.

4.6.1. Recomendações da ABNT NBR 16868-2:2020

A ABNT NBR 16868-2:2020 – Execução e controle de obras – apresenta um conjunto de exigências destinadas a assegurar que a modulação e as dimensões previstas em projeto sejam reproduzidas com precisão no canteiro. A Seção 9 da norma, dedicada à produção da alvenaria, reúne as diretrizes essenciais para o correto controle geométrico do sistema, sendo essas: Requisitos; Locação das paredes de alvenaria; elevação e respaldo das paredes de alvenaria.

Requisitos: Antes do início da elevação das paredes, a ABNT NBR 16868-2:2020 estabelece um conjunto de verificações obrigatórias que influenciam diretamente a precisão dimensional e o desempenho estrutural da alvenaria. A norma determina que sejam conferidos:

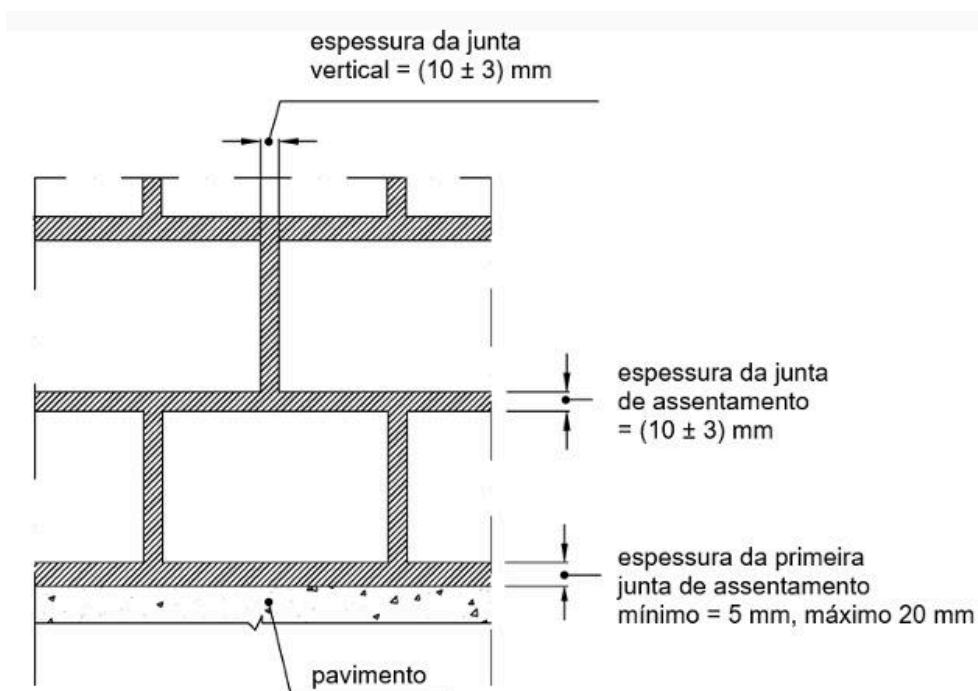
- **Locação e Nivelamento da Base:** Deve-se verificar a locação, os esquadros e o nivelamento da base de assentamento da alvenaria, conforme as tolerâncias descritas na própria Seção 9 ou especificadas no projeto.
- **Limpeza:** A laje ou viga de apoio, bem como os blocos e peças pré-fabricadas, devem estar limpos e isentos de materiais que possam prejudicar a aderência da argamassa.

Além dessas verificações iniciais, a norma também estabelece cuidados indispensáveis durante a execução. Os blocos, uma vez assentados, não devem ser reposicionados, evitando a ruptura da ligação com a argamassa. A ABNT NBR 16868-2:2020 também reforça que a alvenaria deve ser executada preferencialmente com blocos inteiros e seus complementos normalizados. O uso de peças cortadas só é permitido quando previsto no projeto de produção e confeccionado sob condições controladas. De modo a não comprometer a modulação e o desempenho estrutural.

Locação das paredes de alvenaria: conforme orienta a ABNT NBR 16868-2:2020, é uma etapa essencial para que a modulação definida em projeto seja corretamente reproduzida na obra. Embora a norma não descreva esse procedimento de forma detalhada, ela enfatiza que os eixos referenciais planimétricos devem estar claramente indicados nos desenhos. É a partir deles que se determinam a posição, o alinhamento e a espessura das paredes em cada pavimento, garantindo coerência com a malha modular adotada. A norma também estabelece que a superfície de apoio, laje ou viga, não pode apresentar variação de nível superior a ± 10 mm, sob risco de afetar o prumo e a regularidade das fiadas.

Outro aspecto fundamental é o controle da junta horizontal da primeira fiada. Segundo a ABNT NBR 16868-2:2020, a espessura da junta de argamassa de assentamento dos blocos ou tijolos da primeira fiada deve ser de no mínimo 5 mm e não pode ultrapassar 20 mm, conforme ilustrado na Figura 31. A norma admite excepcionalmente espessuras de até 30 mm apenas em trechos com extensão inferior a 500 mm. Quando houver necessidade de valores superiores ao limite máximo, a correção não deve ser feita com argamassa, mas sim por meio do nivelamento prévio da superfície de apoio, utilizando material com resistência equivalente à da laje ou da viga, garantindo um apoio uniforme e adequado para o início da alvenaria.

Figura 31 – Limite da espessura da junta de argamassa para a primeira fiada



Fonte: ABNT NBR 16868-2:2020

Elevação e respaldo das paredes de alvenaria: A etapa de elevação das paredes é determinante para que a modulação prevista em projeto se concretize de forma correta no canteiro de obras. De acordo com a ABNT NBR 16868-2:2020, o desempenho final da alvenaria depende do respeito às tolerâncias de prumo, nível e espessura das juntas, além da correta execução das fiadas e do posicionamento dos reforços. A norma limita, por exemplo, o desaprumo e o desalinhamento a 10 mm por pavimento (respeitando 2 mm/m) e a 25 mm no total da edificação, pois valores superiores podem comprometer a estabilidade e a correta aplicação da modulação vertical.

Durante a elevação, os blocos devem ser posicionados e alinhados conforme o projeto, evitando ajustes excessivos. A norma orienta que o assentamento seja realizado enquanto a argamassa permanece plástica, garantindo aderência adequada. Caso seja necessário reposicionar um bloco, a argamassa deve ser completamente removida e reaplicada, evitando-se deslocamentos que prejudiquem a modulação ou a capacidade de carga da junta. Também deve ser evitado que a argamassa esorra para o interior dos vazados, o que comprometeria o grauteamento futuro.

A ABNT NBR 16868-2:2020 estabelece que as juntas horizontais e verticais devem apresentar, em geral, 10 mm de espessura, com exceção da primeira fiada. Valores diferentes somente podem ser utilizados quando especificados em projeto. A norma determina que:

- As juntas horizontais devem receber argamassa nas paredes longitudinais e transversais dos blocos.
- As juntas verticais devem ser preenchidas por meio de dois filetes nas paredes laterais nos blocos, cada um com largura mínima de 30 mm.

O cumprimento dessas diretrizes de execução da ABNT NBR 16868-2:2020, no entanto, depende fundamentalmente da qualidade dos componentes. De nada adianta seguir as tolerâncias da junta (J) se o bloco (M) não atender às tolerâncias dimensionais da ABNT NBR 6136:2016. Da mesma forma, a capacidade do pedreiro de manter a junta de 1 cm depende das propriedades da argamassa, regidas pela ABNT NBR 13281-2:2023. Assim, a execução da modulação é um sistema que depende da integração de múltiplas normas.

4.6.2. Execução da Primeira Fiada

A execução da primeira fiada é amplamente reconhecida como uma das etapas mais críticas e determinantes da obra, pois corresponde ao momento em que todo o planejamento de modulação horizontal é efetivamente transferido do projeto para o canteiro. Para orientar esse processo, utiliza-se a planta de locação, um documento executivo cuja função é evitar desvios geométricos e falhas de posicionamento durante a construção (Kalil, 2009; Reis, 2016).

O elemento central dessa etapa é a correta identificação e marcação dos blocos-chave. Como destaca Reis (2016), o posicionamento inadequado desses blocos pode comprometer o fechamento modular e o alinhamento dos vãos. Esses blocos incluem os blocos de canto, os elementos adjacentes às aberturas e os blocos especiais utilizados nas amarrações (Kalil, 2009). A precisão nessa etapa é decisiva para garantir que as amarrações em L, T e X, discutidas nos tópicos anteriores, sejam executadas conforme previsto.

Para assegurar que o módulo M+J seja respeitado em toda a planta, o método mais utilizado na locação é o sistema de cotas acumuladas, que define a posição das paredes a partir de um ponto de referência, tanto no sentido longitudinal quanto no transversal. Segundo Reis (2016), esse sistema é amplamente empregado por depender de ferramentas simples, trena, esquadros, réguas e linha de náilon facilmente manuseadas pela mão de obra, dispensando o uso de instrumentos topográficos mais avançados, como teodolitos ou estação total.

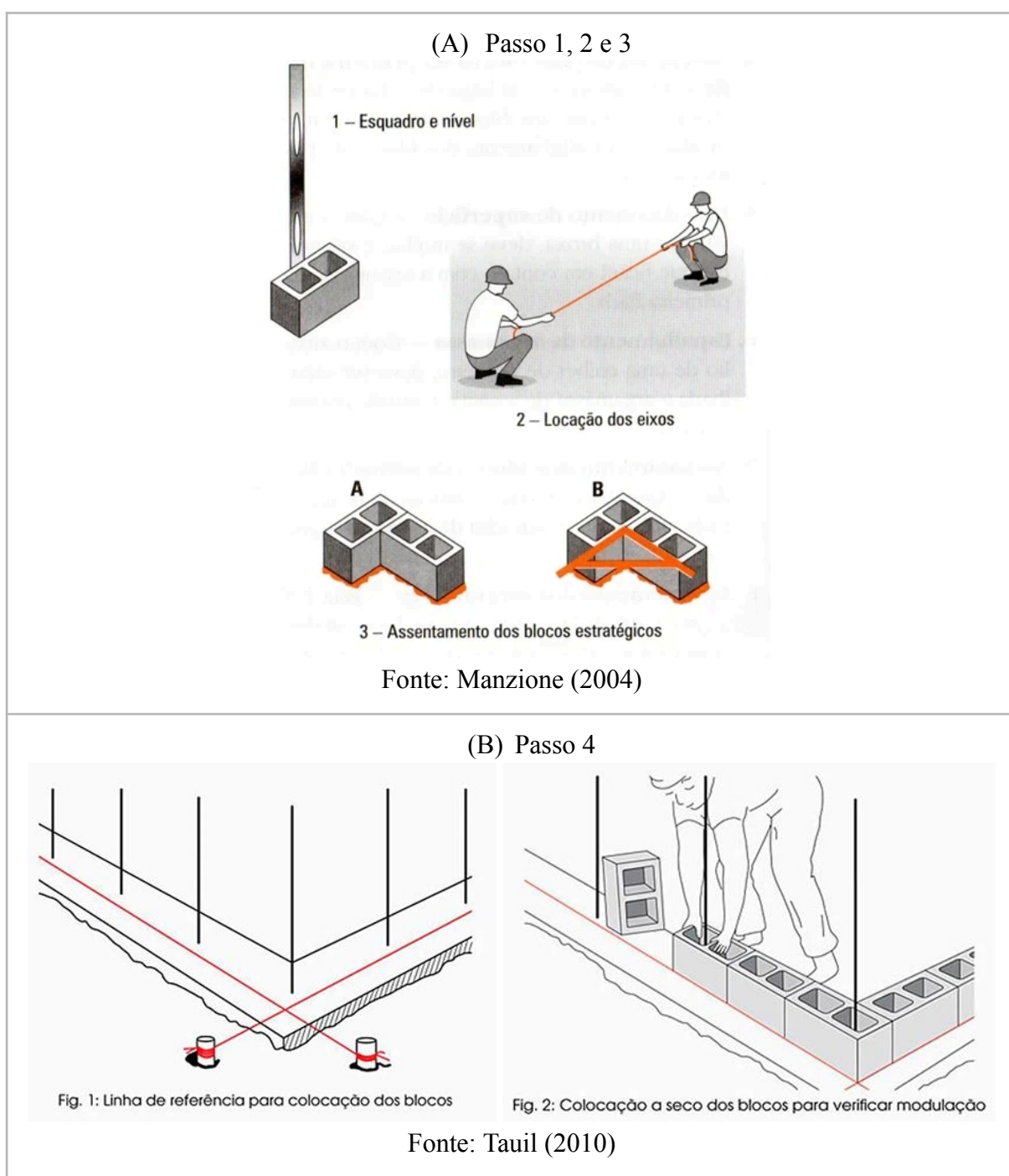
A execução da primeira fiada segue um conjunto de etapas sequenciais que garantem a transferência precisa da modulação para a obra. Segundo Manzione (2004) e Tauil (2010), esse procedimento deve ser realizado com rigor técnico, pois define o alinhamento, o nível e o correto posicionamento dos blocos-chave.

De acordo com Manzione (2004) e Tauil (2010), os passos para a execução da primeira fiada são:

1. Assentamento do bloco referencial: Identifica-se o ponto mais alto da laje e assenta-se o bloco RN, que servirá de referência para o nivelamento de toda a fiada (Figura 32 - A).
2. Marcação dos eixos de locação: Com base na Planta de Primeira Fiada (cotas acumuladas), marcam-se os eixos das paredes na laje, garantindo esquadro e conferindo dimensões (Figura 32 - A).
3. Posicionamento dos blocos-chave: Assentam-se os blocos estratégicos (cantos, encontros e blocos especiais de amarração), alinhados ao bloco RN e aos eixos marcados (Figura 32 - A).
4. Ajuste de esquadro e nivelamento: Fixam-se os esticadores de linha nas cabeças dos blocos-chave para servir de referência longitudinal ao alinhamento e nivelamento da fiada. Após a marcação no chão, a boa prática de execução recomenda o assentamento a seco para verificar a modulação (Figura 32 - B).
5. Preparação da superfície: Umedece-se a base para melhorar a aderência e espalha-se a argamassa de forma contínua na laje ou viga baldrame, atendendo à espessura de 5 mm a 20 mm (ABNT NBR 16868-2:2020) para o nivelamento (Figura 32 - C).
6. Assentamento dos blocos da primeira fiada: Com esticadores de linha, assenta-se a fiada completa, ajustando cada bloco com leves batidas e mantendo todos no mesmo nível (Figura 32 - D).
7. Instalação dos Escantilhões e Verificação Final:

- Nos cantos, instalam-se os escantilhões regulados à altura da primeira fiada, que funcionarão como guias verticais e de prumo para todas as fiadas (Figura 32 - E).
- Com a instalação dos escantilhões e esticadores, procede-se à conferência final da primeira fiada, verificando o alinhamento, o prumo e o respeito às cotas da planta de locação, assegurando a compatibilidade da modulação com eventuais instalações embutidas (Figura 32 - E)

Figura 32 – Passo a passo da primeira fiada



(C) Passo 5



Fig. 3: Colocação da argamassa da primeira fiada sobre a laje ou viga baldrame

Fonte: Tauil (2010)

(D) Passo 6

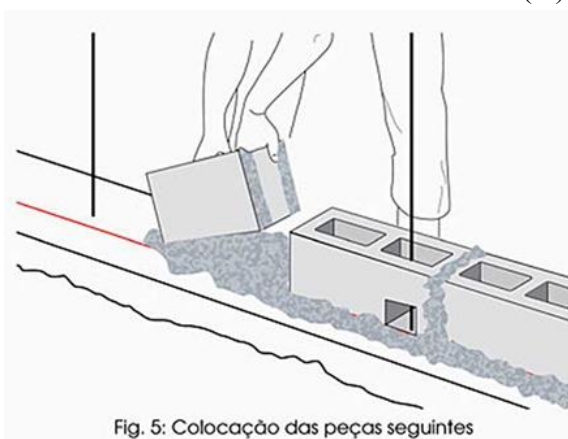


Fig. 5: Colocação das peças seguintes

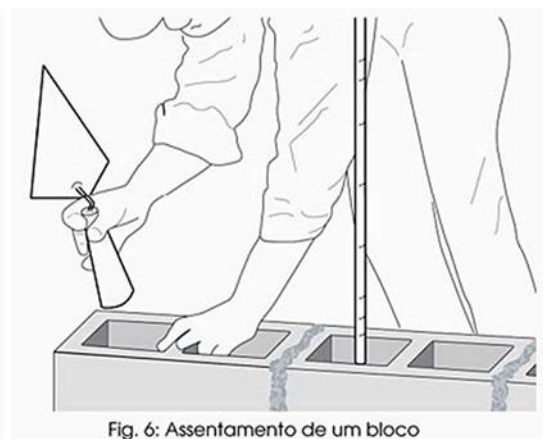


Fig. 6: Assentamento de um bloco

Fonte: Tauil (2010)

(E) Passo 7

8 – Assentamento do escantilhão

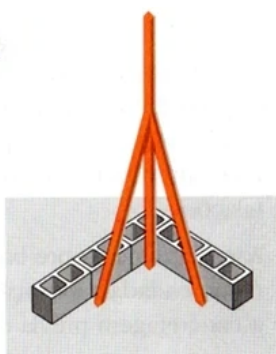


Fig. 8: Verificação do alinhamento

Fonte: Tauil (2010)

Fonte: Manzione (2004); Tauil (2010)

4.6.3. Execução de Vãos e Vergas

Com a primeira fiada locada e os escantilhões instalados, inicia-se a etapa de elevação das paredes. Assim como a planta de locação guia o plano horizontal, os projetos de elevações

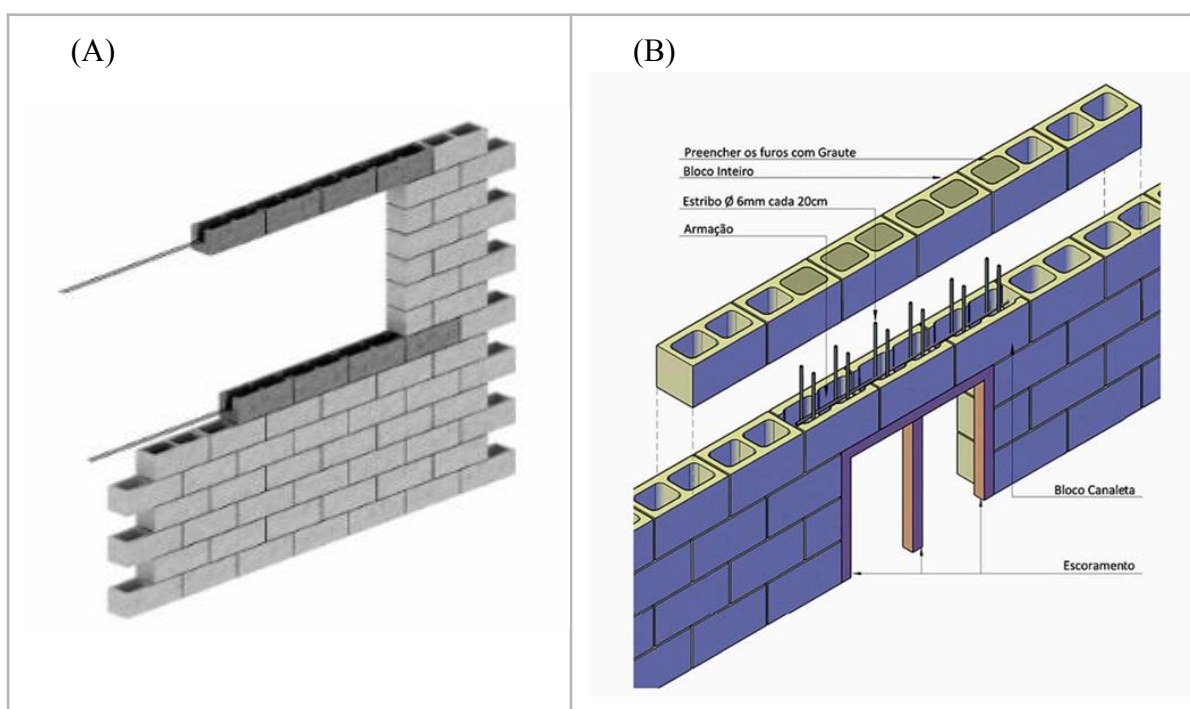
(ou paginação de paredes) são os documentos que guiam a modulação vertical. Nestes documentos são indicados o posicionamento exato dos vãos, as soluções previstas para vergas e contravergas, além de informações fundamentais como descidas de instalações, pontos de grauteamento, armaduras, blocos canaletas e detalhes de amarração entre paredes (Kauil, 2009; Reis, 2016). Nessa etapa, a alvenaria é executada seguindo um padrão sequencial; as fiadas ímpares repetem a modulação da primeira fiada, enquanto as fiadas pares reproduzem a segunda, garantindo o desencontro das juntas verticais e o travamento da parede, devendo ser monitorada constantemente durante a execução vertical.

As aberturas como portas e janelas representam interrupções na continuidade das fiadas e, por isso, são pontos críticos tanto para a execução quanto para o comportamento estrutural da alvenaria. A falta de compatibilidade entre as dimensões moduladas dos vãos e as medidas das esquadrias costuma gerar ajustes improvisados, resultando em perdas de produtividade. Do ponto de vista estrutural, essas interrupções redirecionam o fluxo de tensões para as paredes adjacentes, concentrando esforços nos cantos. Para controlar esses efeitos, utilizam-se as vergas (dispostas sobre o vão) e contravergas (dispostas sob o vão), elementos responsáveis por redistribuir as tensões e garantir o adequado funcionamento da alvenaria nesses trechos (Mamede, 2001).

Seguindo a ordem de elevação da parede, o primeiro elemento a ser executado é a contraverga, localizada sob o vão da janela. Sua função principal é absorver as tensões de tração nos cantos inferiores da abertura, evitando fissuras a 45°. Para que a execução desse elemento estrutural não interrompa a modulação vertical, o procedimento usual é o assentamento de bloco-canaleta na fiada correspondente ao peitoril, onde são posicionados a armadura e o graute. É fundamental que a contraverga exceda a largura do vão, penetrando na alvenaria lateral (geralmente 30 cm, conforme Parsekian (2021)) para garantir a ancoragem correta, conforme detalhado na Figura 33-A.

Após a elevação das laterais do vão, atinge-se o nível superior, onde é executada a verga. Da mesma forma que na base, utilizam-se blocos-canaleta preenchidos com graute e armadura, funcionando como uma viga contínua integrada à modulação de 20 cm. A verga deve ter um apoio mínimo sobre as paredes laterais (variando de 15 cm a 30 cm conforme o vão, Parsekian (2021)) para transmitir as cargas verticais eficientemente. Durante essa etapa, recomenda-se o escoramento provisório do vão para garantir que a linha da verga permaneça perfeitamente nivelada com o restante da fiada até o endurecimento do graute (Figura 33-B).

Figura 33 – Detalhe construtivo de verga e contraverga com blocos-canaleta



Fonte: Fig A - Prudêncio (2002) *apud* Freitas Junior et al. Boas (2020); Fig B - Tauil (2010)

Quanto ao método executivo, a ABNT NBR 16868-2:2020 permite flexibilidade, estabelecendo que vergas e contravergas podem ser executadas com canaletas preenchidas com graute, peças moldadas no local ou peças pré-moldadas. O uso de blocos-canaleta (o método tradicional) garante a continuidade visual e modular da face da parede, mas apresenta desafios produtivos. Segundo Mamede (2001), essa solução exige a interrupção da elevação da parede para a montagem de gabaritos (escoramento), posicionamento de armadura e grauteamento, o que quebra o ritmo de produção. O autor destaca que as vergas pré-moldadas seriam uma alternativa superior para a produtividade, pois não interrompem o ritmo da equipe e permitem ajustes dimensionais. Contudo, a maioria dos construtores ainda opta pelo sistema tradicional de canaletas, priorizando a integração monolítica com o restante da alvenaria em detrimento da velocidade.

4.7. Manifestações Patológicas e Erros Associados à Falta de Planejamento Modular

A premissa básica da alvenaria estrutural é a racionalização e a coordenação modular, na qual cada componente possui posição e função previamente definidas no sistema. Como discutido nos capítulos anteriores, a eficiência desse método construtivo depende diretamente do respeito à malha modular (M+J) e da integridade dimensional dos blocos. Quando o planejamento modular falha, ou quando a execução desconsidera as diretrizes estabelecidas

em projeto, o sistema perde seu caráter industrializado e passa a depender de improvisações no canteiro de obras.

A incompatibilidade entre as dimensões projetadas e as dimensões reais dos componentes obriga a mão de obra a realizar ajustes não previstos. Quando a modulação não fecha, multiplicam-se práticas que comprometem a estrutura: cortes indiscriminados de blocos, juntas de argamassa espessadas para compensar medidas e preenchimentos improvisados em vãos e encontros. Embora muitas vezes interpretados como simples correções estéticas, esses ajustes rompem a continuidade estrutural das paredes e geram pontos de concentração de tensões para os quais o sistema não foi dimensionado.

Assim, as patologias em alvenaria estrutural raramente são ocorrências isoladas, na maior parte das vezes, representam o efeito visível de uma falha de coordenação modular ocorrida em fases anteriores do processo. Neste tópico, são analisadas as principais manifestações resultantes desse problema, organizadas em: falhas de execução relacionadas a cortes e quebras indevidas, e irregularidades em juntas de assentamento. Cada categoria demonstra como desvios relativamente pequenos no planejamento geométrico podem comprometer o desempenho global e a durabilidade da edificação.

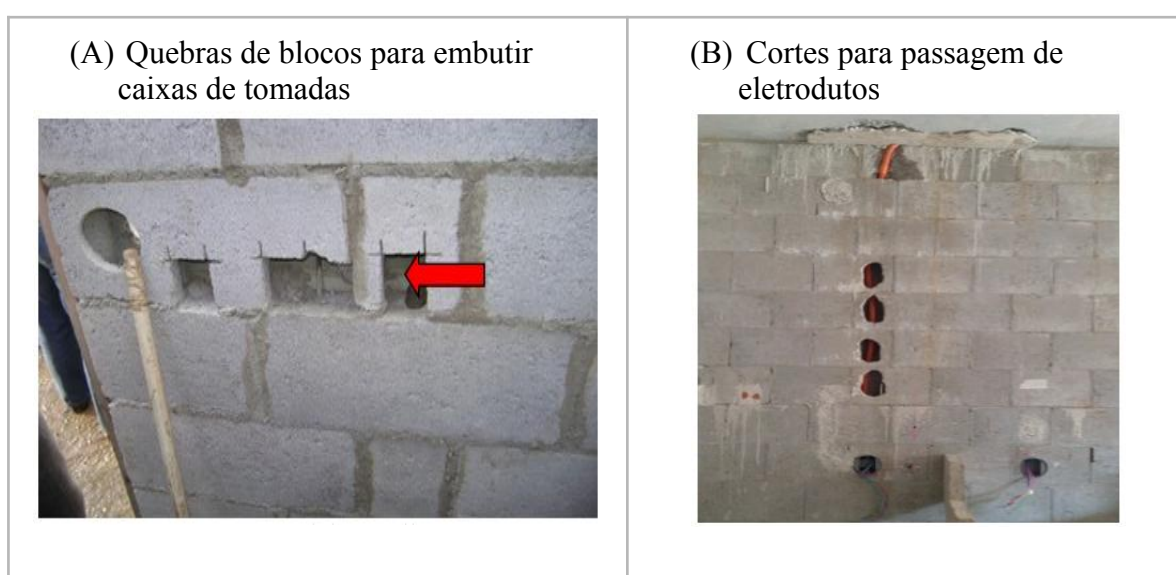
4.7.1. Falhas de Execução Comuns (Quebras, Juntas Irregulares, Uso Excessivo de Blocos Compensadores)

A consequência mais imediata e crítica da falta de coordenação modular é a recorrência de cortes e quebras improvisadas nos blocos. Diferentemente da alvenaria de vedação, onde intervenções como rasgos são toleráveis, no sistema estrutural a integridade do bloco é indispensável. Lisboa (2019) destaca que a quebra de blocos estruturais para a passagem de instalações embutidas constitui uma prática inaceitável na alvenaria estrutural (Figura 34). O autor enfatiza que as instalações hidráulicas sob pressão não devem sequer ser previstas para embutimento nas paredes estruturais, devendo ser direcionadas a paredes de vedação ou a shafts técnicos, conforme recomendado por Mohamad (2015). Esse tipo de intervenção, quase sempre decorrente da incompatibilidade entre a modulação e os projetos complementares, além de gerar desperdício, altera a geometria original da unidade e reduz diretamente a resistência à compressão da parede. O que deveria funcionar como um componente industrializado de precisão passa, assim, a atuar como um elemento fragilizado pela improvisação no canteiro.

Outra falha executiva recorrente, muitas vezes relacionada à pressa ou à falta de qualificação da mão de obra, é a variação e o preenchimento incompleto das juntas de

argamassa (Figura 35). Roman et al. (2002) alertam que a negligência no preenchimento das juntas verticais, embora tenha menor influência na resistência à compressão, compromete de forma significativa a resistência ao cisalhamento e à flexão da parede. Essa deficiência altera a rigidez e a deformabilidade do conjunto, tornando-se especialmente crítica em edificações de maior porte, onde o comportamento global da alvenaria é determinante para a estabilidade. Já nas juntas horizontais, o preenchimento inadequado provoca a redução direta da área de contato entre os blocos, diminuindo a capacidade da parede de resistir às cargas verticais de compressão para as quais foi projetada.

Figura 34 – Improvisação de cortes e quebra de blocos para passagem de instalações



Fonte: Fig A - Oliveira (2016); Fig B - Santos (2017)

Figura 35 – Exemplo de preenchimento inadequado e falhas nas juntas de argamassa

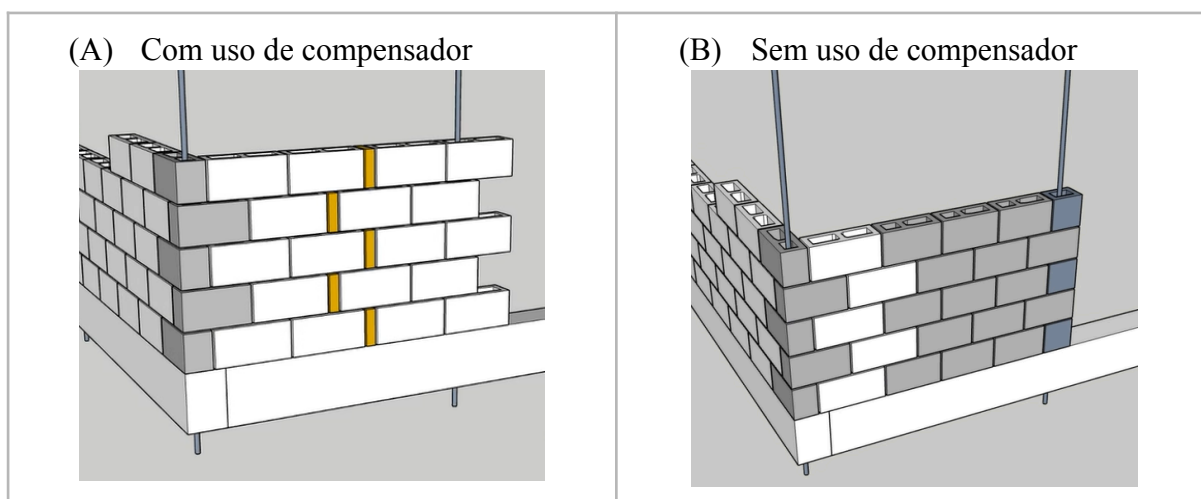


Fonte: Pozzobon (2003) apud Silva (2013)

A ausência de planejamento modular também leva ao uso excessivo de blocos compensadores, prática que indica claramente que a malha M+J não foi respeitada na etapa de

projeto ou na locação inicial das paredes. Quando a modulação não fecha, a mão de obra passa a inserir peças de ajuste muitas vezes em grande quantidade apenas para completar a fiada, resultando em paredes com comportamento estrutural irregular. A comparação entre as Figuras 36-A e 36-B ilustra a diferença de uma parede com e sem o uso de compensadores. Enquanto a primeira (Figura 36-A) apresenta uma alvenaria com uso de compensadores (em amarelo), evidenciando a perda de continuidade da modulação, a segunda (Figura 36-B) mostra uma parede melhor modulada, utilizando blocos inteiros e sem compensadores. Ressalta-se que o erro não está no uso dos compensadores, como mostrado na (Figura 36-A), mas sim na presença reiterada desses elementos de ajuste, pois poderá criar regiões de menor rigidez, alterar o caminho das cargas e aumentar a probabilidade de fissuração, especialmente nas interfaces entre blocos de tamanhos distintos. Assim, o uso abusivo de compensadores deixa de ser apenas um problema estético e passa a ser um indicativo direto de falha na coordenação modular.

Figura 36 – Comparação entre parede com e sem blocos compensadores.



Fonte: Um Programador na Roça (2025)

4.7.2. Falhas de Geometria, Amarração e Juntas de Argamassa

Além das falhas na unidade, a falta de rigor na modulação vertical manifesta-se gravemente na geometria global das paredes, resultando em desvios de prumo e alinhamento. Quando a execução negligencia o uso de ferramentas de controle modular (como o escantilhão), a verticalidade da parede é comprometida. Segundo Roman et al. (2002), esse desaprumo gera excentricidades na sobreposição das fiadas e reduz a área de contato efetiva entre a parede e a laje, o que impacta diretamente na redução da resistência à compressão da alvenaria (Figura 37). Complementarmente, Ferreira (2023) alerta que essas paredes mal

posicionadas perdem capacidade de carga, tornando a estrutura mais vulnerável não apenas aos esforços verticais, mas também a ações laterais, por exemplo, o vento. O resultado físico deste desequilíbrio é o surgimento de distorções que evoluem para deformações e fissuras na parede. Além do risco estrutural, há o prejuízo econômico e construtivo, conforme Roman et al. (2002), a correção visual desses desvios obriga o incremento na espessura dos revestimentos, gerando um consumo excessivo de argamassa não previsto no planejamento.

Figura 37 – Desvios de prumo decorrentes de falhas na modulação vertical



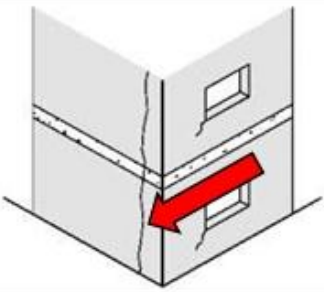
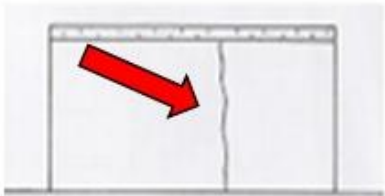
Fonte: Mohamad (2021) apud Ferreira (2023)

Outro aspecto geométrico sensível à falta de planejamento modular reside nas interseções entre paredes e nas transições de espessura. De acordo com Ripplinger (2011), esses encontros são pontos críticos, pois, mesmo quando constituídos pelo mesmo material, a mudança de direção ou de robustez da parede gera intensidades distintas de dilatação térmica. Para absorver essas tensões diferenciais, é essencial que exista uma ligação rígida entre os elementos e sua estrutura de apoio. Entretanto, quando a modulação falha em prever o intertravamento correto (amarração), a parede permanece destravada. Essa deficiência na conexão, somada à movimentação natural da edificação e às variações térmicas, resulta inevitavelmente no aparecimento de fissuras na interface, sinal claro de que as paredes deixam de trabalhar como um único conjunto monolítico (Quadro 4).

Além das fissuras decorrentes da falta de amarração adequada, um desdobramento comum dessas falhas geométricas é a tentativa de compensação por meio do ajuste das juntas de argamassa. Quando a modulação horizontal não fecha, seja por desaprumo, desalinhamentos, ou diferenças na superfície de apoio, a solução improvisada mais recorrente

é o aumento excessivo da espessura das juntas, tanto verticais quanto especialmente na primeira fiada sobre a laje ou baldrame (Figura 38).

Quadro 4 – Fissuras típicas em encontros de paredes

Ilustração	Fissuras
	Fissuramento da alvenaria no canto do edifício.
	Fissura vertical no encontro das paredes formando destacamento entre as paredes.

Fonte: Oliveira (2016)

Figura 38 – Juntas excessivamente espessas para compensação modular



Fonte: Roman et al. (2002)

Roman et al. (2002) alertam que quando a camada de assentamento da primeira fiada ultrapassa 2 cm, é necessário reavaliar o nivelamento da base, pois essa espessura reduz a resistência global da parede. Juntas demasiadamente espessas tornam-se pontos frágeis, já que a argamassa apresenta retração maior que o bloco, favorecendo a fissuração na interface bloco-argamassa e comprometendo a capacidade resistente da alvenaria.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo literário dedicou-se a analisar a coordenação modular na alvenaria estrutural, com ênfase nas famílias com modulação M-15 e M-20, buscando compreender como a racionalização projetual e executiva impacta o desempenho, a precisão geométrica e a produtividade das edificações. Ao longo da pesquisa, constatou-se que a alvenaria estrutural não deve ser entendida apenas como uma alternativa às vedações convencionais, mas como um sistema construtivo industrializado, cuja eficiência depende do planejamento rigoroso da modulação. A aderência ao módulo (M) e à junta (J) mostrou-se condição indispensável para garantir padronização, compatibilidade dimensional e a continuidade estrutural das paredes.

No que se refere aos fundamentos da modulação, evidenciou-se que a escolha entre as famílias de blocos M-15 (com módulo de 15 cm) e M-20 (com módulo de 20 cm) é a decisão primária que define toda a malha geométrica do projeto. A comparação realizada demonstrou que a família M-20 apresenta vantagens relevantes quanto à produtividade, cobrindo maiores áreas com menor quantidade de unidades. Já a família M-15, por sua vez, mostrou maior flexibilidade para edificações com plantas mais fragmentadas. Assim, conclui-se que a seleção do módulo não se limita a uma preferência construtiva, mas deve ser compatibilizada desde a fase inicial do projeto arquitetônico, garantindo que as dimensões da edificação respeitem múltiplos do módulo adotado.

Outro ponto central analisado foi a complexidade das amarrações entre paredes. Ao sistematizar as amarrações em L, T e X, verificou-se que o travamento adequado das paredes depende não apenas da alternância de juntas, mas da correta utilização de blocos inteiros e peças especiais, como os blocos de 34 cm, 44 cm e 54 cm. A pesquisa evidenciou que a simples sobreposição de blocos básicos, não assegura o intertravamento necessário quando a geometria não é modulada previamente. Assim, as amarrações mostraram-se não apenas detalhes de execução, mas elementos estruturais essenciais para evitar juntas a prumo, assegurar a rigidez do conjunto e garantir o correto fluxo de tensões ao longo das paredes.

No âmbito da execução, o estudo destacou o papel decisivo das diretrizes normativas, especialmente a ABNT NBR 16868-2:2020. Observou-se que a primeira fiada representa o momento crítico para a validação do plano modular, pois é nessa etapa que a malha teórica é transferida para o campo. A análise evidenciou que o controle do nivelamento da superfície de apoio, da espessura das juntas e o uso adequado de ferramentas como o escantilhão e o esticador de linha são determinantes para que a modulação horizontal seja mantida. Além disso, verificou-se que a modulação vertical depende diretamente da correta repetição das

fiadas pares e ímpares, cuja alternância garante o travamento das paredes, evita a coincidência de juntas verticais e assegura o posicionamento adequado de vergas e contravergas. Assim, conclui-se que a precisão no início da execução aliada ao respeito ao padrão de repetição das fiadas é o fator que mais influencia a regularidade geométrica das elevações e a qualidade final do sistema.

A análise das manifestações patológicas e falhas executivas mostrou que a ausência de um planejamento modular adequado, ou o descumprimento das diretrizes projetuais resulta em improvisações que comprometem tanto o desempenho estrutural quanto a produtividade da obra. Verificou-se que práticas como o corte indiscriminado de blocos, o uso excessivo de juntas de argamassa para compensação de medidas e a falta de amarração correta estão diretamente associadas à perda de continuidade da parede, ao surgimento de fissuras e ao aumento de desperdícios. Esses problemas mostram que muitas patologias atribuídas à “má qualidade do bloco” ou “erro de execução” são, na verdade, sintomas de uma modulação inexistente ou mal aplicada.

Em síntese, o trabalho permite concluir que a modulação é a condição estruturadora que integra projeto, componentes e execução. A eficiência da alvenaria estrutural não reside apenas na resistência individual dos blocos, mas na inteligibilidade geométrica do sistema como um todo. Para que o setor da construção civil avance rumo a obras mais racionais, econômicas e duráveis, é indispensável romper com a cultura do improviso, e consolidar a prática de compatibilizar arquitetura, estrutura e modulação desde o projeto até a última fiada. Somente assim é possível garantir que cada bloco seja assentado no local exato para o qual foi projetado, assegurando estabilidade, qualidade e desempenho ao longo de toda a vida útil da edificação.

REFERÊNCIAS

ACCETTI, Kristiane Mattar. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 1998. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde>. Acesso em: 10 nov. 2025.

ARGENTON, Lucas Giolo et al. ALVENÁRIA ESTRUTURAL: SISTEMA CONSTRUTIVO. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 14, n. 1, p. e1396-e1396, 2025. Disponível em: <https://journalppc.com/RPPC/article/view/1396>. Acesso em: 04 set. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281-2: Argamassas inorgânicas: requisitos e métodos de ensaios: Parte 2: Argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria**. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1:2023 – Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873: Coordenação modular para edificações**. Rio de Janeiro, 2024.

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

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

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

BASTOS, Paulo Sérgio. **Alvenaria Estrutural**. 2021. Apostila (Notas de aula da disciplina 2156-Alvenaria Estrutural) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2021. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/alv.estrutural/Apost.%20Alvenaria%20Estrutural.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2025

CAMACHO, J. S. **Projetos de edifícios em alvenaria estrutural**. Notas de aula. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Paulista, 2006. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/projeto-de-edificios-de-alvenaria-estrutural.pdf>. Acesso em: 25 maio. 2025.

CIVILIZAÇÃO ENGENHEIRA. **Conhecendo a Engenharia: Arcos**. 2016. Disponível em: <https://civilizacaoengenhaira.wordpress.com/2016/01/28/conhecendo-a-engenharia-arcos>. Acesso em: 5 out. 2025.

COMBASE DOURADOS. **Blocos de concreto**. 2018. Disponível em: <https://www.combasedourados.com.br/blocos-de-concreto>. Acesso em: 27 out. 2025.

FERREIRA, Henrique Francisco Variceli. **Problemas patológicos em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, Ubá, 2023. Disponível em:

<https://ri.unipac.br/repositorio/wp-content/uploads/tainacan-items/282/319842/HENRIQUE-FRANCISCO-VARICELI-FERREIRA-PROBLEMAS-PATOLOGICOS-EM-ALVENARIA-ESTRUTURAL-ENGENHARIA-CIVIL-2023.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

FREITAS JÚNIOR, José de Almendra; CAMPOS, Heloisa Fuganti; VILLAS BOAS, Barbara Talamini. **Alvenaria estrutural**: Construção Civil II (TC-025). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2020. Disponível em: https://dcc.ufpr.br/wp-content/uploads/2020/04/TC-025-Alvenaria-estrutural_2020.pdf. Acesso em: 05 nov. 2025.

GADOMSKI, Steve. **Monadnock Building Chicago**. Pixels, 2015. Disponível em: <https://steve-gadomski.pixels.com/featured/monadnock-building-chicago-steve-gadomski.html>. Acesso em: 10 out. 2025.

KALIL, Sílvia Maria Baptista. **Alvenaria Estrutural**. 2009. Apostila de Estruturas Mistas – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://docentes.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/alvenaria-estrutural>. Acesso em: 29 ago. 2025.

LISBOA, José Victor de Carvalho. **Patologias nas construções em alvenaria estrutural**. 2019. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15641>. Acesso em: 14 nov. 2025.

LUCENA, Luci Maria Freitas de. **Concepção de projetos em alvenaria estrutural**. 2016. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível em: http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy_of_2016.1/concepcao-de-projetos-em-alvenaria-estrutural.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

MAMEDE, Fabiana Cristina. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. 2001. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06062006-162432/en.php>. Acesso em: 26 out. 2025.

MOHAMAD, Gihad (coord.). **Construções em alvenaria estrutural**: materiais, projeto e desempenho. São Paulo: Blucher, 2015.

MOHAMAD, G.; BAVASTRI, E. Y. N.; KIRCHHOF, L. D.; RIZZATTI, E.; JANTSCH, A. C. A. Desenvolvimento de uma nova concepção geométrica para os blocos de concretos não modulares para alvenaria estrutural. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 127-152, abr./jun. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/dVdvBD463MwxyySvGwZJsfF/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 nov. 2025.

OLIVEIRA, Francielly Djanira de. **Principais patologias em edifícios de alvenaria estrutural**. 2016. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ueg.br/jspui/bitstream/riueg.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2025.

PARSEKIAN, Guilherme A. **Alvenaria Estrutural**. 2020. Notas de aula (Disciplina 121.088 - Turma A), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

PASTRO, Rodrigo Zambotto. **Alvenaria estrutural: sistema construtivo**. 2007. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – Universidade São Francisco, Itatiba, 2007. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1060.pdf>. Acesso em: 04 set. 2025.

PAZINI, E. Z.; RODRIGUES, P. C. **Sistemas e componentes construtivos da alvenaria estrutural**. XIX Seminário interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão. 2014. Disponível em: <https://home.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2014>. Acesso em: 16 out. 2025.

PEREIRA, Alyssa de Souza. **Importância da Modulação na Alvenaria Estrutural**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Anhanguera, 2022. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/56422/1/ALYSSA_DE_SOUZA_PEREIRA.pdf. Acesso em: 25 set. 2025.

PINHEIRO, G. S. **Alvenaria estrutural em blocos de concreto: aspectos construtivos e pré dimensionamento**. 2018. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024413.pdf>. Acesso em: 04 set. 2025.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2003.

REIS, Waldir Costa dos. **Alvenaria estrutural com blocos de concreto vazados**. 2016. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016. Disponível em: <https://www.arquitetura.uema.br/wp-content/uploads/2018/08/UEMA-AU-TCC-2016-REIS-Alvenaria-estrutural-com-blocos-de-concreto-vazados.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2025.

RIPPLINGER, Zuleica Margô. **Patologias em obras de alvenaria estrutural: soluções para evitá-las**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11624/1129>. Acesso em: 17 nov. 2025.

RODRIGUES, J. C. **Alvenaria estrutural e sistema construtivo**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Civil) – FAEX Faculdade de Ciências Aplicadas de Extrema, Extrema, 2018. Disponível em: <https://repositorio.faex.edu.br/index.php/faex/catalog/book/48>. Acesso em: 11 out. 2025.

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

ROMAN, Humberto Ramos et al. **Análise de alvenaria estrutural**. Florianópolis: Universidade Corporativa Caixa, 2002.

ROSA, Guilherme Teixeira da. **Análise Comparativa de Custos entre Alvenaria Estrutural e Convencional**: Estudo de Caso em Pelotas - RS. 2017. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Engenharias,

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017. Disponível em: <https://pergamum.ufpel.edu.br/pergamumweb/vinculos/0000b3/0000b31e.pdf>. Acesso em: 23 out. 2025.

SAMPAIO, Marliane Brito. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-14022011-163734/publico/2010ME_MarlianeBritoSampaio.pdf. Acesso em: 18 nov. 2025.

SANTOS, João de Jesus dos; FIGUEIREDO, Bianca Cardoso. **Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ba52/29195a923158ba0cce5f004b1339bebf4c.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2025.

SILVA, Leandro Bernardo. **Patologias em alvenaria estrutural: causas e diagnóstico**. 2013. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/PATOLOGIAS-EM-ALVENARIA-ESTRUTURAL.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2025.

TATU PREMOLDADOS. **Loja Virtual**. 2025. Disponível em: <https://loja.tatu.com.br>. Acesso em: 25 out. 2025.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2010.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria Estrutural**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2023.

TICKETS ROME. **História do Coliseu**. 2025. Disponível em: <https://www.tickets-rome.com/pt/colosseum/history>. Acesso em: 10 out. 2025.

UM PROGRAMADOR NA ROÇA. **Entenda o Bloco Estrutural - parte 5 - Compensadores**. YouTube, 1 jun. 2025. Disponível em: https://youtu.be/bAo8lmR8wVo?si=_FcFhowtRcSOtLZ. Acesso em: 16 nov. 2025.

WIKIMEDIA COMMONS. **Kheops-Pyramid**. 2023. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kheops-Pyramid.jpg>. Acesso em: 5 out. 2025.

WIKIMEDIA COMMONS. **Pharos Alexandria (Fischer von Erlach)**. 2021. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pharos_Alexandria_\(Fischer_von_Erlach\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pharos_Alexandria_(Fischer_von_Erlach).jpg). Acesso em: 5 out. 2025.