

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS PATOS
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

BRUNO DE LIMA CAMBOIM

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE SISTEMAS ESTRUTURAIS EM
CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO DE
UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR – PATOS/PB**

PATOS - PB
2026

BRUNO DE LIMA CAMBOIM

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE SISTEMAS ESTRUTURAIS EM
CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO DE
UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR – PATOS/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – *Campus* Patos, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador (a): Prof. Me. Ezio Luiz Martins Simões.

**PATOS - PB
2026**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CAMPUS PATOS/IFPB

C176a Camboim, Bruno de Lima.

Análise comparativa de custos entre sistemas estruturais em concreto armado e alvenaria estrutural: estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar – Patos/PB / Bruno de Lima Camboim. - Patos, 2026.

72 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Engenharia Civil)-Instituto Federal da Paraíba, Campus Patos-PB, 2026.

Orientador(a): Prof. Me. Ezio Luiz Martins Simões.

1. Alvenaria estrutural 2. Concreto armado 3. Engenharia de estruturas 4. Métodos construtivos 5. Materiais de construção
I.Título II. Simões, Ezio Luiz Martins III. Instituto Federal da Paraíba.

CDU –691.328+693

BRUNO DE LIMA CAMBOIM

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE SISTEMAS ESTRUTURAIS EM
CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO DE
UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR – PATOS/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba – *Campus* Patos, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Civil.

APROVADO EM: ____/____20__

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Ezio Luiz Martins Simões- Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Profa. Dra. Aline Figueiredo da Nóbrega - Examinadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Prof. Me. Valteson da Silva Santos - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Dedico este trabalho à memória do meu pai, José Jânio Campos Camboim. Embora ele não esteja mais caminhando entre nós, sua luz segue iluminando e guiando os meus passos.

“Quando o único instrumento que você tem é um martelo, todo problema que aparece você trata como um prego.”

(Abraham H. Maslow)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter sido o meu ponto de ancoragem, mantendo-me firme mesmo diante das incertezas, das adversidades e dos momentos em que o caminho se mostrava duvidoso, concedendo-me força e perseverança para seguir adiante.

Aos meus pais, José Jânio (in memoriam) e Vanderlúcia Lopes, que me ensinaram desde cedo que a educação é a chave para transformar vidas. Obrigado por me mostrarem que o aprendizado e a curiosidade edificam um patrimônio inalienável: o conhecimento. Sou imensamente grato por terem me incentivado a trilhar este caminho.

Aos meus avós, João (in memoriam) e Maria de Lourdes, por cada ensinamento e por todo afeto compartilhado. Vocês foram e continuam sendo os pilares da nossa família, exemplos de simplicidade, sabedoria e amor.

Ao meu irmão, Caio César, você faz parte de quem sou hoje. Aproveito estes agradecimentos para quebrar a regra dos irmãos e te agradecer por todos os momentos compartilhados, pelo seu companheirismo, lealdade e por sempre estar presente em minha vida.

À minha namorada, Alana Barbosa, por ter me acompanhado nos dias silenciosos e nos dias conturbados. Seu amor me fortaleceu e me inspirou a ser uma pessoa melhor. Obrigado por simplesmente ser você.

À minha família pelo amor incondicional e apoio incessante. Sem vocês esta jornada não seria possível. Tudo o que faço é por vocês e para vocês.

Aos meus colegas, especialmente Diógenes da Silva, Douglas Cristiano, Davi Araújo, Pedro Terto, Anderson Monteiro e Aline Hipólito, que foram essenciais nesta etapa da minha vida. Compartilhar essa trajetória com vocês tornou a caminhada mais leve e agradável de trilhar.

Ao coordenador do curso, Valteson da Silva, pela competência e dedicação na gestão do curso. Agradeço pela disponibilidade, pelo suporte e pelo cuidado com a qualidade da nossa formação.

Ao meu orientador, Ezio Luiz, pela disponibilidade e pelas contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação e para a realização deste trabalho.

RESUMO

Cada vez mais, construtoras e incorporadoras buscam por soluções construtivas eficientes, visando à racionalização dos recursos e ao maior retorno financeiro. Diante disso, o objetivo do trabalho foi identificar o sistema construtivo mais econômico entre a alvenaria estrutural e o concreto armado, a partir de um estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar, em Patos-PB. Para tanto, realizou-se o dimensionamento dos projetos estruturais em alvenaria autoportante e em concreto armado, utilizando o software TQS. Na sequência, o modelo estrutural foi exportado para a plataforma Autodesk Revit, sendo os quantitativos extraídos a partir dos resumos de materiais gerados pelo próprio TQS e de tabelas elaboradas no Revit, possibilitando a composição dos custos. Posteriormente, procedeu-se à elaboração do orçamento analítico para ambos os métodos construtivos, por meio da plataforma Orçafascio, valendo-se das bases de dados do SINAPI e de composições próprias para precificar os principais insumos associados a cada sistema estrutural. Com base nos dados coletados, constatou-se que a alvenaria estrutural é a solução que apresenta maior viabilidade econômica para o estudo de caso analisado, resultando em uma economia de R\$ 141.778,62, correspondendo a uma redução de 29,79% no custo total da estrutura. No que se refere às contribuições, o presente estudo fornece subsídios que servirão de embasamento para a tomada de decisão quanto à escolha do sistema construtivo em empreendimentos semelhantes.

Palavras-chave: Concreto armado; Alvenaria Estrutural; Métodos construtivos; Análise comparativa; Viabilidade econômica.

ABSTRACT

Increasingly, construction companies and developers are seeking efficient construction solutions, aiming to rationalize resources and achieve greater financial return. Therefore, the objective of this work was to identify the most economical construction system between structural masonry and reinforced concrete, based on a case study of a multi-family residential building in Patos-PB. To this end, the structural designs in self-supporting masonry and reinforced concrete were dimensioned using the TQS software. Subsequently, the structural model was exported to the Autodesk Revit platform, with quantities extracted from material summaries generated by TQS itself and tables created in Revit, allowing for cost composition. Later, an analytical budget was prepared for both construction methods using the Orçafascio platform, utilizing the SINAPI database and proprietary compositions to price the main inputs associated with each structural system. Based on the data collected, it was found that structural masonry is the solution that presents the greatest economic viability for the case study analyzed, resulting in savings of R\$ 141,778.62, corresponding to a 29.79% reduction in the total cost of the structure. Regarding its contributions, this study provides information that will serve as a basis for decision-making regarding the choice of construction system in similar projects.

Keywords: Reinforced concrete; Structural masonry; Construction methods; Comparative analysis; Economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Caminhamento das cargas nas estruturas de concreto armado	19
Figura 2 – Exemplos de áreas afetivas	22
Figura 3 – Cobrimentos mínimos para armaduras	24
Figura 4 - Quadrícula modular 1M/ 2M/ 3M	27
Figura 5 - Canto com módulo e largura diferentes, sem bloco especial	28
Figura 6 - Canto com módulo e largura diferentes, com bloco especial	28
Figura 7 - Borda com módulo e largura diferente, com bloco especial de canto	29
Figura 8 – Borda com módulo e largura diferente, com bloco especial de três furos.	29
Figura 9 – Distribuição das ações verticais	30
Figura 10 – Detalhes de amarração direta	31
Figura 11 – Detalhes de amarração direta	32
Figura 12 – Etapas da orçamentação	35
Figura 13 - Etapas do processo metodológico	37
Figura 14 - Planta baixa do pavimento tipo	38
Figura 15 - Planta baixa da cobertura	39
Figura 16 - Modelo tridimensional do sistema construtivo em alvenaria estrutural.	41
Figura 17 - Modelo tridimensional do sistema construtivo convencional (Concreto armado + Alvenaria)	43
Figura 18 - Alvenaria estrutural: custos por materiais (%)	46
Figura 19 – Concreto armado: custos por materiais (%)	48
Figura 20 – Relação de custos entre os sistemas estruturais	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais características dos blocos de concreto e blocos cerâmicos	21
Tabela 2 - Armaduras mínimas para alvenaria estrutural	24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Geral.....	16
1.1.2	Específicos.....	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	CONCRETO ARMADO.....	17
2.1.1	Conceitos fundamentais.....	17
2.1.2	Vantagens e desvantagens.....	17
2.1.3	Sistemas e elementos estruturais.....	18
2.2	ALVENARIA ESTRUTURAL.....	19
2.2.1	Conceitos fundamentais.....	19
2.2.2	Vantagens e desvantagens.....	25
2.2.3	Modulação e amarração.....	26
2.3	ORÇAMENTO.....	32
2.3.1	Conceitos fundamentais.....	32
2.3.2	Atributos do orçamento.....	33
2.3.3	Etapas da orçamentação.....	34
3	MÉTODOS.....	36
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	37
3.2	MODELAGEM E DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL.....	39
3.2.1	Alvenaria estrutural.....	39
3.2.2	Concreto armado.....	41
3.3	ORÇAMENTAÇÃO.....	43
3.3.1	Alvenaria estrutural.....	43
3.3.2	Concreto armado.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1	ALVENARIA ESTRUTURAL.....	46
4.2	CONCRETO ARMADO.....	48
4.3	RELAÇÃO DE CUSTOS ENTRE OS SISTEMAS ESTRUTURAIS.....	49
5	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS.....	54

APÊNDICE A – Planilha orçamentária sintética com valor do material e da mão de obra: alvenaria estrutural.....	56
APÊNDICE B – Planilha orçamentária sintética com valor do material e da mão de obra: concreto armado.....	58
APÊNDICE C – Projeto estrutural em alvenaria estrutural.....	60
APÊNDICE D – Projeto estrutural em concreto armado.....	67

1 INTRODUÇÃO

Os projetos estruturais representam uma parcela significativa do custo de um empreendimento. Diante disso, torna-se necessário avaliar os diferentes sistemas construtivos disponíveis, visando a racionalização dos recursos e a viabilidade econômica. Franca e Fusco (1997) destacam que uma redução de 10% no custo da estrutura pode representar, no custo total, uma diminuição de aproximadamente 2%. Portanto, o presente trabalho visa comparar os custos de um edifício em concreto armado e em alvenaria estrutural, buscando identificar a solução mais econômica para a estrutura.

No Brasil, o concreto armado é o método tradicionalmente mais empregado, pois oferece maior flexibilidade na arquitetura do empreendimento, permitindo estruturas mais complexas e vãos maiores. Bolina, Tutikian e Helene (2019) explicam que o concreto armado com resistências adequadas e aliadas ao monolitismo das vinculações dos elementos, permitem soluções mais ousadas do que aquelas concebidas em alvenaria autoportante. Santos (2008) complementa que a popularidade do concreto armado também está relacionada a fatores culturais e históricos, uma vez que esse sistema estrutural está enraizado na prática das construções brasileiras. Isso garante maior disponibilidade da mão de obra especializada e uma aceitação mais ampla por parte da sociedade, que associa o concreto armado com a ideia de segurança e durabilidade. Contudo, este método construtivo apresenta desafios significativos em termos de racionalização, segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014), o processo envolve: maior consumo de fôrmas e escoramento, maior volume de armaduras, maior peso próprio, maior prazo de execução e custo mais elevado.

Em contrapartida, a alvenaria estrutural consolidou-se como uma alternativa de construção racionalizada e eficiente. Neste método, a própria alvenaria, construída com blocos cerâmicos ou de concreto, assume as funções de sustentação e de vedação, otimizando o sistema. Essa característica permite que os carregamentos sejam distribuídos em uma maior área, resultando em menores tensões no solo. Além disso, observa-se uma redução significativa no uso de fôrmas e escoramentos, o que impacta diretamente no custo do empreendimento. De acordo com Assahi (2005), a fase de fôrmas representa, em uma construção de médio porte, cerca de 25% a 40% do custo da estrutura e 5% a 8% do custo total da obra. Ademais, as instalações elétricas são simplificadas, sendo embutidas nos furos dos blocos, o que reduz a necessidade de abertura e fechamento de rasgos na alvenaria, contribuindo para um canteiro de obra mais limpo e diminuindo o retrabalho associado a esses serviços. Além disso, a adoção de sistemas construtivos racionalizados, como a alvenaria estrutural, demonstra uma significativa redução na geração de resíduos em comparação ao concreto armado. Segundo Cavalheiro

(2018), em uma obra convencional, cerca de 67% do material é aproveitado, enquanto 33% é descartado. Por outro lado, na alvenaria estrutural, aproximadamente 80% do material é aproveitado, ao passo que apenas 20% é descartado. Isso representa uma redução de 67% dos resíduos gerados na obra. Portanto, conforme aponta Cavalheiro (2018), as vantagens da alvenaria estrutural residem na simplificação e na industrialização do processo construtivo, o que implica em um menor tempo de execução, menor volume de resíduos gerados na obra e maior economia de custos.

Nessa perspectiva, diante do impacto dos projetos estruturais no custo global de um empreendimento, percebe-se a necessidade de avaliar os custos entre dois dos sistemas construtivos mais empregados no Brasil.

Parte-se da hipótese de que a adoção do sistema construtivo em alvenaria estrutural resultará em um custo global inferior para o estudo de caso, quando comparado ao concreto armado. Essa redução é esperada devido a maior racionalização e eficiência da alvenaria estrutural.

Assim, para viabilizar o teste da hipótese, realiza-se uma pesquisa de finalidade aplicada, objetivo descritivo e exploratório, sob o método hipotético-dedutivo, com abordagem quantitativa e realizada por meio de um estudo de caso.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Identificar o sistema construtivo mais econômico entre a alvenaria estrutural e o concreto armado, a partir de um estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar, em Patos-PB.

1.1.2 Específicos

Para alcançar o objetivo geral, o trabalho se propõe a:

- Analisar a composição dos custos do sistema em alvenaria estrutural;
- Analisar a composição dos custos do sistema em concreto armado;
- Comparar os custos entre os métodos construtivos aplicados ao estudo de caso
- Analisar os custos de ambos os métodos construtivos aplicados ao estudo de caso.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCRETO ARMADO

2.1.1 Conceitos Fundamentais

O concreto é um material composto por cimento, água, agregado graúdo e miúdo. Em função de necessidades específicas, podem ser acrescentados aditivos para melhorar as características do concreto no estado fresco ou endurecido.

Apesar de apresentar uma razoável resistência à compressão, o concreto simples possui baixa resistência à tração (aproximadamente 1/10 de sua resistência à compressão). Essa limitação é superada pela inserção de armaduras de aço, adequadamente dispostas ao longo das peças estruturais. No concreto armado, os esforços atuantes nas armaduras são decorrentes das ações aplicadas à superfície externa da estrutura, sendo essas armaduras solicitadas em consequência das deformações do próprio concreto. Portanto, no concreto armado, o concreto e o aço resistem solidariamente aos esforços solicitantes (Fusco, 2008).

Além de contribuir para a resistência mecânica, o concreto exerce um papel fundamental na proteção das barras metálicas à corrosão, pois promove a proteção física e química. A proteção física é uma barreira à penetração de agentes agressivos, sendo mais eficiente quanto menores forem os índices de permeabilidade e porosidade. Já a proteção química está associada à elevada alcalinidade do concreto, que promove a formação de uma camada passivadora na superfície das armaduras, impedindo o contato direto entre o aço e o oxigênio e, consequentemente, inibindo o processo de corrosão (Bolina; Tutikian; Helene, 2019).

2.1.2 Vantagens e desvantagens

Assim como todo material utilizado na construção civil, o concreto armado apresenta benefícios e limitações que devem ser analisadas conforme a finalidade estrutural a que se destina. Cada material possui características próprias que podem representar vantagens e desvantagens, dependendo das exigências do projeto e das condições de uso.

Segundo Figueiredo Filho e Carvalho (2014), as principais vantagens do concreto armado são:

- Boa resistência à maioria das solicitações estruturais;
- Adaptabilidade a qualquer forma de construção, oferecendo maior liberdade ao projetista;
- Possibilidade de obtenção de estruturas monolíticas, conferindo maior rigidez e continuidade;

- Disponibilidade de mão de obra especializada;
- Boa durabilidade, desde que seja bem executado, conforme as normas técnicas vigentes;
- Maior durabilidade e resistência ao fogo em relação à madeira e ao aço, desde que adequadamente projetado para o ambiente de inserção;
- Possibilidade de uso de elementos pré-moldados, proporcionando maior rapidez e facilidade na execução das obras.

Ainda de acordo com os autores, as desvantagens do concreto armado são:

- Peso próprio elevado;
- Elementos estruturais com grandes dimensões, o que pode limitar seu uso em determinadas situações;
- Dificuldade na execução de reformas ou adaptações posteriores;
- Alto consumo de fôrmas e escoramentos durante a execução;
- Baixo desempenho térmico e acústico, exigindo o uso de materiais complementares para isolamento.

Dessa forma, observa-se que o concreto armado é a solução estrutural mais empregada nas construções brasileiras, em razão de sua versatilidade e desempenho estrutural. No entanto, seu uso exige atenção aos custos e à racionalização dos processos executivos, fatores que têm motivado a busca por métodos construtivos mais eficientes e econômicos, como a alvenaria estrutural.

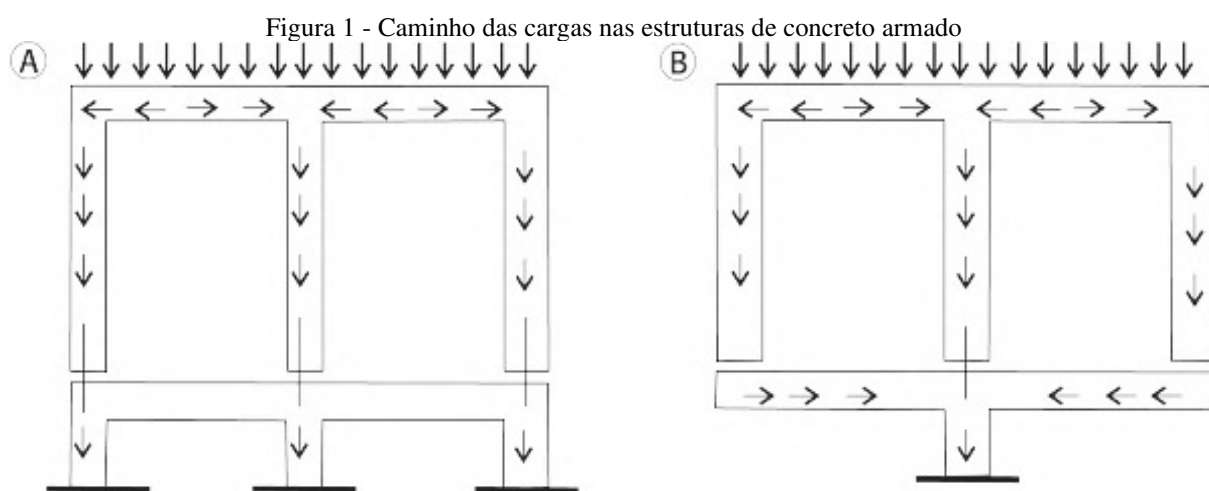
2.1.3 Sistemas e elementos estruturais

Um sistema é formado por um conjunto de elementos que atuam de forma integrada para atender a um objetivo específico. No caso dos sistemas estruturais, o objetivo é suportar os carregamentos que incidem sobre a estrutura e conduzi-los de forma segura para o solo, garantindo a estabilidade e a integridade da estrutura (Santos, 2018). Entre os principais elementos que cumprem essa função estão as lajes, vigas, pilares e fundações.

- Lajes (ABNT NBR 6118, 2023, p.84): “elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações normais ao seu plano”. Portanto, as lajes recebem os carregamentos provenientes da utilização do pavimento e os distribuem para as vigas;
- Vigas (ABNT NBR 6118, 2023, p.83): “elementos lineares em que a flexão é preponderante”. Elas têm a função de absorver os carregamentos advindos das lajes e transmiti-los aos pilares;

- Pilares (ABNT NBR 6118, 2023, p.84): “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes”. Portanto, os pilares são responsáveis por conduzir os carregamentos da superestrutura até a infraestrutura, onde atuam as fundações;
- Fundações (CAMPOS, 2015, p.152): “elementos estruturais que interagem com o solo, transferindo-lhe as cargas das superestruturas, geralmente estão submetidos a cargas e tensões altas”. Neste sentido, o solo deve possuir uma resistência de suporte maior ou igual aos esforços solicitantes.

A visualização do caminho das cargas, desde o ponto de aplicação até a fundação, é essencial para uma boa concepção estrutural (Figura 1). Segundo Campos (2015), as cargas procuram sempre o caminho mais curto ou o de maior rigidez. O caminho mais curto propicia um arranjo estrutural mais eficiente, o que implica em uma estrutura mais econômica. Adicionalmente, Stucchi (2006, p .6) afirma que “entre dois caminhos alternativos, a carga caminha predominantemente pelo mais rígido”, ou seja, quanto maior for a rigidez de um elemento, maior será o carregamento destinado a ele.



Fonte: (CAMPOS, 2015, p. 38)

É visível que a adoção de um sistema com viga de transição resultará em uma solução estrutural menos eficiente e mais onerosa (Figura 1B), visto que as cargas são obrigadas a percorrerem um maior caminho. Em contrapartida, a Figura 1A apresenta um arranjo estrutural mais eficiente, onde as cargas são transmitidas diretamente para as fundações.

2.2 ALVENARIA ESTRUTURAL

2.2.1 Conceitos fundamentais

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo em que as paredes desempenham simultaneamente as funções de vedação e sustentação da edificação. Dessa forma, pode-se evitar a necessidade da existência dos pilares e vigas que dão suporte a uma estrutura convencional. Assim, consegue-se otimizar o sistema e reduzir os custos referentes a estrutura (Ramalho; Corrêa, 2003).

Inicialmente, a alvenaria estrutural teve origem no simples empilhamento de blocos, cuja disposição assegurava a transferência das cargas predominantemente por meio de tensões de compressão. Esse é o principal conceito estrutural associado à utilização da alvenaria estrutural, sendo o fundamento que define o comportamento resistente desse sistema construtivo (Ramalho; Corrêa, 2003).

Atualmente, com a evolução da arquitetura e o surgimento de novas tendências, é inevitável o aparecimento de tensões de tração em determinadas peças da estrutura. No entanto, essas tensões devem ser limitadas a pontos específicos e mantidas em níveis controlados, uma vez que, caso ocorram de forma generalizada ou apresentem valores elevados, a estrutura pode se tornar economicamente inviável, ainda que tecnicamente possível (Ramalho; Corrêa, 2003).

Portanto, para se obter o máximo desempenho desse sistema construtivo, a estrutura deve ser concebida de modo a favorecer a transmissão das ações sob a forma de tensões de compressão.

Compreendido o conceito estrutural que caracteriza a alvenaria estrutural, torna-se importante abordar os elementos que a constituem. Cada componente exerce uma função específica e contribui de forma decisiva para o comportamento resistente do conjunto. Segundo a NBR 16868-1 (ABNT, 2020), os componentes da alvenaria estrutural são os blocos, a junta de argamassa, o graute e as armaduras. Cada um desses elementos desempenha um papel fundamental, contribuindo para a resistência e estabilidade global da estrutura.

- Blocos

Os blocos são componentes básicos de alvenaria, podendo ser vazados ou maciços, responsáveis por resistir à maior parte das solicitações atuantes nas paredes. Atualmente, no Brasil, as unidades mais utilizadas em edificações de alvenaria estrutural são os blocos de concreto e os blocos cerâmicos (Ramalho; Corrêa, 2003).

A escolha do material a ser adotado depende de uma série de fatores, como logística, resistência mecânica, desempenho térmico e acústico, entre outros. Para auxiliar na tomada de decisão, foi elaborada a Tabela 1, que reúne as principais características de cada um desses materiais, servindo como guia para a seleção do tipo de bloco mais apropriado às necessidades específicas de cada obra

Tabela 1 - Principais características dos blocos de concreto e blocos cerâmicos

Bloco Concreto	Bloco Cerâmico
Peso específico: 14 kN/m ³ (maior peso próprio)	Peso específico: 12 kN/m ³ (menor peso próprio)
Menor produtividade	Maior produtividade
Maior relação prisma/bloco	Menor relação prisma/bloco
Menor desempenho térmico e acústico	Maior desempenho térmico e acústico
Maior precisão dimensional	Menor precisão dimensional
Melhor aderência com argamassas e revestimentos	Menor aderência com argamassas e revestimentos
Maior emissão de CO ² no ciclo de produção	Menor emissão de CO ² no ciclo de produção
Maior resistência mecânica	Menor resistência mecânica

Fonte: Adaptado de Andrade (2022).

As unidades podem ainda ser classificadas quanto à sua aplicação, podendo ter fins estruturais ou não. Os blocos participantes da estrutura são denominados blocos estruturais, enquanto os blocos que servem apenas para o fechamento dos ambientes são classificados como blocos de vedação. As normas NBR 6136 (ABNT, 2016) e NBR 15270-1 (ABNT, 2021) especificam as resistências mínimas e as classes de resistência para os blocos de concreto e os blocos cerâmicos, respectivamente.

$$F_{bk, \text{concreto}} \geq 3 \text{ MPa}$$

$$F_{bk, \text{cerâmico}} \geq 4 \text{ MPa}$$

Portanto, na prática, só podem ser utilizados blocos de concreto com resistência característica à compressão igual ou superior a 3 MPa, enquanto os blocos cerâmicos devem apresentar uma resistência mínima de 4 MPa.

- Junta de argamassa

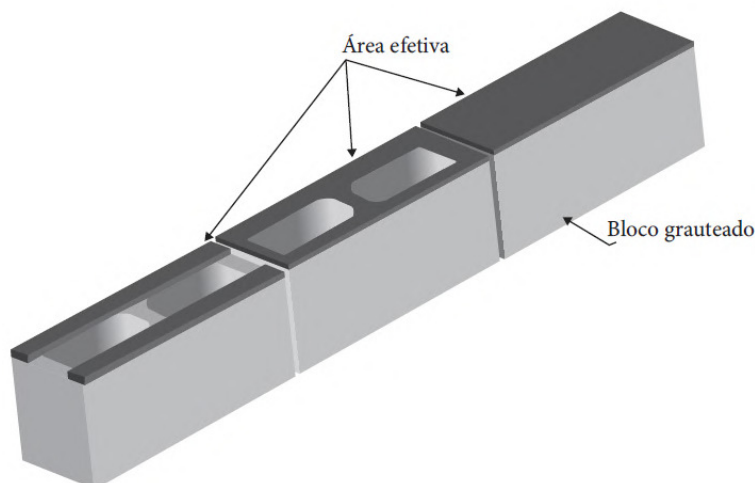
A junta de argamassa é o elemento responsável por promover a ligação entre os blocos ou tijolos, garantindo a união das unidades, a transmissão e a uniformização das tensões, além de permitir a absorção de pequenas deformações na alvenaria (Ramalho; Corrêa, 2003).

Comumente composta de areia, cimento, cal e água, a argamassa deve apresentar boas características de trabalhabilidade, resistência, plasticidade e durabilidade para o desempenho de suas funções (Ramalho; Corrêa, 2003). Além disso, a resistência à compressão da argamassa deve ser compatível com a resistência à compressão das unidades de alvenaria, sendo limitada a 1,5 vezes a resistência especificada para o bloco (ABNT NBR 16868-1, 2020). Essa limitação

tem por objetivo reduzir o aparecimento de fissuras, visto que argamassas com resistências elevadas apresentam um maior consumo de cimento, tornando o material mais rígido e diminuindo a capacidade de acomodação das deformações.

A NBR 16868-1 (ABNT, 2020) também admite a possibilidade de execução da alvenaria sem o preenchimento das nervuras centrais, com o objetivo de aumentar a produtividade e diminuir o consumo de argamassa. Entretanto, quando a argamassa de assentamento é aplicada apenas nas paredes longitudinais dos blocos, a resistência da alvenaria deve ser corrigida por um fator de 0,8, em virtude da redução da área efetiva¹, o que implica em uma menor capacidade resistente do conjunto. Para facilitar a compreensão do conceito, a Figura 2 apresenta diferentes exemplos de áreas efetivas.

Figura 2 - Exemplos de áreas efetivas



Fonte: (Parsekian; Medeiros, 2021, p. 17)

- Graute

O graute é um material cimentício com consistência fluida utilizado para o preenchimento de espaços vazios da alvenaria, com a finalidade de aumentar a capacidade resistente da alvenaria ou garantir sua solidarização às armaduras (ABNT NBR 16868-1, 2020). Dessa forma, pode-se aumentar a capacidade resistente à compressão da alvenaria ou permitir que as armaduras colocadas combatam as tensões de tração que a alvenaria por si só não teria condições de suportar.

¹ Segundo a NBR 16868-1 (ABNT, 2020), a área efetiva é definida como a parte da área líquida considerando apenas a região sobre a qual a argamassa de assentamento é distribuída, desconsiderando vazios, quando houver.

De acordo com Ramalho e Correa (2003), os componentes da alvenaria estrutural atuam de forma monolítica, de modo análogo ao que ocorre com o concreto armado. Para tanto, o graute precisa envolver completamente as armaduras e aderir tanto a elas quanto ao bloco, de maneira a formar um conjunto solidário.

Nesse contexto, a NBR 16868-1 (ABNT, 2020) recomenda que a resistência característica à compressão do graute seja maior ou igual a duas vezes a resistência característica a compressão do bloco. Essa recomendação é fácil de ser entendida quando se recorda que a resistência à compressão do bloco é referida à área bruta e que o índice de vazios para os blocos é usualmente de 50%. Assim, com o preenchimento dos vazios, têm-se um aumento da área resistente, diminuindo a tensão e aumentando a capacidade de suporte do conjunto.

Além disso, a mesma norma estabelece que a resistência característica a compressão do graute deve ser especificada com valor mínimo de 15 MPa, para garantir a aderência entre a armadura e o graute. Segundo Parsekian e Medeiros (2021), é igualmente importante respeitar um valor máximo para essa resistência, sendo recomendado que ela não ultrapasse 150% da resistência do bloco na área líquida, exceto nos casos em que se utiliza graute com resistência de 15 MPa. Essa limitação é resultado da constatação de que não há aumento significativo da resistência de prisma quando a resistência de graute é muito superior à resistência do bloco, em comparação com o prisma em que o bloco e o graute possuem resistências semelhantes.

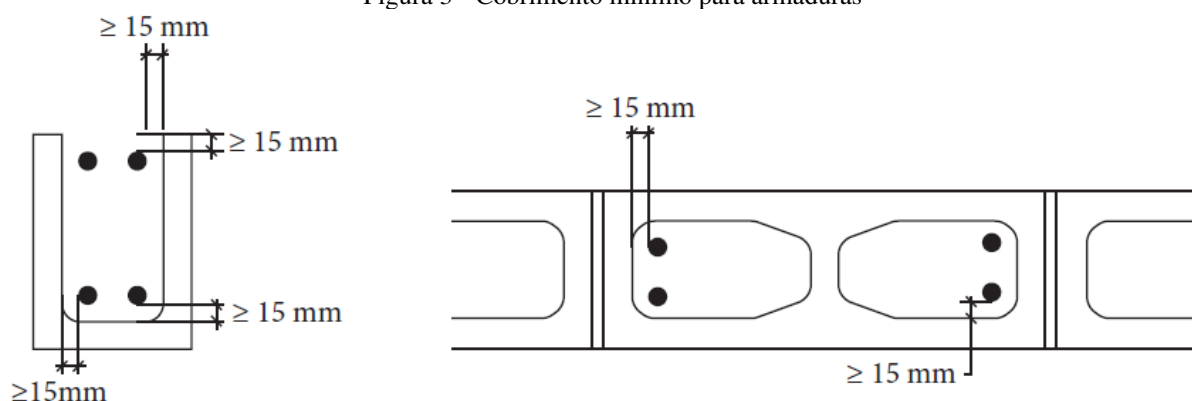
- Armaduras

O aço utilizado na alvenaria estrutural é fundamental para o bom funcionamento do sistema. As barras de aço contribuem para o aumento da resistência das paredes aos esforços de tração e cisalhamento, além de atuarem no combate à fissuração, especialmente em regiões de amarrações indiretas.

Conforme a NBR 16868-1 (ABNT, 2020), as armaduras imersas em juntas de argamassas devem possuir algum tipo de proteção contra a corrosão. No entanto, essa exigência é dispensada quando os elementos forem construídos em regiões de Classe de Agressividade Ambiental I, onde se admite o uso de armadura convencional totalmente envolvida pela argamassa, com um cobrimento mínimo de 15 mm na horizontal da face externa da parede.

De forma análoga, a NBR 16868-1 (ABNT, 2020) determina que o cobrimento mínimo para armaduras envolvidas por graute deve ser de 15 mm, considerando apenas as dimensões da região grauteada, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Cobrimento mínimo para armaduras



Fonte: (Parsekian; Medeiros, 2021, p. 17)

A seguir, a Tabela 2 apresenta os valores mínimos de armadura para os principais elementos da alvenaria estrutural, conforme estabelecido na NBR 16868-1 (ABNT, 2020).

Tabela 2 - Armaduras mínimas para alvenaria estrutural

Tipo de Armadura	Elemento Estrutural	Taxa Mínima de Armadura	Observações
Armadura Longitudinal (normal à seção)	Vigas	$0,15\% \cdot b \cdot d$	Para vigas altas, pode-se considerar toda a área de armadura longitudinal até a altura de $0,5 d$.
	Paredes	$0,10\% \cdot b \cdot d$	Disposta na região tracionada; pode ser dispensada se $M_{Rd} \geq 1,4 \times M_{Sd}$. Pode-se dispensar a armadura secundária em paredes calculadas como alvenaria não armada (estádio II). Recomenda-se calcular a armadura mínima considerando apenas a área da alma de paredes de contraventamento.
	Pilares	$0,30\% \cdot b \cdot d$	Refere-se à armadura principal.
Armadura Transversal (perpendicular à seção)	Vigas / Pilares	$0,07\% \text{ a } 0,14\% \cdot b \cdot s$	Válido para casos em que há necessidade de estribos (cisalhamento). Os valores correspondem a $f_{gk} = 15 \text{ MPa}$ e 40 MPa , respectivamente.

Fonte: Adaptado da NBR 16868-1 (ABNT, 2020)

Além disso, a norma estabelece que a taxa máxima de armadura não deve ultrapassar 8% da área da seção grauteada, incluindo as regiões de traspasse. Quanto aos diâmetros máximos das barras, devem ser respeitados os seguintes limites:

- Armadura em junta de assentamento: 6,3 mm
- Demais aplicações: 25 mm

2.2.2 Vantagens e desvantagens

Normalmente, o custo adicional para a produção da alvenaria estrutural é compensado pela economia gerada com a eliminação de vigas e pilares. Contudo, é preciso atentar-se às características da edificação para que essa situação não se inverta, tornando o sistema mais oneroso que o convencional, visto que nenhum sistema estrutural é universal.

Com o objetivo de orientar essa escolha, apresentam-se a seguir as três principais características a serem consideradas na definição do sistema construtivo mais adequado (Ramalho; Corrêa, 2003).

1. Altura da edificação

No Brasil, o uso da alvenaria estrutural é considerado adequado para edificações com até 16 pavimentos. Acima desse limite, a resistência à compressão dos blocos disponíveis no mercado exige o grauteamento generalizado. Ademais, mesmo que a resistência à compressão dos blocos fosse atendida, as ações horizontais começariam a produzir tensões de tração significativas, sendo necessário o uso de graute e armaduras em pontos específicos para aumentar a capacidade resistente das paredes e combater os esforços solicitantes. Contudo, quando o número desses pontos se torna elevado, o sistema perde sua viabilidade econômica.

2. Arranjo arquitetônico

O principal fator a ser considerado é a densidade de paredes estruturais por m² de pavimento. Recomenda-se um valor indicativo entre 0,5 a 0,7 metros lineares por m² de pavimento. Manter a densidade de paredes dentro desses limites assegura que as condições de dimensionamento e a estabilidade estrutural permaneçam usuais e viáveis.

3. Tipo de uso

Este sistema construtivo normalmente é inadequado para edifícios comerciais ou residenciais de alto padrão, onde há necessidade de vãos livres significativos. A alvenaria estrutural é muito mais indicada para edifícios residenciais de padrão médio ou baixo, cujos ambientes e vãos são menores.

Sobretudo, para edifícios comerciais, a alvenaria estrutural não é recomendada. Nesse tipo de edificação é comum alterar a disposição das paredes internas de forma a acomodar

empresas de diversos portes. Para esses casos, a adoção desse sistema seria inconveniente, pois elimina a possibilidade de modificação do layout.

Apesar das limitações, a alvenaria estrutural apresenta vantagens significativas em relação às estruturas convencionais de concreto armado. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), destacam-se:

- a) Economia de fôrmas
- b) Redução significativa nos revestimentos
- c) Redução nos desperdícios e mão de obra
- d) Redução do número de especialidade
- e) Flexibilidade no ritmo de execução da obra

Portanto, percebe-se que a principal vantagem da alvenaria estrutural é a maior racionalização do sistema construtivo, reduzindo-se o consumo de materiais e desperdícios que usualmente se verificam em obras executadas em concreto armado.

No entanto, é importante atentar-se para algumas desvantagens da alvenaria estrutural em relação às estruturas de concreto armado (Ramalho; Corrêa, 2003):

- a) Menor flexibilização da arquitetura
- b) Maior interferência entre projetos
- c) Necessidade de uma mão de obra qualificada

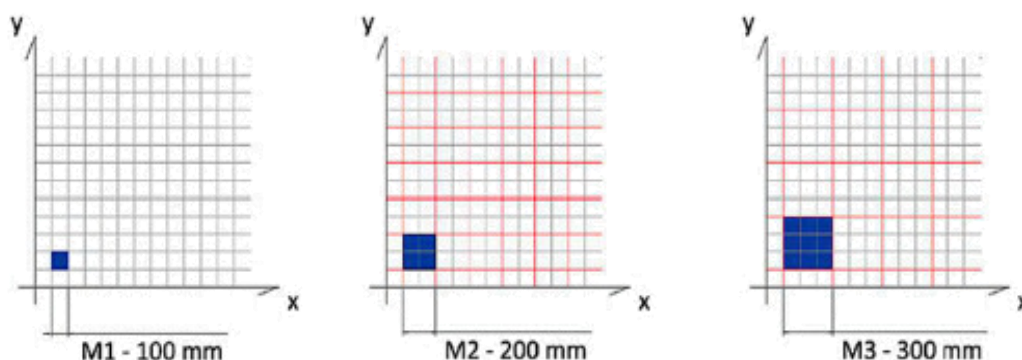
Quanto às desvantagens, deve-se ressaltar a impossibilidade de se efetuar modificações no layout original. Esse fator é um importante inibidor de vendas, podendo ainda comprometer a segurança de uma edificação durante a sua vida útil.

2.2.3 Modulação e amarração

A modulação das paredes é uma etapa fundamental para garantir que uma edificação em alvenaria estrutural seja racional e econômica. Segundo Tauil e Nese (2010), “coordenar modularmente é organizar ou arranjar as peças e componentes, de forma a atenderem a uma medida de base padronizada”. Essa prática facilita o encaixe das peças, permite a compatibilização entre as diferentes disciplinas e contribui para a redução dos custos e diminuição do volume de resíduos gerados na obra.

A coordenação modular inicia com a definição de um módulo que servirá como medida básica para o desenvolvimento de todo o projeto (Figura 4).

Figura 4 - Quadrícula modular 1M/ 2M/ 3M



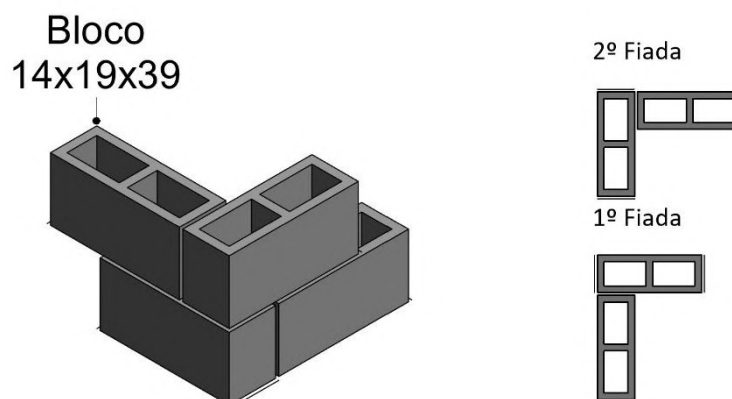
Fonte: (Tauil; Nese, 2010, p. 24).

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), a escolha do módulo a ser utilizado é aquele que provoca menores alterações em uma arquitetura previamente concebida, considerando também a disponibilidade de blocos no mercado regional. Após a escolha desse módulo, a modulação ocorre de maneira automática e todos os ambientes do projeto terão suas medidas internas e externas múltiplas do módulo de referência adotado. Essa maneira de projetar auxilia na definição dos ambientes, no posicionamento das aberturas, nas instalações e até mesmo nas modificações do projeto.

Entretanto, a arquitetura e a disponibilidade dos blocos não são os únicos parâmetros que devem ser levados em consideração para a definição do módulo. Ramalho e Corrêa (2003) afirmam que a largura do bloco é um outro fator determinante para a escolha do módulo adequado, pois o ideal é que o módulo longitudinal dos blocos a serem utilizados seja igual à largura a ser adotada. Desse modo, pode-se evitar a utilização de blocos especiais, que encarecem a obra e podem gerar uma série de problemas na amarração das paredes.

Quando não for possível adotar o módulo e largura dos blocos iguais, será necessário prever blocos especiais para garantir a amarração nos cantos e nas bordas (Ramalho; Corrêa, 2003). Para exemplificar, a Figura 5 apresenta o esquema de fiadas em um canto sem a utilização desses blocos. Percebe-se que a solução é completamente inadequada, tanto em relação a continuação das fiadas quanto ao mau posicionamento dos septos, o que prejudica a distribuição dos carregamentos nas paredes.

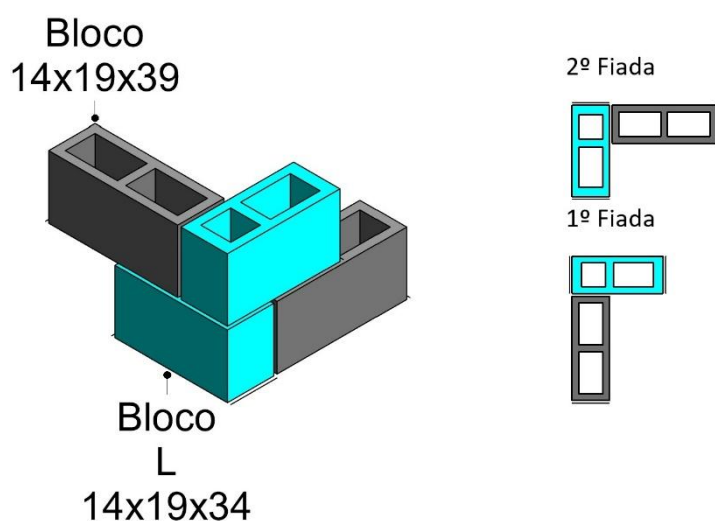
Figura 5 - Canto com módulo e largura diferentes, sem bloco especial



Fonte: Autor (2025)

Assim, para esses casos, é imprescindível a utilização de um bloco especial de canto, no qual um dos furos tem as dimensões adaptadas à largura das unidades, enquanto o outro furo tem a mesma dimensão do furo comum (Ramalho; Corrêa, 2003). Somente com a utilização desse tipo de bloco é que se pode realizar corretamente a amarração entre os blocos nas diferentes fiadas, conforme ilustrado na figura 6.

Figura 6 - Canto com módulo e largura diferentes, com bloco especial

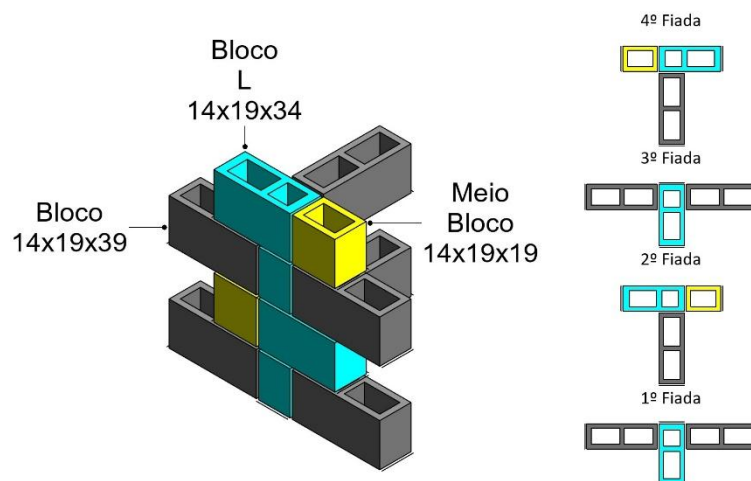


Fonte: Autor (2025)

A modulação de uma borda também pode ser resolvida com o bloco especial de canto, conforme apresentado na Figura 7. Outra possibilidade é a utilização de um bloco especial de

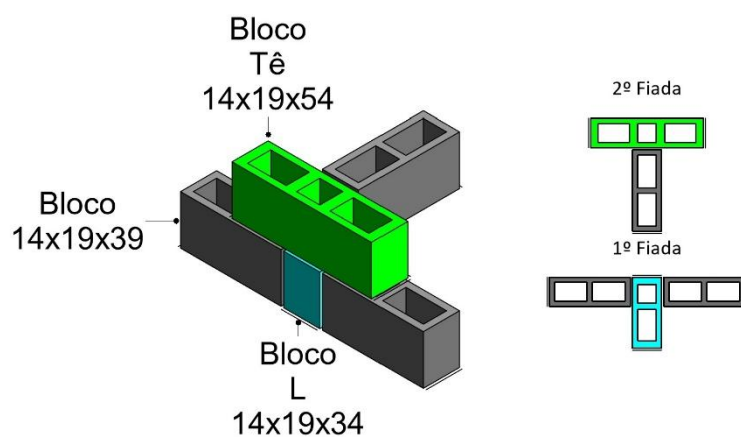
três furos, onde os furos das extremidades possuem as dimensões normais e o furo do meio tem a dimensão adaptada à largura das unidades (Ramalho; Corrêa, 2003). Dessa maneira, o esquema de fiadas da borda pode ser simplificado com a sua utilização, como ilustrado na Figura 8.

Figura 7 – Borda com módulo e largura diferente, com bloco especial de canto



Fonte: Autor (2025)

Figura 8 – Borda com módulo e largura diferente, com bloco especial de três furos.

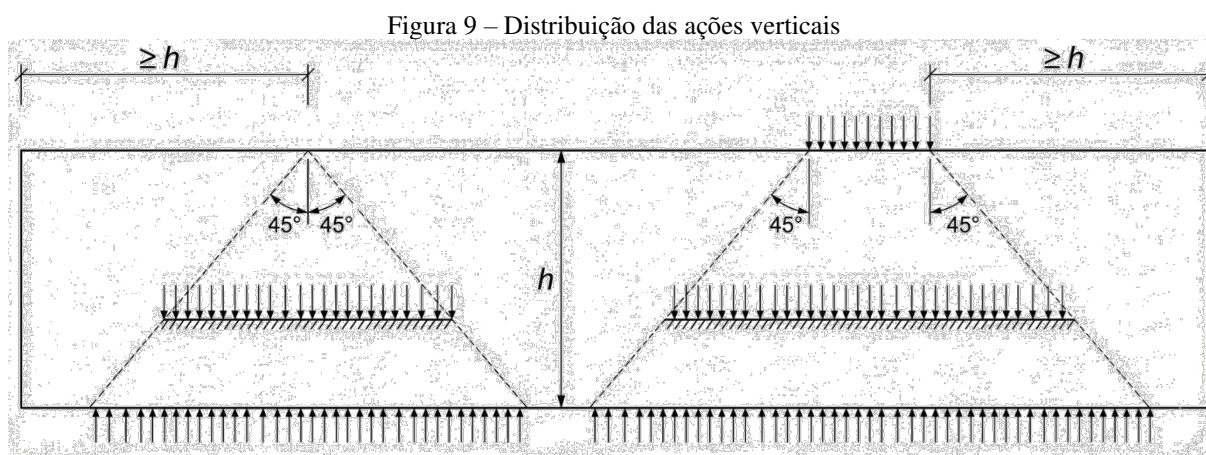


Fonte: Autor (2025)

Quanto à modulação vertical, a solução costuma ser bem mais simples. É necessário apenas ajustar a distância do pé-direito para que seja um múltiplo do módulo vertical adotado, normalmente de 20 cm. Esse procedimento raramente gera incompatibilidades significativas para o projeto arquitetônico. De forma análoga, a altura do peitoril da janela também precisa

respeitar essas medidas modulares, de modo a garantir a correta paginação dos blocos e evitar a necessidade de cortes ou compensadores.

Como foi visto anteriormente, a amarração das paredes é um processo fundamental para garantir a uniformização dos carregamentos. Segundo a NBR 16868-1 (ABNT, 2020), as ações verticais que solicitam as paredes são dissipadas em ângulos de 45° (Figura 9)

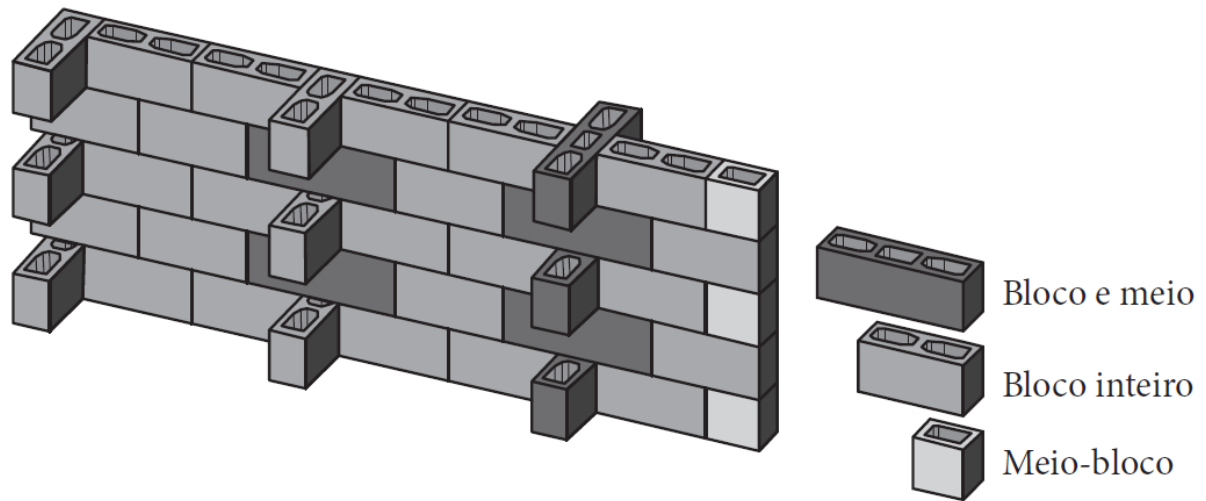


Fonte: (ABNT NBR 16868-1, 2020, p. 27)

A NBR 16868-1 (ABNT, 2020) ainda define dois tipos de amarração: a direta e a indireta. A amarração direta é obtida com a superposição alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra, garantindo a amarração das juntas e a melhor distribuição dos esforços (Figura 10). Já a amarração indireta é executada com junta vertical a prumo, não havendo intercalação entre as fiadas. Nesse caso, o espalhamento das cargas é assegurado por armaduras metálicas, normalmente na forma de grampos devidamente ancorados em furos verticais adjacentes (Figura 11).

Parsekian e Medeiros (2021) destacam que o uso de amarração direta melhora a distribuição das cargas verticais e permite a consideração das abas na determinação do momento de inércia das paredes de contraventamento, aumentando a rigidez e a segurança do edifício.

Figura 10 – Detalhes de amarração direta

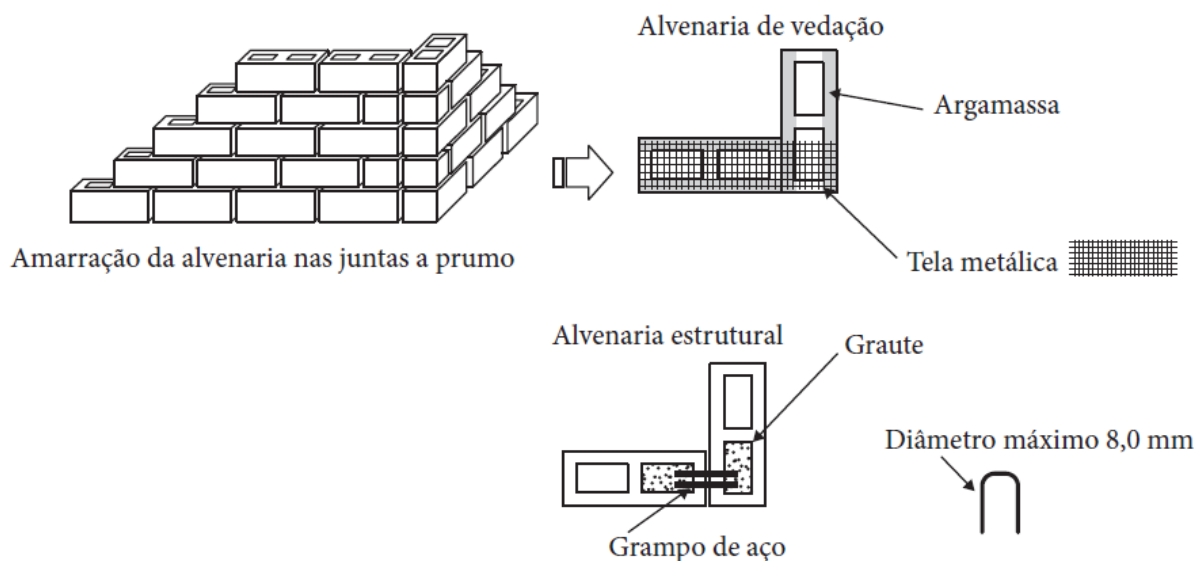


Fonte: (Parsekian; Medeiros, 2021, p. 100)

Apesar de não recomendada, Parsekian e Medeiros (2021) fazem algumas considerações em relação a utilização da amarração indireta das paredes. Segundo os autores, caso o projetista opte pelo uso de amarração indireta, deve-se tomar os seguintes cuidados:

- Evitar que a parede não tombe sob a ação do vento durante a construção. Para isso, deve ser feito o escoramento ou travamento das paredes com apoios laterais temporários, afim de evitar o tombamento das paredes que ainda não atingiram a sua resistência última;
- Na amarração de paredes estruturais, utilizar grampos metálicos de 8 mm em forma de U, a cada duas fiadas;
- Na amarração de paredes estruturais e não-estruturais, prever tela metálica a cada duas fiadas para evitar a fissuração por movimentação diferenciada dos elementos.

Figura 11 – Detalhes de amarração indireta



Fonte: (Parsekian; Medeiros, 2021, p. 101)

2.3 ORÇAMENTO

2.3.1 Conceitos fundamentais

O processo de orçamentação é uma etapa crucial para a definição do método construtivo, pois permite prever os custos envolvidos na execução da obra e avaliar a viabilidade econômica de cada sistema. Segundo Dória (2006), a estimativa preliminar do custo da obra é o primeiro passo para qualquer estudo de viabilidade, pois é através do orçamento que o gestor ou cliente tem uma noção do custo do empreendimento.

Também é importante entender que orçamentação e orçamento não se confundem. De acordo com Dória (2006), a orçamentação é o processo, ou seja, todas as etapas necessárias para a elaboração de um orçamento. Portanto, veja que o orçamento é o produto final, ou seja, o documento que apresenta os custos estimados para a execução da obra.

Dória (2006) ainda destaca que uma orçamentação eficiente, com critérios bem estabelecidos, utilização de dados confiáveis e adequada interpretação por parte do orçamentista, é capaz de gerar orçamentos assertivos, embora não exatos. O orçamento é uma estimativa de custos que pode se aproximar do valor executado, mas é impossível fixar de antemão o verdadeiro custo de um empreendimento. Isso acontece porque existem parâmetros que não podem ser controlados pelo orçamentista, como as variações climáticas, a disponibilidade de materiais e as flutuações na produtividade dos operários.

Apesar disso, Dória (2006) propõe uma classificação para o orçamento, de acordo com o seu nível de detalhamento:

- Estimativa de custo - avaliação expedita com base em custos históricos e comparação com projetos similares. Fornece apenas uma ideia aproximada da ordem de grandeza do custo do empreendimento;
- Orçamento preliminar – está um degrau acima da estimativa de custos, sendo um pouco mais detalhado. Ele pressupõe o levantamento expedito de algumas quantidades e a atribuição do custo dos principais serviços. Seu grau de incerteza é menor do que o da estimativa de custos;
- Orçamento analítico - elaborado a partir de composições de custos e cuidadosa pesquisa de preços dos insumos. Procura chegar a um valor bem próximo do custo "real", com uma reduzida margem de incerteza.

Portanto, percebe-se que o orçamento pode assumir diferentes graus de precisão, conforme o nível de informação disponível. Essa compreensão é fundamental para reconhecer as limitações e atribuições do orçamento, que serão discutidas no tópico seguinte.

2.3.2 Atributos do orçamento

Por mais rigoroso que seja o processo de orçamentação, todo orçamento apresentará um determinado grau de incerteza. Isso ocorre porque os orçamentos se baseiam em premissas de cálculos e estão sujeitos à defasagem de tempo entre o momento da orçamentação e o da execução do serviço.

Segundo Dória (2006), os principais atributos do orçamento são aproximação, especificidade e temporalidade.

- Aproximação

O orçamento de uma obra é sempre uma estimativa, pois nasce de suposições que ainda não se concretizaram. Seu objetivo não é acertar o valor absoluto da obra, mas fornecer uma ideia de custo para quem pretende construir. Cabe ressaltar que quanto mais apurada e criteriosa for a orçamentação, maior será a aproximação entre o valor orçado e o valor executado.

- Especificidade

O custo para a construção de uma casa em uma cidade pode ser diferente do custo para a construção da mesma casa em uma outra cidade. Tal variação se deve ao fato de que os orçamentos não podem ser padronizados ou generalizados, uma vez que as condições de contorno variam de caso a caso, exigindo que o orçamento seja adaptado à realidade de cada projeto.

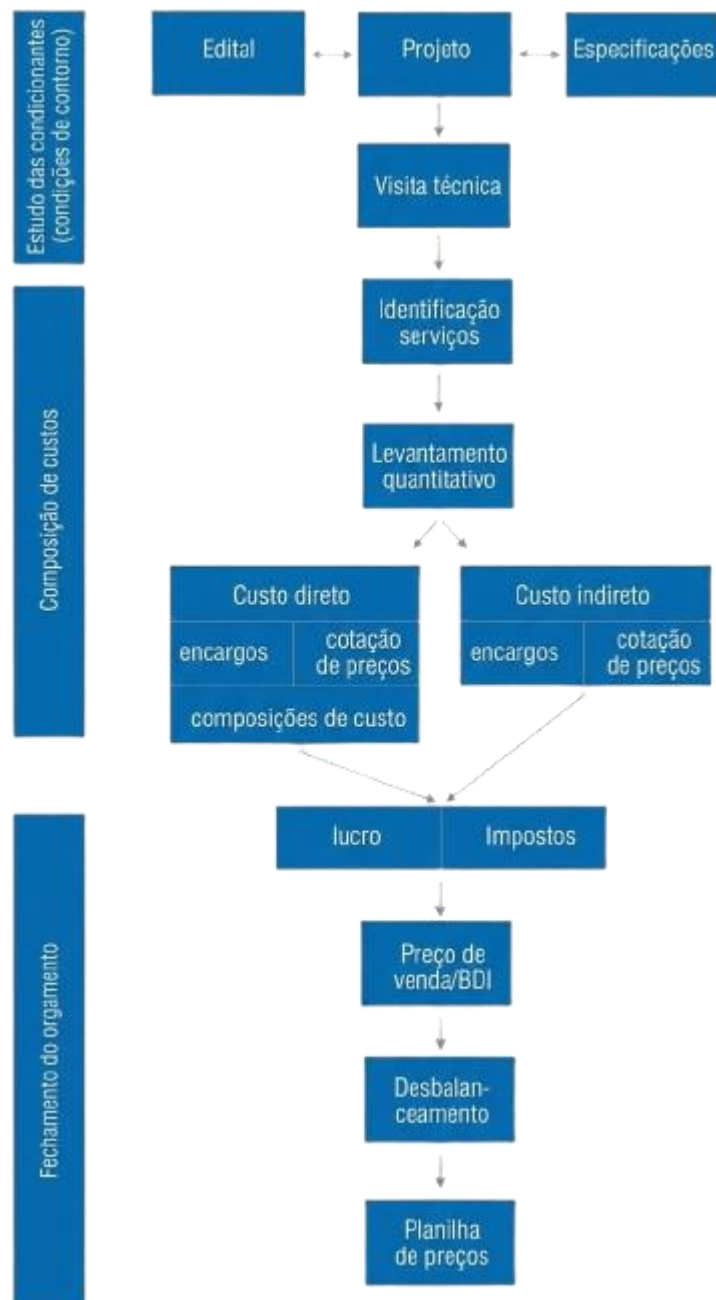
- Temporalidade

Um orçamento elaborado anos antes da execução da obra perde sua validade com o passar do tempo. Isso se deve às flutuações nos custos dos insumos, à criação ou alteração de impostos e encargos sociais e trabalhistas, à evolução dos métodos construtivos e às mudanças nos cenários financeiros e gerenciais. Todos esses fatores influenciam diretamente a composição de custos e podem alterar significativamente o valor do orçamento, tornando necessários ajustes para corrigir os efeitos da inflação e manter a viabilidade do projeto.

2.3.3 Etapas da orçamentação

É imprescindível compreender o processo de orçamentação para garantir que os custos da obra sejam estimados de forma adequada. Segundo Dória (2006), o processo de orçamentação engloba três grandes etapas: estudo das condicionantes, composição de custos e determinação do preço, conforme esquematizado na Figura 12.

Figura 12 - Etapas da orçamentação



Fonte: (DÓRIA, 2006, p. 31)

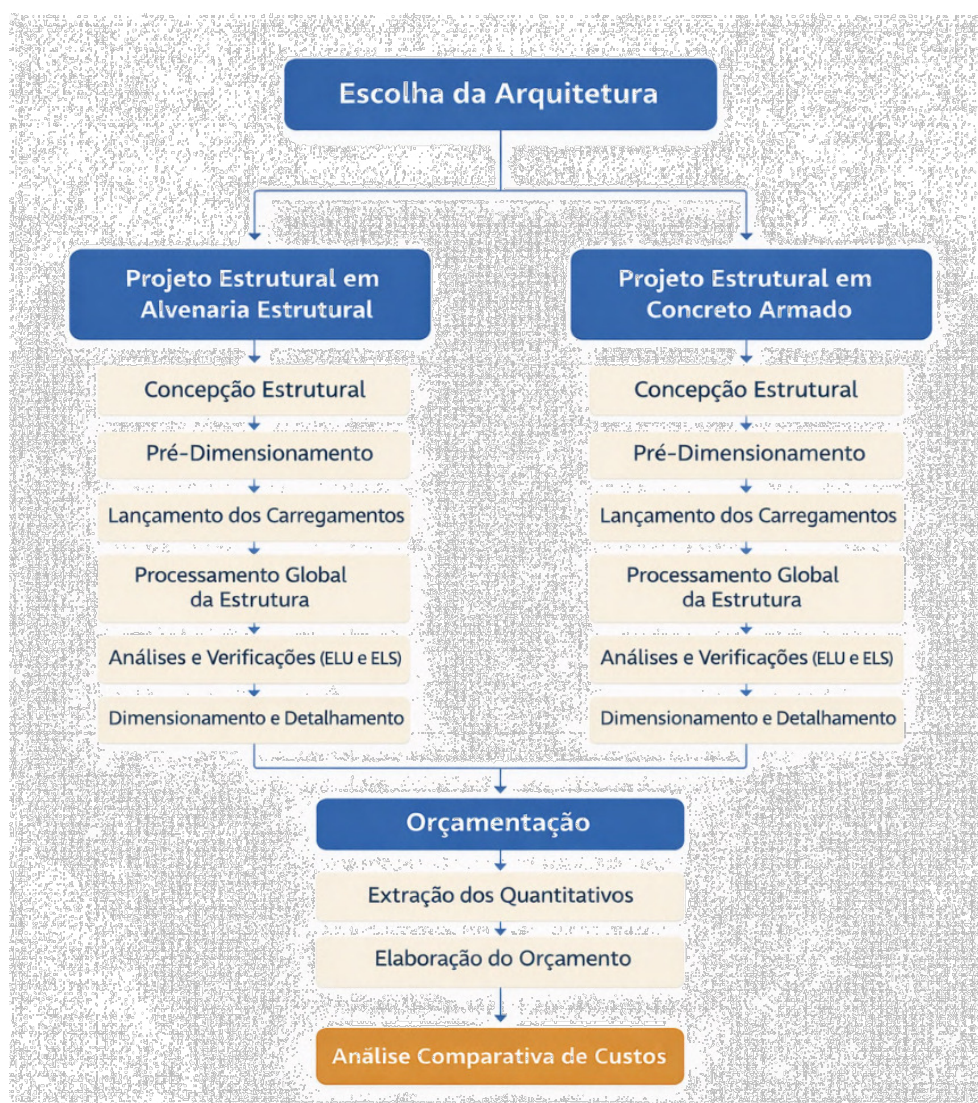
Inicialmente, são analisados os documentos disponíveis, identificando os serviços que seriam necessários para tornar o projeto exequível. Em seguida, é feita uma visita técnica ao local da obra para levantar informações auxiliares e validar o plano de ataque. Com esses dados em mãos, parte-se para a composição dos custos, listando todos os insumos necessários para a realização da tarefa. Por fim, adicionam-se os custos indiretos, aplicam-se os impostos e a margem de lucro desejada, obtendo assim o preço de venda da obra.

3 MÉTODOS

O propósito deste trabalho consistiu em comparar os custos entre os sistemas construtivos em alvenaria estrutural e concreto armado, buscando identificar a solução estrutural economicamente mais viável para uma edificação residencial multifamiliar em Patos, na Paraíba. Para alcançar este objetivo, adotou-se um roteiro de procedimentos sequenciais, visando garantir a isonomia na comparação entre os métodos construtivos.

Conforme ilustrado no fluxograma da Figura 13, a metodologia deste trabalho foi estruturada nas seguintes etapas:

Figura 13 - Etapas do processo metodológico



Fonte – Autor (2025)

A seguir, detalham-se os critérios e ferramentas utilizados em cada uma dessas fases operacionais.

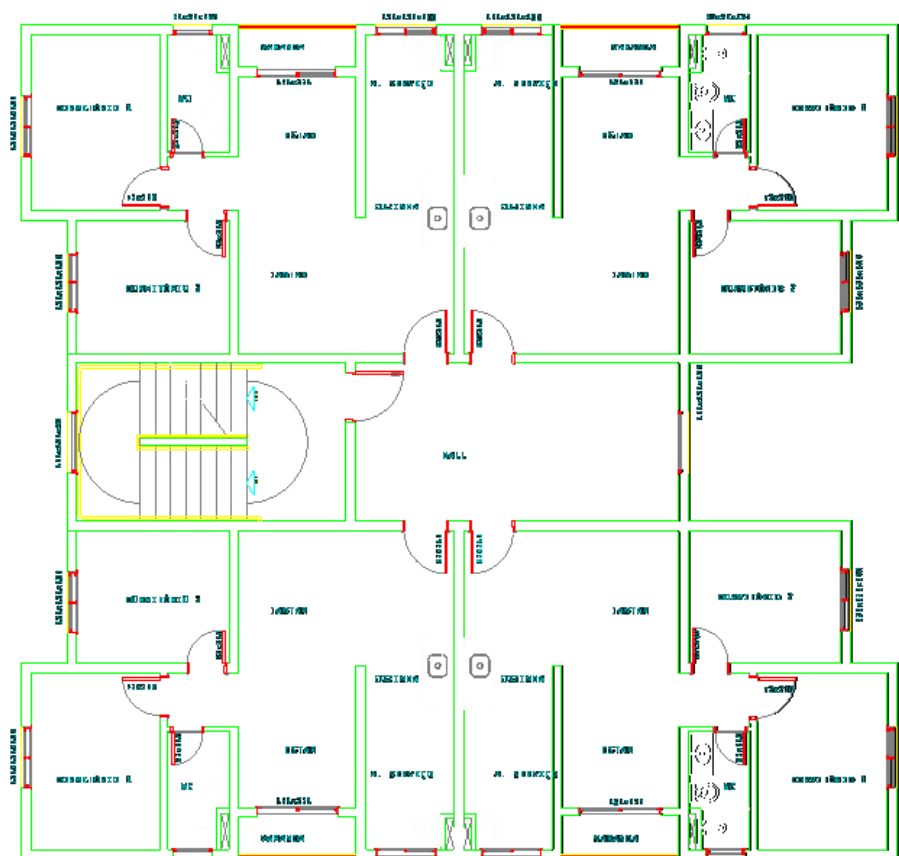
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo consiste em uma edificação residencial multifamiliar, adotada como modelo para a análise comparativa entre os sistemas construtivos em concreto armado e em alvenaria estrutural.

O edifício é composto por pavimento térreo, pavimento tipo, último tipo e cobertura, onde se localiza a torre da caixa d'água. Os pavimentos térreo, tipo e último tipo possuem aproximadamente 257 m² de área construída por pavimento, enquanto a torre da caixa d'água possui uma área construída equivalente a 43 m².

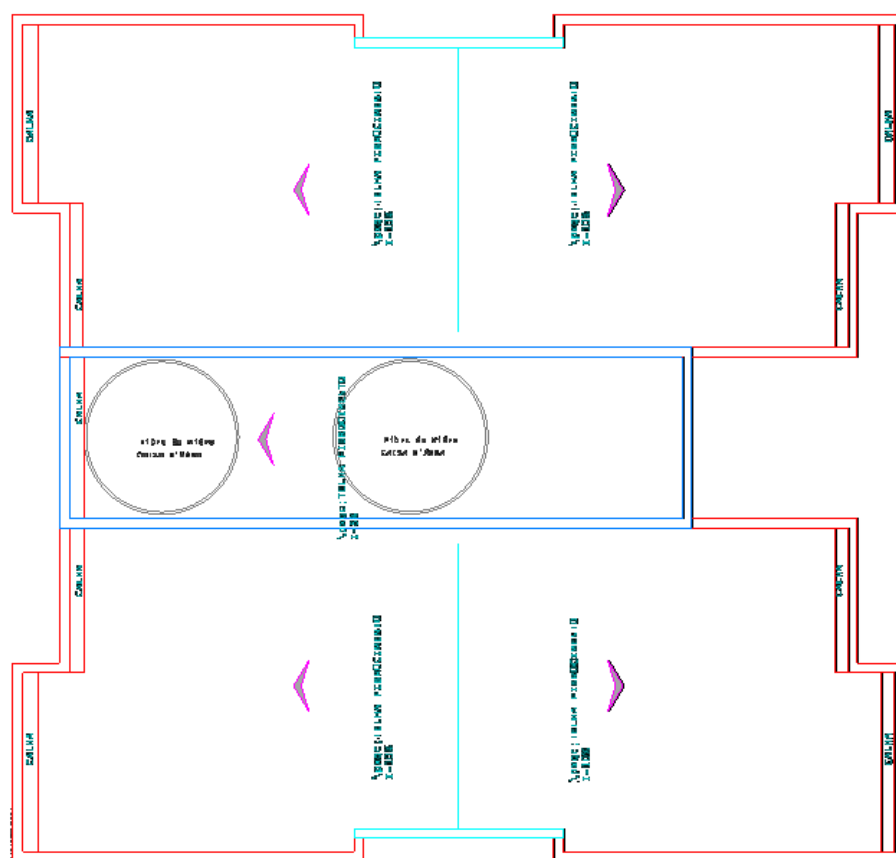
Cada pavimento é constituído por quatro unidades residenciais, com plantas padronizadas. Os apartamentos são compostos por dois dormitórios, sala de estar, sala de jantar, cozinha, área de serviço, varanda e banheiro, conforme apresentado na Figura 14. Já a planta baixa correspondente à cobertura pode ser visualizada na Figura 15, a qual mostra a disposição do telhado e a posição da torre da caixa d'água.

Figura 14 - Planta baixa do pavimento tipo



Fonte - Rangel Lage (2022)

Figura 15 - Planta baixa da cobertura



Fonte - Rangel Lage (2022)

3.2 MODELAGEM E DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

3.2.1 Alvenaria estrutural

O projeto estrutural em alvenaria estrutural foi elaborado para fins de comparação de custo entre os sistemas construtivos. Sua elaboração foi conduzida por meio do software TQS Alvest V.22, em conformidade com as diretrizes da NBR 16868-1 (ABNT, 2020), que estabelece os requisitos para o projeto de estruturas de alvenaria.

Com base no projeto arquitetônico previamente definido, partiu-se para a modulação das paredes. Durante essa etapa, foram necessários pequenos ajustes na arquitetura para atender às medidas modulares dos blocos e evitar o uso demasiado de compensadores.

Na sequência, procedeu-se à definição dos carregamentos que incidem sobre a estrutura. Os carregamentos verticais considerados no projeto foram determinados conforme os critérios estabelecidos pela NBR 6120 (ABNT, 2019). A partir desta norma, foram adotados os valores característicos de cargas permanentes e cargas acidentais pertinentes ao uso da edificação. Para

a definição dos carregamentos horizontais, levou-se em consideração os parâmetros estabelecidos pela NBR 6123 (ABNT, 2023):

- Velocidade básica do vento (V_0): a velocidade básica do vento foi obtida a partir de um mapa de isopletas, ou seja, linhas que informam a velocidade básica daquela região. Logo, para a cidade de Patos, adota-se $V_0 = 30 \text{ m/s}$.
- Fator topográfico (S_1): a topografia do terreno é um dos fatores que influenciam na força final do vento sobre a edificação. Portanto, é imprescindível a consideração desse parâmetro para o cálculo da velocidade característica do vento (V_k). Para o estudo de caso, adotou-se o fator topográfico, $S_1 = 1,0$.
- Fator S_2 (rugosidade do terreno, dimensões e altura): O segundo fator definido pela NBR 6123 (ABNT, 2023) considera o efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação de velocidade do vento com a altura e dimensões da edificação. Para a definição do fator S_2 é preciso classificar a categoria do terreno quanto a sua rugosidade e as dimensões da edificação quanto a sua classe. Considerou-se que a edificação está localizada na cidade de Patos e que nenhuma das dimensões supera os 20 m, permitindo seu enquadramento na categoria IV e na classe A.
- Fator estatístico (S_3): O último ponderador a se considerar sobre a velocidade do vento é o fator estatístico S_3 . Este fator considera o grau de segurança necessário e a vida útil da edificação. Seu valor é definido conforme a utilização da estrutura. Para edificações residenciais, $S_3 = 1,0$.

Após a definição dos carregamentos e das resistências dos blocos, realizou-se o processamento global da estrutura. Nessa fase, foram feitas as verificações de Estado Limite Último (ELU), assegurando que a estrutura irá resistir às combinações de ações possíveis, evitando qualquer risco de ruína. Além disso, foram realizadas as verificações de Estado Limite de Serviço (ELS), garantindo que a estrutura irá atender às condições de uso durante a sua vida útil, evitando deformações excessivas e fissuração generalizada dos elementos.

Ao final do processamento, adotaram-se blocos estruturais com resistência característica de 6 MPa para o pavimento térreo e 4 MPa para os demais pavimentos, valores compatíveis com as solicitações atuantes em cada nível. Também foi previsto o grauteamento de furos nos cruzamentos de paredes e nas extremidades de portas e janelas, adotado exclusivamente por razões construtivas, uma vez que o sistema analisado é de alvenaria estrutural não armada.

Quanto aos demais elementos estruturais, as lajes foram concebidas como lajes maciças com espessura de 10 cm, em função do tamanho dos vãos, do desempenho acústico e do reaproveitamento das fôrmas. Para a fundação, optou-se por pedra argamassada com seção transversal de 60×60 cm, por se tratar de uma solução mais econômica e adequada às cargas provenientes da superestrutura e à resistência do solo. A Figura 16 apresenta o modelo tridimensional da estrutura em alvenaria estrutural, onde as paredes desempenham a função portante e de vedação.

Figura 16 – Modelo tridimensional do sistema construtivo em alvenaria estrutural.



Fonte – Autor (2025)

3.2.2 Concreto armado

Para garantir uma comparação justa entre os sistemas construtivos analisados, foram adotados os mesmos carregamentos no dimensionamento dos elementos estruturais. O projeto estrutural em concreto armado foi elaborado com o auxílio do TQS, V.24, em conformidade com a NBR 6118 (ABNT, 2023), que estabelece os critérios, procedimentos e requisitos para o projeto de estruturas de concreto armado.

Inicialmente, realizou-se o pré-dimensionamento dos elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes e fundações.

- Pilares: o dimensionamento preliminar foi realizado a partir do quinhão de cargas correspondente a cada elemento, obtido pela multiplicação da carga média do pavimento pela área de influência de cada pilar;

- Vigas: as vigas foram lançadas com seções padronizadas de 19×45 cm, em função dos vãos médios da edificação, visando facilitar a execução e promover economia no uso de fôrmas;
- Lajes: foram adotadas lajes maciças com espessura de 10 cm, de modo a atender, entre outros aspectos, aos requisitos mínimos de desempenho acústico;
- Fundações: as fundações foram concebidas em sapatas isoladas, com dimensões variáveis em função dos carregamentos transmitidos pelos pilares.

Quanto aos materiais, adotou-se concreto com resistência característica à compressão (f_{ck}) de 25 MPa. Os cobrimentos nominais foram definidos conforme a classe de agressividade ambiental II, estabelecida pela NBR 6118 (ABNT, 2023), sendo de 2,5 cm para as lajes e de 3,0 cm para vigas, pilares e fundações.

Com o lançamento de todos os elementos estruturais e a definição das propriedades dos materiais, procedeu-se ao processamento global da estrutura. Nessa etapa, foram realizadas as verificações dos Estados Limites Últimos (ELU) e dos Estados Limites de Serviço (ELS), por meio da análise do pórtico espacial e da grelha espacial do modelo estrutural.

Após a validação do comportamento estrutural, iniciou-se o detalhamento das armaduras, com ajustes no detalhamento automático fornecido pelo software, de modo a tornar o projeto tecnicamente adequado e plenamente exequível. A Figura 17 apresenta o modelo tridimensional do sistema construtivo convencional, no qual o concreto armado desempenha a função estrutural, enquanto as paredes exercem a função de vedação.

Figura 17 – Modelo tridimensional do sistema construtivo convencional (Concreto armado + Alvenaria)



Fonte – Autor (2025)

3.3 ORÇAMENTAÇÃO

3.3.1 Alvenaria estrutural

A orçamentação do sistema construtivo em alvenaria estrutural foi realizada a partir do levantamento dos quantitativos de materiais necessários à execução da estrutura, seguido da elaboração do orçamento propriamente dito.

Os quantitativos foram extraídos diretamente do modelo estrutural, com o auxílio do software TQS Alvest V.22, após o processamento global da estrutura e a validação dos desenhos das paredes. Nessa etapa, o software fornece um resumo de materiais, contemplando os quantitativos dos principais insumos empregados no sistema, tais como blocos estruturais, canaletas, compensadores, argamassa de assentamento, graute, armaduras e concreto.

Com os quantitativos definidos, procedeu-se à elaboração do orçamento por meio do software OrçaFascio, utilizando-se como referência as bases de dados SINAPI e Própria, referentes ao mês de setembro de 2025. Para a orçamentação do sistema construtivo em alvenaria estrutural, foram necessárias adequações nas composições de custos, de modo a representar de forma mais fiel as particularidades do método construtivo adotado.

A composição originalmente adotada como referência foi a composição do SINAPI intitulada “ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29, (ESPESSURA DE 14 CM), UTILIZANDO PALHETA E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_03/2023”. Essa composição contempla, em um único item, tanto a mão de obra de assentamento quanto os insumos do

sistema, incluindo argamassa, blocos inteiros, meios-blocos e canaletas, com percentuais previamente definidos.

Entretanto, na prática, a quantidade de blocos inteiros, meios-blocos e canaletas depende diretamente do projeto arquitetônico e da modulação adotada, não sendo adequadamente representada por percentuais padronizados. Além disso, os quantitativos desses insumos já haviam sido obtidos de forma precisa a partir do modelo estrutural desenvolvido no TQS. Dessa forma, a utilização da composição original poderia resultar em distorções nos quantitativos e na estimativa de custos.

Assim, optou-se por adequar a composição, mantendo exclusivamente a mão de obra referente ao serviço de assentamento da alvenaria estrutural, enquanto a argamassa de assentamento e os demais insumos do sistema, tais como blocos estruturais, canaletas e compensadores, foram orçados de forma individualizada, com quantitativos extraídos diretamente do modelo estrutural e valores definidos a partir de cotações realizadas no mercado local, no município de Soledade-PB.

Cabe destacar que, embora o projeto estrutural tenha sido concebido com blocos de diferentes resistências características à compressão — 6 MPa para o pavimento térreo e 4 MPa para os demais pavimentos —, verificou-se que o fornecedor local disponibilizava apenas blocos com resistência característica de 6 MPa. Dessa forma, para fins de orçamentação, adotou-se exclusivamente essa resistência em todos os pavimentos, sendo essa decisão considerada uma premissa do orçamento, sem prejuízo à análise comparativa proposta.

Essa metodologia permitiu maior controle sobre os quantitativos efetivamente empregados e maior proximidade entre o orçamento elaborado e as condições reais de execução da obra. O orçamento finalizado, resultante desse procedimento, encontra-se apresentado no APÊNDICE A.

3.3.2 Concreto armado

O orçamento do sistema construtivo em concreto armado, apresentado no APÊNDICE B, seguiu um procedimento metodológico semelhante ao adotado para o sistema em alvenaria estrutural, iniciando-se pelo levantamento dos quantitativos de materiais e culminando na elaboração do orçamento.

Após o processamento global da estrutura e a validação do modelo estrutural, foi utilizado o software TQS V.24 para a obtenção do resumo de materiais, a partir do qual foram extraídos os quantitativos dos principais insumos, tais como concreto, fôrmas e aço. Esses

quantitativos serviram de base para a elaboração do orçamento do projeto estrutural em concreto armado.

Entretanto, para o sistema em concreto armado, fez-se necessária a modelagem das paredes de vedação em um ambiente de modelagem BIM distinto, de modo a viabilizar a extração precisa dos quantitativos e a representação tridimensional do sistema construtivo convencional (concreto armado associado à alvenaria de vedação). Para essa finalidade, foi utilizado o software Autodesk Revit 2024, no qual as paredes foram devidamente lançadas e parametrizadas, permitindo a extração dos quantitativos de alvenaria de vedação de forma compatível com a realidade construtiva.

O Autodesk Revit 2024 também foi empregado para a extração dos quantitativos de aço. Embora o TQS forneça tabelas de consumo de aço, estas se apresentam de forma consolidada, seja por pavimento, por elemento ou por bitola, não permitindo a identificação simultânea do elemento estrutural, da bitola da armadura e do pavimento correspondente. Essa limitação inviabiliza a associação direta dos quantitativos às composições de custos do SINAPI, que exigem a discriminação do consumo de aço por tipo de elemento estrutural e por diâmetro da armadura.

Dessa forma, o uso do Autodesk Revit 2024 possibilitou a extração detalhada do consumo de aço, permitindo a segregação dos quantitativos por elemento estrutural (pilares, vigas e lajes), por bitola da armadura e por pavimento, viabilizando a correta vinculação aos respectivos itens de orçamento. Esse procedimento permitiu maior nível de detalhamento e, consequentemente, maior precisão na estimativa dos custos do sistema em concreto armado.

Os demais insumos estruturais, como concreto e fôrmas, tiveram seus quantitativos extraídos diretamente do resumo de materiais gerado pelo TQS, com exceção das fôrmas do baldrame. No caso das vigas baldrame, as fôrmas são necessárias apenas nas faces laterais, uma vez que esses elementos são concretados diretamente sobre o solo, com a execução prévia de um lastro de concreto magro, não havendo fôrmas na face inferior. Como o TQS não realiza essa diferenciação automaticamente, optou-se por extrair esse quantitativo de fôrmas por meio do Autodesk Revit 2024, utilizando a parametrização geométrica do modelo para evitar o superdimensionamento desse insumo no orçamento.

A adoção dessa metodologia, combinando os recursos do TQS V.24 e do Autodesk Revit 2024, permitiu um levantamento mais fiel dos quantitativos, assegurando maior aderência entre o orçamento elaborado e as condições reais de execução do sistema construtivo em concreto armado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

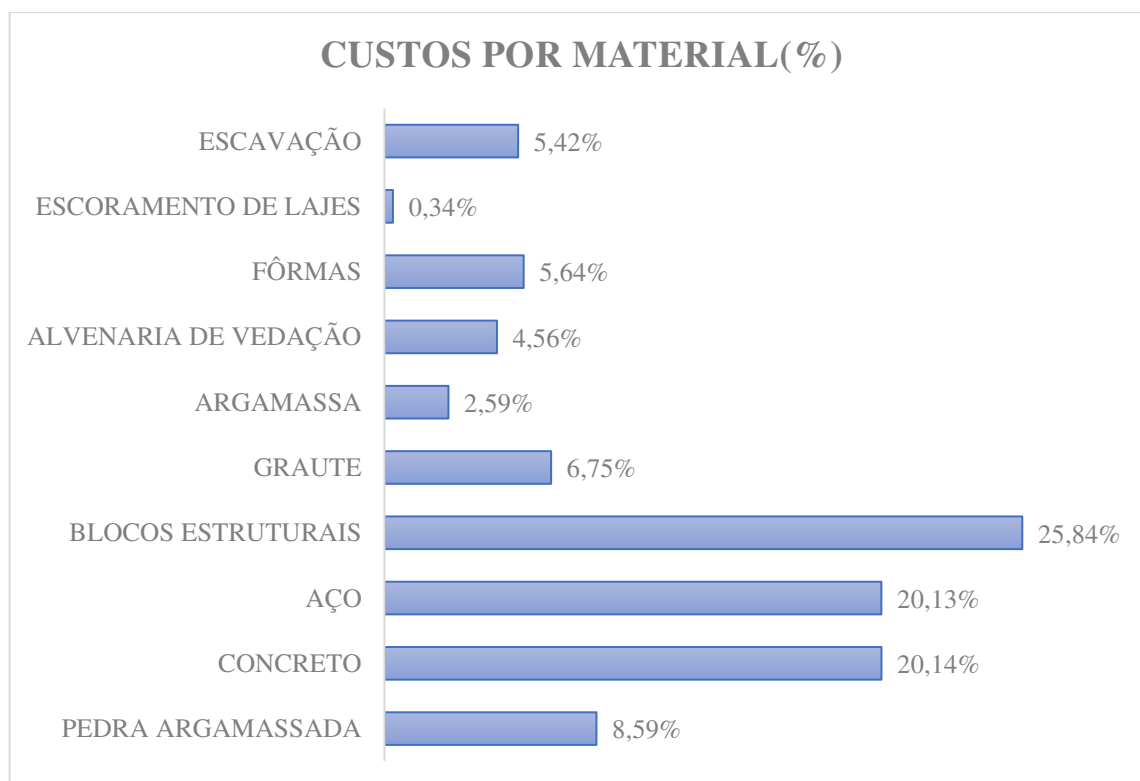
Neste tópico, são expostos e discutidos os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia proposta neste trabalho.

Inicialmente, são apresentados e analisados os custos associados aos sistemas em alvenaria estrutural e em concreto armado. Em seguida, é realizado um comparativo de custos entre os sistemas estruturais estudados, buscando evidenciar as principais diferenças observadas em cada uma das etapas construtivas, bem como identificar o sistema estrutural mais econômico para o estudo de caso.

4.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

Para facilitar a compreensão da composição dos custos do sistema em alvenaria estrutural, procedeu-se à elaboração de um gráfico, no qual é possível visualizar a distribuição dos custos entre os diferentes insumos inerentes à sua execução, conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18 - Alvenaria estrutural: custos por materiais (%)



Fonte – Autor (2025)

Observa-se que os blocos e as canaletas estruturais compõem o item de maior impacto no custo global do sistema em alvenaria estrutural, correspondendo a 25,84% do valor total. Esse resultado era esperado, visto que os blocos estruturais são os principais elementos resistentes do sistema em alvenaria estrutural. Além disso, o custo dos blocos estruturais costuma ser superior aos blocos de vedação, pois sua fabricação exige processos mais rigorosos, a fim de garantir a precisão dimensional das peças, bem como demanda maior consumo de materiais para atingir as resistências especificadas em projeto.

Na sequência, destacam-se os custos referentes ao concreto e ao aço, que representam 20,14% e 20,13% do custo total, respectivamente. Embora a alvenaria autoportante seja frequentemente associada à redução do consumo desses materiais, percebe-se que os mesmos ainda representam uma parcela significativa do custo global da estrutura.

A etapa de fundação correspondeu a 8,59% do custo total da estrutura, evidenciando sua representatividade no sistema em alvenaria estrutural. Esse percentual está diretamente associado ao tipo de fundação adotado, às características geotécnicas do solo e aos carregamentos provenientes da edificação.

Os materiais complementares da alvenaria estrutural, como graute e argamassa de assentamento, correspondem a 6,75% e 2,59% do custo total, respectivamente. Embora possuam participações pequenas no custo global da estrutura, esses elementos são fundamentais para o adequado funcionamento do sistema estrutural.

A etapa de alvenaria de vedação representa 4,56% do custo total da estrutura. Ainda que a adoção do sistema em alvenaria estrutural reduza consideravelmente a necessidade de paredes não estruturais, existem paredes que cumprem apenas a função de fechamento dos ambientes. É importante salientar que, nesta composição de custo, também está inclusa a argamassa de assentamento, a qual possui resistência diferente daquela utilizada na alvenaria estrutural.

Os custos relacionados às fôrmas e ao escoramento das lajes correspondem a 5,64% e 0,34% do custo total da estrutura, respectivamente. Esses indicadores ratificam uma das principais vantagens da alvenaria estrutural: a expressiva redução no consumo de fôrmas e nos sistemas de escoramento. Como as paredes possuem função de sustentação, a necessidade de fôrmas para vigas e pilares é eliminada, otimizando o orçamento e reduzindo o desperdício no canteiro de obra.

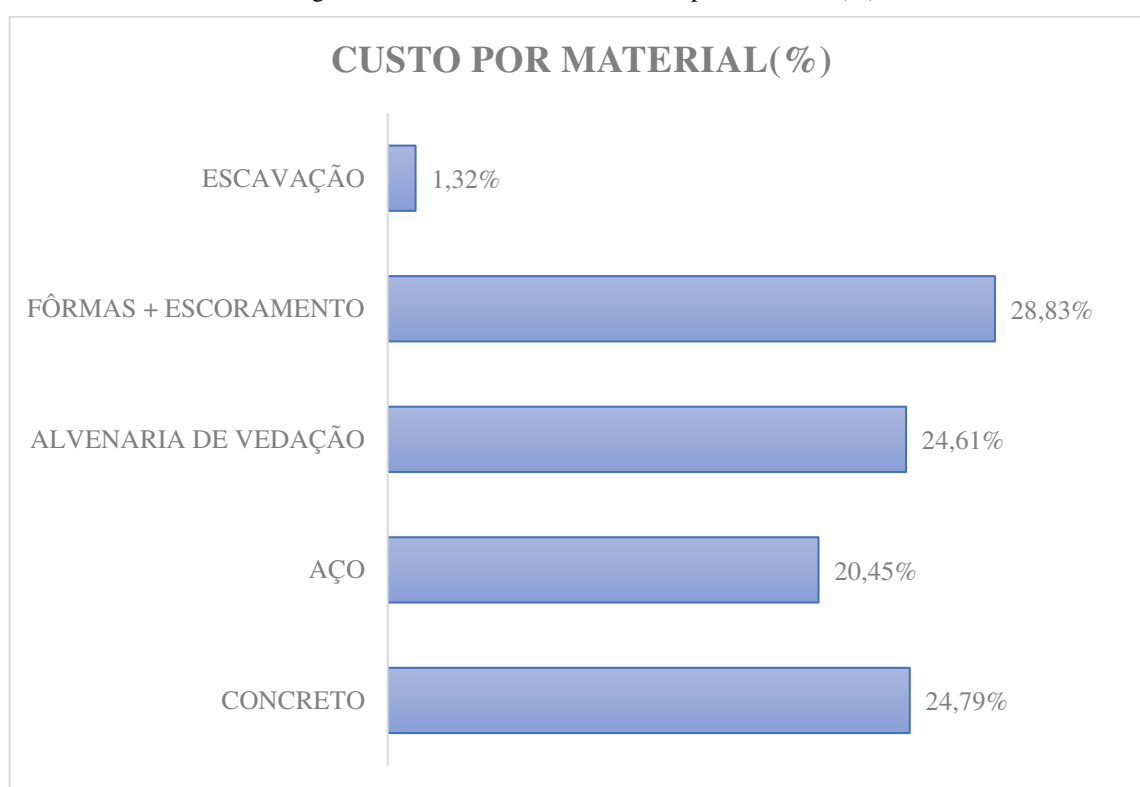
A etapa de escavação representa 5,42% do custo total da estrutura e está relacionada à execução das fundações. No presente estudo, foi adotado o sistema de fundação em pedra argamassada, no qual a própria geometria do bloco absorve as tensões de tração, garantindo que o maciço resista às solicitações sem a necessidade de armaduras. Para que essas tensões de

tração permaneçam em níveis compatíveis com a capacidade resistente do maciço, torna-se necessária a adoção de seções mais robustas, resultando em fundações com maiores dimensões. Consequentemente, tem-se um aumento no volume de escavação e no custo dessa etapa.

4.2 CONCRETO ARMADO

Visando à melhor compreensão da composição dos custos do sistema convencional, elaborou-se um gráfico que apresenta a distribuição dos custos entre os diferentes insumos envolvidos em sua execução, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 – Concreto armado: custos por materiais (%)



Fonte – Autor (2025)

Percebe-se que os itens fôrmas e escoramento representam os insumos mais onerosos do sistema em concreto armado, correspondendo a 28,83% do valor total da estrutura. Esse resultado era esperado, uma vez que esse método construtivo exige um maior consumo de fôrmas e escoramento para a execução dos elementos estruturais.

Na sequência, destacam-se os custos relacionados ao concreto e à alvenaria de vedação, que correspondem a 24,79% e 24,61% do custo global da estrutura, respectivamente. O elevado percentual associado ao concreto justifica-se pelo maior volume de concreto utilizado, visto que todos os elementos resistentes são compostos por esse material. Da mesma forma, a

alvenaria de vedação representa uma parcela expressiva do custo total da estrutura, em função da extensa área de paredes necessária para o fechamento dos ambientes, o que acarreta em um elevado consumo de insumos e mão de obra.

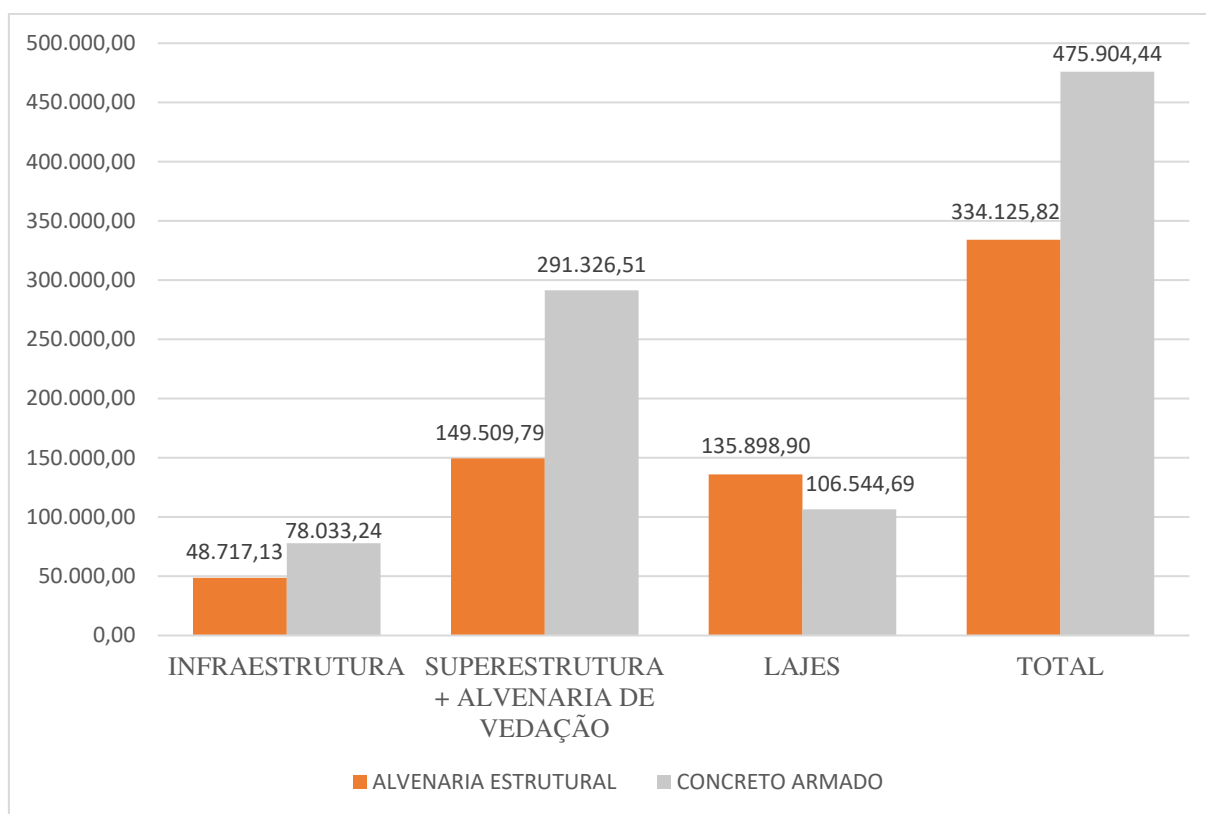
O aço, por sua vez, corresponde a 20,45% do custo total da estrutura, evidenciando sua importância no sistema em concreto armado. Nesse modelo estrutural, o concreto e o aço resistem solidariamente aos esforços solicitantes. Enquanto o concreto absorve as tensões de compressão, as armaduras são dimensionadas para suprir a baixa resistência a tração do concreto. Essa característica intrínseca ao sistema justifica o volume expressivo de armaduras, bem como o elevado custo destinado a este insumo.

Por fim, a etapa de escavação apresenta a menor participação na composição dos custos da estrutura da edificação, correspondendo a apenas 1,32% do custo total. Vale ressaltar que este item engloba somente a movimentação de terra necessária para a execução da infraestrutura (fundações e vigas baldrame). Essa restrição de escopo, limitando-se à abertura de valas para o alojamento dos elementos de base, justifica a baixa representatividade financeira desse serviço em relação aos custos da superestrutura.

4.3 RELAÇÃO DE CUSTOS ENTRE OS SISTEMAS ESTRUTURAIS

Com base nos dados coletados para ambos os métodos construtivos, procedeu-se à elaboração de um gráfico comparativo, permitindo visualizar os custos por etapa e os custos globais de cada um dos modelos estruturais. A Figura 20 apresenta a relação de custos entre os sistemas estruturais em concreto armado e alvenaria autoportante.

Figura 20 – Relação de custos entre os sistemas estruturais



Fonte – Autor (2025)

Na infraestrutura, foram considerados todos os elementos situados abaixo do solo, bem como os serviços necessários para a execução de cada componente estrutural, incluindo escavação, montagem e desmontagem de fôrmas e armação e concretagem dos elementos. Nota-se que a alvenaria estrutural apresentou um custo de R\$ 48.717,13 frente a R\$ 78.033,24 do concreto armado, resultando em uma economia de 37,57%. Tal economia se deve a melhor distribuição dos esforços, resultando em uma menor tensão no solo e, consequentemente, na redução dos custos de fundação.

Para garantir a equidade na comparação da Superestrutura, agrupou-se a este item a Alvenaria de Vedação. Essa metodologia foi adotada pois, enquanto a alvenaria estrutural desempenha simultaneamente as funções portante e de vedação, o concreto armado cumpre apenas a função estrutural, sendo necessário prever elementos de fechamento para tornar os sistemas funcionalmente equivalentes. Vale ressaltar que, no custo da alvenaria estrutural, também foram consideradas as alvenarias de vedação, visto que nem todas as paredes do projeto participam da estrutura.

Observa-se que essa etapa ("Superestrutura + Alvenaria de Vedação") concentra a maior disparidade de custos. No sistema convencional, o valor foi de R\$ 291.326,51, montante 94,85% superior aos R\$ 149.509,79 gastos na alvenaria estrutural. Esse dado comprova que a otimização do sistema e a racionalização dos processos executivos geram a maior vantagem competitiva deste sistema.

Por outro lado, observa-se um comportamento inverso na etapa de Lajes. A análise foi realizada de maneira isolada para este elemento, uma vez que houve alteração nas condições de apoio de um sistema para o outro. Essa mudança de concepção estrutural resultou em um custo de R\$ 135.898,90 para a alvenaria estrutural, superando em 27,55% o valor obtido no concreto armado (R\$ 106.544,69). Contudo, mesmo com esse acréscimo pontual decorrente das especificidades do apoio das lajes sobre a alvenaria, a vantagem econômica global do sistema manteve-se expressiva.

Por fim, a análise do custo global consolida a viabilidade econômica da alvenaria estrutural para o estudo de caso. Enquanto o sistema em concreto armado totalizou R\$ 475.904,44, a alvenaria estrutural apresentou um orçamento final de R\$ 334.125,82. Essa diferença representa uma economia absoluta de R\$ 141.778,62, correspondendo a uma redução de 29,79% no custo total da estrutura.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a adoção do sistema construtivo em alvenaria estrutural apresenta-se como a alternativa mais viável para o estudo de caso analisado. A comparação entre os sistemas estudados evidenciou uma economia de R\$ 141.778,62, correspondente a uma redução de 29,79% no custo total da estrutura, quando comparada ao sistema convencional em concreto armado.

Essa economia está associada à racionalização dos processos construtivos e à otimização dos recursos, características inerentes à alvenaria estrutural. Nesse método construtivo, a própria alvenaria assume as funções de vedação e de sustentação da edificação, eliminando a necessidade de vigas e pilares. Como consequência, há uma diminuição significativa no consumo de concreto e aço, gerando uma economia de 37,47% com a adoção do sistema em alvenaria estrutural, o que corresponde a uma redução de R\$ 80.746,31 no custo desses insumos.

Além disso, observa-se uma redução expressiva na utilização de fôrmas e escoramentos, que representam os insumos mais onerosos no sistema em concreto armado, correspondendo a 28,83% do custo total da estrutura analisada. Em contrapartida, na alvenaria estrutural, esses elementos apresentam baixa representatividade, aproximadamente 5,98% do custo total da estrutura, resultando em uma economia de R\$ 117.222,53 quando comparado ao concreto armado. Essa redução decorre da menor utilização desses elementos no sistema em alvenaria estrutural, no qual seu uso se restringe basicamente à execução das lajes, enquanto, no sistema convencional, sua aplicação se estende a praticamente toda a estrutura, contribuindo de forma relevante para o aumento dos custos e dos desperdícios de materiais.

Por fim, espera-se que o trabalho tenha fornecido subsídios suficientes para auxiliar na escolha de sistemas construtivos de empreendimentos com características semelhantes ao estudo de caso analisado. Os resultados obtidos demonstraram que a alvenaria estrutural pode apresentar maior viabilidade econômica em comparação ao concreto armado, sobretudo em edificações de baixo à médio padrão, onde suas características construtivas são aproveitadas ao máximo.

Contudo, é importante ressaltar que a escolha do sistema construtivo deve ser sempre pautada nas particularidades de cada projeto. A economia expressiva observada neste estudo de caso mostra o potencial da alvenaria estrutural, mas sua aplicação não deve ser vista como uma regra universal. A eficiência do sistema depende diretamente de fatores como a altura da

edificação, a densidade das paredes e o tipo de uso. Portanto, a viabilidade econômica do método está condicionada a uma análise criteriosa dessas variáveis, garantindo que a solução escolhida seja a que melhor atenda às demandas específicas da arquitetura proposta.

Recomendações e sugestões

Considerando as limitações deste estudo e a amplitude das variáveis que regem a construção civil, entende-se que a continuidade desta pesquisa é fundamental para consolidar a compreensão sobre os sistemas analisados. Nesse sentido, recomendam-se os seguintes temas para investigações futuras:

- a) Analisar diferentes tipologias arquitetônicas e alturas de edificações, buscando identificar até que ponto a economia da alvenaria estrutural se mantém em relação ao concreto armado;
- b) Avaliar os custos considerando outras disciplinas, com o intuito de mensurar o impacto dos projetos complementares no custo global de cada um dos sistemas construtivos;
- c) Investigar o impacto ambiental e a geração de resíduos de ambos os métodos construtivos, proporcionando uma visão mais holística sobre a sustentabilidade e a eficiência no uso de recursos de cada sistema.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Pedro Martins. **Análise comparativa entre bloco cerâmico, bloco de concreto e bloco de concreto celular em alvenarias de vedação**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2022.
- ASSAHI, Paulo Nobuyoshi. **Sistema de fôrmas para estrutura de concreto**, 2005.
Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/145597100/Sistema-de-Forma-Para-Estrutura-de-Concreto-Texto-Paulo-Assahi-Material-Complementar>
Acesso em: 08 set. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos: Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1: Alvenaria estrutural – Parte 1: Projeto**. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.
- BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. **Patologia das estruturas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.
- CAMPOS, J. C. **Elementos de fundações em concreto**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.
- CAVALHEIRO, O. P. **Alvenaria estrutural: tão antiga e tão atual**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2018. Disponível em: https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Alvenaria-Estrutural_Tão-antiga-e-tão-atual_cavalheiro1.pdf.
Acesso em: 09 set. 2025.
- FRANCA, A. B. M.; FUSCO, P. B. **As lajes nervuradas na moderna construção de edifícios**. São Paulo: Afala & Abrapex, 1997.
- FUSCO, P. B. **Tecnologia do concreto estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2008.
- MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006.

PARSEKIAN, G. A.; MEDEIROS, W. A. **Parâmetros de projetos de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2021.

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

SANTOS, R. E. **A armação do concreto no Brasil: história da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

STUCCHI, F. R. **Pontes e grandes estruturas**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em:
https://www.academia.edu/30159858/UNIVERSIDADE_DE_S%C3%A3O_PAULO_PEF_2404_PONTES_E_GRADES ESTRUTURAS_NOTAS_DE_AULA.
Acesso em: 06 out. 2025

TAUIL, C. A.; NESSE, F. J. M. **Alvenaria estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2010.

APÊNDICE A – Planilha orçamentária sintética com valor do material e da mão de obra: alvenaria estrutural

Obra			Bancos		B.D.I.		Encargos Sociais					
TCC - EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR - ALVENARIA ESTRUTURAL			SINAPI - 09/2025 - Paraíba		0,0%		Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.					
Planilha Orçamentária Sintética Com Valor do Material e da Mão de Obra												
Item	Código Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI			Total			Peso (%)
						M. O.	MAT.	Total	M. O.	MAT.	Total	
1		INFRAESTRUTURA									48.717,13	14,58 %
1.1		FUNDAÇÃO									48.717,13	14,58 %
1.1.1	103800 SINAPI	PEDRA ARGAMASSADA COM CIMENTO E AREIA 1:3, 40% DE ARGAMASSA EM VOLUME - AREIA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_08/2022	m³	57,81	496,34	141,72	354,62	496,34	8.192,83	20.500,58	28.693,42	8,59 %
1.1.2	96526 SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA VIGA BALDRAME OU SAPATA CORRIDA (SEM ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÓRMAS). AF_01/2024	m³	72,2625	183,70	138,07	45,63	183,70	13.599,90	4.494,56	18.094,45	5,42 %
1.1.3	94968 SINAPI	CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1:4,5:4,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	4,8175	400,47	47,26	353,21	400,47	227,68	1.701,59	1.929,26	0,58 %
2		SUPERESTRUTURA									285.406,69	85,42 %
2.1		TÉRREO									78.814,44	23,59 %
2.1.1	92772 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	25,905	7,84	0,40	7,44	7,84	10,36	192,73	203,09	0,06 %
2.1.2	92771 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	243,197	9,35	0,73	8,62	9,35	177,53	2.096,36	2.273,89	0,68 %
2.1.3	92770 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	83,772	10,53	1,19	9,34	10,53	99,69	782,42	882,11	0,26 %
2.1.4	92769 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	1218,29	11,26	1,94	9,32	11,26	2.363,48	11.354,46	13.717,94	4,11 %
2.1.5	92267 SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÓRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	m²	214,5	29,77	0,70	29,07	29,77	150,15	6.235,51	6.385,66	1,91 %
2.1.6	101792 SINAPI	ESCORAMENTO DE FÓRMAS DE LAJE EM MADEIRA NÃO APARELHADA, PÉ-DIREITO SIMPLES, INCLUSO TRAVAMENTO, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m³	21,45	18,04	5,28	12,76	18,04	113,26	273,69	386,95	0,12 %
2.1.7	103675 SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FOK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_P5	m³	21,45	682,97	28,78	654,19	682,97	617,33	14.032,37	14.649,70	4,38 %
2.1.8	89290 SINAPI	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 140X19X29, (ESPESURA DE 14 CM), UTILIZANDO PALHETA E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_03/2023	m²	384,8	29,60	22,77	6,83	29,60	8.761,90	2.628,18	11.390,08	3,41 %
2.1.9	87286 SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:1:6 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	m³	4,48	579,17	65,84	513,33	579,17	294,96	2.299,72	2.594,68	0,78 %
2.1.10	89993 SINAPI	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_09/2021	m³	2,39	312,74	239,67	73,07	312,74	572,81	174,63	747,44	0,22 %
2.1.11	89996 SINAPI	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_09/2021	KG	338,73	9,31	1,78	7,53	9,31	602,94	2.550,63	3.153,57	0,94 %
2.1.12	89994 SINAPI	GRAUTEAMENTO DE CINTA INTERMEDIÁRIA OU DE CONTRAVERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_09/2021	m³	2,45	182,69	140,00	42,69	182,69	343,00	104,59	447,59	0,13 %
2.1.13	89995 SINAPI	GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR OU DE VERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_09/2021	m³	4,17	279,48	214,18	65,30	279,48	893,13	272,30	1.165,43	0,35 %
2.1.14	90278 SINAPI	GRAUTE FOK=15 MPA; TRAÇO 1:0,4:2,2:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/CAL/AREIA GROSSA/BRITA 0) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_09/2021	m³	9,01	510,07	52,17	457,90	510,07	470,05	4.125,68	4.595,73	1,38 %
2.1.15	89998 SINAPI	ARMAÇÃO DE CINTA DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_09/2021	KG	268,3	8,83	1,41	7,42	8,83	378,30	1.990,78	2.369,08	0,71 %
2.1.16	00034654 Próprio	BLOCO ESTRUTURAL CERAMICO DE 14 X 19 X 44 CM (L X A X C), 6,0 MPA	UN	320	3,10	0,00	3,10	3,10	0,00	992,00	992,00	0,30 %
2.1.17	00034585 Próprio	BLOCO ESTRUTURAL CERAMICO DE 14 X 19 X 29 CM (L X A X C), 6,0 MPA	m²	4385	2,10	0,00	2,10	2,10	0,00	9.208,50	9.208,50	2,76 %
2.1.18	00034653 Próprio	MEIO BLOCO ESTRUTURAL CERAMICO DE 14 X 19 X 14 CM (L X A X C), 6,0 MPA	UN	537	1,30	0,00	1,30	1,30	0,00	698,10	698,10	0,21 %
2.1.19	00034650 Próprio	BLOCO CERAMICO COMPENSADOR DE 14 X 19 X 9 CM (L X A X C), 6,0 MPA	UN	187	1,30	0,00	1,30	1,30	0,00	243,10	243,10	0,07 %
2.1.20	00034649 Próprio	BLOCO CERAMICO COMPENSADOR DE 14 X 19 X 4 CM (L X A X C), 6,0 MPA	UN	55	1,30	0,00	1,30	1,30	0,00	71,50	71,50	0,02 %
2.1.21	00034659 Próprio	CANALETA ESTRUTURAL CERAMICA DE 14 X 19 X 44 CM (L X A X C), 6,0 MPA	UN	62	3,25	0,00	3,25	3,25	0,00	201,50	201,50	0,06 %
2.1.22	00034648 Próprio	CANALETA ESTRUTURAL CERAMICA DE 14 X 19 X 29 CM (L X A X C), 6,0 MPA	UN	1075	2,15	0,00	2,15	2,15	0,00	2.311,25	2.311,25	0,69 %
2.1.23	00034658 Próprio	CANALETA ESTRUTURAL CERAMICA DE 14 X 19 X 14 CM (L X A X C) E 6,0 MPA	UN	93	1,35	0,00	1,35	1,35	0,00	125,55	125,55	0,04 %
2.2		TIPO									88.826,20	26,58 %
2.2.1	92772 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	25,905	7,84	0,40	7,44	7,84	10,36	192,73	203,09	0,06 %
2.2.2	92771 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	243,197	9,35	0,73	8,62	9,35	177,53	2.096,36	2.273,89	0,68 %
2.2.3	92770 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	83,772	10,53	1,19	9,34	10,53	99,69	782,42	882,11	0,26 %
2.2.4	92769 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	1218,294	11,26	1,94	9,32	11,26	2.363,49	11.354,50	13.717,99	4,11 %
2.2.5	92267 SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÓRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	m²	209,26	29,77	0,70	29,07	29,77	146,48	6.083,19	6.229,67	1,86 %
2.2.6	101792 SINAPI	ESCORAMENTO DE FÓRMAS DE LAJE EM MADEIRA NÃO APARELHADA, PÉ-DIREITO SIMPLES, INCLUSO TRAVAMENTO, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m³	20,93	18,04	5,28	12,76	18,04	110,51	267,06	377,57	0,11 %
2.2.7	103675 SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FOK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_P5	m³	37,12	682,97	28,78	654,19	682,97	1.068,31	24.283,53	25.351,84	7,59 %
2.2.8	89290 SINAPI	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 140X19X29, (ESPESURA DE 14 CM), UTILIZANDO PALHETA E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_03/2023	m²	386,1	29,60	22,77	6,83	29,60	8.791,50	2.637,06	11.428,56	3,42 %
2.2.9	87294 SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_08/2019	m³	4,5	557,61	57,93	499,68	557,61	260,69	2.248,56	2.509,24	0,75 %
2.2.10	89993 SINAPI	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_09/2021	m³	2,29	312,74	239,67	73,07	312,74	548,84	167,33	716,17	0,21 %
2.2.11	89996 SINAPI	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_09/2021	KG	292,03	9,31	1,78	7,53	9,31	519,81	2.198,98	2.718,79	0,81 %
2.2.12	89994 SINAPI	GRAUTEAMENTO DE CINTA INTERMEDIÁRIA OU DE CONTRAVERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_09/2021	m³	2,48	182,69	140,00	42,69	182,69	347,20	105,87	453,07	0,14 %
2.2.13	89995 SINAPI	GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR OU DE VERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_09/2021	m³	4,16	279,48	214,18	65,30	279,48	890,99	271,64	1.162,63	0,35 %
2.2.14	90278 SINAPI	GRAUTE FOK=15 MPA; TRAÇO 1:0,4:2,2:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/CAL/AREIA GROSSA/BRITA 0) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_09/2021	m³	8,93	510,07	52,17	457,90	510,07	465,88	4.089,04	4.554,92	1,36 %
2.2.15	89998 SINAPI	ARMAÇÃO DE CINTA DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_09/2021	KG	274,3	8,83	1,41	7,42	8,83	386,76	2.035,30	2.422,06	0,72 %
2.2.16	00034654 Próprio	BLOCO ESTRUTURAL CERAMICO DE 14 X 19 X 44 CM (L X A X C), 6,0 MPA	UN	320	3,10	0,00	3,10	3,10	0,00	992,00	992,00	0,30 %
2.2.17	00034585 Próprio	BLOCO ESTRUTURAL CERAMICO DE 14 X 19 X 29 CM (L X A X C), 6,0 MPA	m²	4403	2,10	0,00	2,10	2,10	0,00	9.246,30	9.246,30	2,77 %
2.2.18	00034653 Próprio	MEIO BLOCO ESTRUTURAL CERAMICO DE 14 X 19 X 14 CM (L X A X C), 6,0 MPA	UN	535	1,30	0,00	1,30	1,30	0,00	695,50	695,50	0,21 %
2.2.19	00034651 Próprio	BLOCO CERAMICO COMPENSADOR DE 14 X 19 X 9 CM (L X A X C), 4,0 MPA	UN	189	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	189,00	189,00	0,06 %
2.2.20	00034652 Próprio	BLOCO CERAMICO COMPENSADOR DE 14 X 19 X 4 CM (L X A X C), 4,0 MPA	UN	53	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	53,00	53,00	0,02 %
2.2.21	00034659 Próprio	CANALETA ESTRUTURAL CERAMICA DE 14 X 19 X 44 CM (L X A X C), 6,0 MPA	UN	62	3,25	0,00	3,25	3,25	0,00	201,50	201,50	0,06 %
2.2.22	00034648 Próprio	CANALETA ESTRUTURAL CERAMICA DE 14 X 19 X 29 CM (L X A X C), 6,0 MPA	UN	1078	2,15	0,00	2,15	2,15	0,00	2.317,70	2.317,70	0,69 %
2.2.23	00034658 Próprio	CANALETA ESTRUTURAL CERAMICA DE 14 X 19 X 14 CM (L X A X C) E 6,0 MPA	UN	96	1,35	0,00	1,35	1,35	0,00	129,60	129,60	0,04 %

Total sem BDI	334.125,82
Total do BDI	0,00
Total Geral	334.125,82

APÊNDICE B – Planilha orçamentária sintética com valor do material e da mão de obra: concreto armado

Obra			Bancos			B.D.I.			Encargos Sociais				
TCC - EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR - CONCRETO ARMADO			SINAPI - 09/2025 - Paraíba			0,0%			Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.				
Planilha Orçamentária Sintética Com Valor do Material e da Mão de Obra													
Item	Código Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI			Total	Total			Peso (%)
						M. O.	MAT.			M. O.	MAT.	Total	
1		INFRAESTRUTURA										78.033,24	16,40 %
1.1		FUNDAÇÃO										27.523,66	5,78 %
1.1.1	96522 SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA (SEM ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÓRMAS). AF_01/2024	m³	15,46	128,51	96,34	32,17	128,51	1.489,42	497,34	1.986,76	0,42 %	
1.1.2	96529 SINAPI	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_01/2024	m²	29,12	280,25	103,72	176,53	280,25	3.020,33	5.140,55	8.160,88	1,71 %	
1.1.3	104919 SINAPI	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	494	11,25	2,18	9,07	11,25	1.076,92	4.480,58	5.557,50	1,17 %	
1.1.4	96619 SINAPI	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS, ESPESSURA DE 5 CM. AF_01/2024	m²	42,3	38,37	11,56	26,81	38,37	488,99	1.134,06	1.623,05	0,34 %	
1.1.5	96556 SINAPI	CONCRETAGEM DE SAPATA, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_01/2024	m³	12,37	824,21	233,80	590,41	824,21	2.892,11	7.303,36	10.195,47	2,14 %	
1.2		BALDRAME										50.509,58	10,61 %
1.2.1	96526 SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA VIGA BALDRAME OU SAPATA CORRIDA (SEM ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÓRMAS). AF_01/2024	m³	23,4	183,70	138,07	45,63	183,70	3.230,84	1.067,74	4.298,58	0,90 %	
1.2.2	94968 SINAPI	CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1:4,5:4,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) -PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	2,74	400,47	47,26	353,21	400,47	129,49	967,79	1.097,28	0,23 %	
1.2.3	92763 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	120,92	8,21	0,65	7,56	8,21	78,60	914,15	992,75	0,21 %	
1.2.4	92762 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	623,42	9,76	1,01	8,75	9,76	629,65	5.454,92	6.084,57	1,28 %	
1.2.5	92760 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	3,12	11,72	2,35	9,37	11,72	7,33	29,23	36,56	0,01 %	
1.2.6	92759 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	219,1	12,49	3,55	8,94	12,49	777,81	1.958,75	2.736,55	0,58 %	
1.2.7	92423 SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 6 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	30,48	63,08	22,59	40,49	63,08	688,54	1.234,13	1.922,67	0,40 %	
1.2.8	92265 SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÓRMA PARA VIGAS, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	m²	197	98,61	26,20	72,41	98,61	5.161,40	14.264,77	19.426,17	4,08 %	
1.2.9	103669 SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m³	1,92	951,28	200,52	750,76	951,28	385,00	1.441,45	1.826,45	0,38 %	
1.2.10	96555 SINAPI	CONCRETAGEM DE BLOCO DE COROAMENTO OU VIGA BALDRAME, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_01/2024	m³	17,58	687,60	139,75	547,85	687,60	2.456,81	9.631,20	12.088,00	2,54 %	
2		SUPERESTRUTURA										397.871,19	83,60 %
2.1		TÉRREO										90.429,96	19,00 %
2.1.1	92764 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	148,28	7,94	0,45	7,49	7,94	66,73	1.110,61	1.177,34	0,25 %	
2.1.2	92763 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	258,82	8,21	0,65	7,56	8,21	168,23	1.956,68	2.124,91	0,45 %	
2.1.3	92762 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	684,72	9,76	1,01	8,75	9,76	691,57	5.991,29	6.682,86	1,40 %	
2.1.4	92760 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	3,09	11,72	2,35	9,37	11,72	7,26	28,95	36,21	0,01 %	
2.1.5	92759 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	236,82	12,49	3,55	8,94	12,49	840,71	2.117,17	2.957,88	0,62 %	
2.1.6	92770 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	7,29	10,53	1,19	9,34	10,53	8,68	68,08	76,76	0,02 %	
2.1.7	92769 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	1262,75	11,26	1,94	9,32	11,26	2.449,74	11.768,83	14.218,56	2,99 %	
2.1.8	92423 SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 6 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	75,84	63,08	22,59	40,49	63,08	1.713,23	3.070,75	4.783,98	1,01 %	
2.1.9	92456 SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	177,14	129,02	46,61	82,41	129,02	8.256,50	14.598,10	22.854,60	4,80 %	
2.1.10	92267 SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÓRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	m²	209,26	29,77	0,70	29,07	29,77	146,48	6.083,19	6.229,67	1,31 %	
2.1.11	101792 SINAPI	ESCORAMENTO DE FÓRMAS DE LAJE EM MADEIRA NÃO APARELHADA, PÉ-DIREITO SIMPLES, INCLUSO TRAVAMENTO, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m³	20,93	18,04	5,28	12,76	18,04	110,51	267,06	377,57	0,08 %	
2.1.12	103669 SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m³	3,74	951,28	200,52	750,76	951,28	749,94	2.807,84	3.557,78	0,75 %	
2.1.13	103675 SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m³	37,12	682,97	28,78	654,19	682,97	1.068,31	24.283,53	25.351,84	5,33 %	
2.2		TIPO										90.014,78	18,91 %
2.2.1	92764 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	36,56	7,94	0,45	7,49	7,94	16,45	273,83	290,28	0,06 %	
2.2.2	92763 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	245,32	8,21	0,65	7,56	8,21	159,46	1.854,61	2.014,07	0,42 %	
2.2.3	92762 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	737,28	9,76	1,01	8,75	9,76	744,65	6.451,20	7.195,85	1,51 %	
2.2.4	92760 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	0,44	11,72	2,35	9,37	11,72	1,03	4,12	5,15	0,00 %	
2.2.5	92759 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	244,89	12,49	3,55	8,94	12,49	869,36	2.189,31	3.058,67	0,64 %	
2.2.6	92770 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	7,29	10,53	1,19	9,34	10,53	8,68	68,08	76,76	0,02 %	
2.2.7	92769 SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	1262,75	11,26	1,94	9,32	11,26	2.449,74	11.768,83	14.218,56	2,99 %	
2.2.8	92423 SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 6 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	75,84	63,08	22,59	40,49	63,08	1.713,23	3.070,75	4.783,98	1,01 %	
2.2.9	92456 SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	177,14	129,02	46,61	82,41	129,02	8.256,50	14.598,10	22.854,60	4,80 %	
2.2.10	92267 SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÓRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	m²	209,26	29,77	0,70	29,07	29,77	146,48	6.083,19	6.229,67	1,31 %	
2.2.11	101792 SINAPI	ESCORAMENTO DE FÓRMAS DE LAJE EM MADEIRA NÃO APARELHADA, PÉ-DIREITO SIMPLES, INCLUSO TRAVAMENTO, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m³	20,93	18,04	5,28	12,76	18,04	110,51	267,06	377,57	0,08 %	
2.2.12	103669 SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m³	3,74	951,28	200,52	750,76	951,28	749,94	2.807,84	3.557,78	0,75 %	
2.2.13	103675 SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m³	37,12	682,97	28,78	654,19	682,97	1.068,31	24.283,53	25.351,84	5,33 %	

			ULTIMO TIPO																89.529,04	18,81 %	
2.3.1		92763	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	132,52	8,21	0,65	7,56	8,21	86,14	1.001,84	1.087,98	0,23 %							
2.3.2		92762	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	790,13	9,76	1,01	8,75	9,76	798,03	6.913,63	7.711,66	1,62 %							
2.3.3		92759	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	242,33	12,49	3,55	8,94	12,49	860,27	2.166,43	3.026,70	0,64 %							
2.3.4		92771	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	85,36	9,35	0,73	8,62	9,35	62,31	735,80	798,11	0,17 %							
2.3.5		92770	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	6,16	10,53	1,19	9,34	10,53	7,33	57,53	64,86	0,01 %							
2.3.6		92769	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	1180	11,26	1,94	9,32	11,26	2.289,20	10.997,60	13.286,80	2,79 %							
2.3.7		92423	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 6 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	75,84	63,08	22,59	40,49	63,08	1.713,23	3.070,75	4.783,98	1,01 %							
2.3.8		92456	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	173,08	129,02	46,61	82,41	129,02	8.067,26	14.263,52	22.330,78	4,69 %							
2.3.9		92267	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÓRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	m²	220,27	29,77	0,70	29,07	29,77	154,19	6.403,24	6.557,43	1,38 %							
2.3.10		101792	SINAPI	ESCORAMENTO DE FÓRMAS DE LAJE EM MADEIRA NÃO APARELHADA, PÉ-DIREITO SIMPLES, INCLUSO TRAVAMENTO, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m³	22,03	18,04	5,28	12,76	18,04	116,32	281,10	397,42	0,08 %							
2.3.11		103669	SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FOK = 25 MPA, COM USO DE BALDES - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m³	3,74	951,28	200,52	750,76	951,28	749,94	2.807,84	3.557,78	0,75 %							
2.3.12		103675	SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FOK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_P5	m³	37,96	682,97	28,78	654,19	682,97	1.092,49	24.833,05	25.925,54	5,45 %							
2.4			RESERVATÓRIO																10.780,10	2,27 %	
2.4.1	✓	92762	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	132,51	9,76	1,01	8,75	9,76	133,84	1.159,45	1.293,29	0,27 %							
2.4.2	✓	92759	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	41,8	12,49	3,55	8,94	12,49	148,39	373,69	522,08	0,11 %							
2.4.3	✓	92423	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 6 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	16,43	63,08	22,59	40,49	63,08	371,15	665,25	1.036,40	0,22 %							
2.4.4	✓	92456	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	31,81	129,02	46,61	82,41	129,02	1.482,66	2.621,46	4.104,12	0,86 %							
2.4.5	✓	103669	SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FOK = 25 MPA, COM USO DE BALDES - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m³	0,81	951,28	200,52	750,76	951,28	162,42	608,11	770,53	0,16 %							
2.4.6	✓	103683	SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FOK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO DE MULTIPAVIMENTOS ATÉ 04 ANDARES - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m³	2,49	1.226,38	407,16	819,22	1.226,38	1.013,83	2.039,85	3.053,68	0,64 %							
2.5			ALVENARIA																117.117,31	24,61 %	
2.5.1	✓	103362	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 19X19X29 CM (ESPESURA 19 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m²	1103,32	93,20	34,83	58,37	93,20	38.428,64	64.400,78	102.829,42	21,61 %							
2.5.2	✓	103360	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 14X19X29 CM (ESPESURA 14 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m²	171,52	76,30	30,52	45,78	76,30	5.234,79	7.852,18	13.086,97	2,75 %							
2.5.3	✓	103356	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X29 CM (ESPESURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m²	20,77	57,82	20,83	36,99	57,82	432,64	768,28	1.200,92	0,25 %							
Totais ~>																			118.490,51	357.413,92	475.904,43
																			Total sem BDI	475.904,43	
																			Total do BDI	0,00	
																			Total Geral	475.904,43	

APÊNDICE C – Projeto estrutural em alvenaria estrutural

APÊNDICE D – Projeto estrutural em concreto armado

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Patos - Código INEP: 25281925
	Br 110, S/N, Alto da Tubiba, CEP 58700-000, Patos (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0006-80 - Telefone: None

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TRABALHO DE CONSLUSÃO DE CURSO

Assunto:	TRABALHO DE CONSLUSÃO DE CURSO
Assinado por:	Bruno Camboim
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Bruno de Lima Camboim, DISCENTE (202116550040) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - PATOS, em 27/02/2026 09:31:24.

Este documento foi armazenado no SUAP em 27/02/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1781601
Código de Autenticação: d690c2ebc3

