

COMPARATIVO DE CUSTOS DE EDIFICAÇÕES DE PADRÃO ECONÔMICO REALIZADAS EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO E ALVENARIA ESTRUTURAL

Thauan Matheus de Lira Silva; Vanessa Maximo Fernandes.
Orientador: Profº Alexandre Iartelli

Resumo:

Este artigo apresenta a comparação de dois sistemas construtivos encontrados no mercado, sendo eles alvenaria de vedação e alvenaria estrutural, tendo o foco na economia, nos impactos ambientais, prazo de execução e segurança para obras de padrão econômico. Durante a pesquisa, o sistema de alvenaria estrutural ofereceu maiores vantagens, após a comparação entre os dois sistemas, pois apresentou custos nas obras mais atrativos, prazos de execução menores, índice de resíduos abaixo do convencional, uso menor de água e energia elétrica e maior segurança durante a execução. Para isso, buscou-se evidenciar os resultados por meio de um estudo de caso comparando dois prédios residenciais de padrão econômico com o mesmo número de andares e apartamentos, cada um executado em um sistema (estrutural e vedação). O segmento de padrão econômico foi escolhido nessa pesquisa devido seu índice de procura apresentar ser superior a edifícios de médio e alto padrão. A procura do primeiro imóvel entre jovens de 20 e 25 anos, para moradia ou renda extra, tem expandido muito no país e é um fato que também corrobora para a aplicabilidade do estudo, apresentando maior vantagem econômica. Contudo, o grupo entende que o sistema de alvenaria estrutural tem crescido diariamente no mercado, e com o avanço da tecnologia nas indústrias, tende a permitir que sejam realizados empreendimentos com maior número de pavimentos, pois atualmente há um limite de pavimentos, devido ao esforço aplicado diretamente nos blocos estruturais, prospectando assim, que o sistema de alvenaria estrutural seja maior requisitado, tendo impactos futuros nesse resultado.

Palavras-chave: Sistemas construtivos, Alvenaria Estrutural, Alvenaria de Vedação;

Abstract:

This article compares two building systems found on the market, sealing masonry and structural masonry, focusing on economy, environmental impacts, execution time and safety for works of economic standard. During the research, the structural masonry system offered greater advantages, after comparing the two systems, as it presented more attractive costs in works, shorter execution times, lower waste index than conventional, lower use of water and electricity and greater security during execution. For this, we sought to highlight the results through a case study comparing two low-income residential buildings with the same number of floors and apartments, each executed in a system (structural and closed). The low-income segment was chosen in this research because its demand index is higher than

medium and high-end buildings. The search for the first property among young people between 20 and 25 years old, for housing or extra income, has expanded a lot in the country and it is a fact that also corroborates the applicability of the study, presenting a greater economic advantage. However, the group understands that the structural masonry system has been on the market every day, and with the advancement of technology in industries, it tends to allow undertakings with a greater number of floors to be carried out, as there is currently a limit of floors, due to the effort applied directly to the integrated blocks, thus prospecting that the structural masonry system is in greater demand, having future effects on this result.

Keywords: Building systems, Structural masonry, Sealing masonry;

1. Introdução

O déficit habitacional (termo é usado para número de famílias sem moradias ou que vivem em situações precárias) cresceu no Brasil, segundo o último levantamento da Fundação João Pinheiro, parceria do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), [publicado em 31/03/2022](#), foi apontado que o Brasil tinha um déficit habitacional de 5,876 milhões de moradias em 2019, mas com a pandemia houve um aumento no número de pessoas despejadas.

Esse número foi apresentado antes mesmo da pandemia, pois após esse período o levantamento da Campanha Despejo Zero, entre agosto de 2020 e maio de 2022, diz que aumentou em 393% o número de famílias despejadas no Brasil.

Há hoje uma grande demanda por imóveis pelas classes C e D da sociedade brasileira, devido às facilidades de financiamento com baixas taxas de juros e subsídios, impulsionados por programas habitacionais do Governo Federal, aliado ao fato que 79% do déficit habitacional se concentra na população de baixa renda, ([Fundação Joao Pinheiro, 2019](#)). Assim, as empresas estão aumentando sua capacidade de construção, para produzir maior número de unidades em menor prazo, visto que neste segmento do mercado as margens são pequenas e o ganho é função da quantidade produzida. Logo, a escolha e utilização de um sistema construtivo adequado é de extrema importância para se obter resultados financeiros satisfatórios.

Os empreendimentos habitacionais de múltiplos pavimentos de interesse social se caracterizam pela grande quantidade de unidades, curto prazo para execução e baixo preço de venda, com pequena margem de lucro. Logo, é extremamente importante utilizar um sistema construtivo que seja rápido, racional e economicamente viável. Também é necessário que o sistema não gere retrabalhos ou manifestações patológicas graves, pois desvios nos custos podem comprometer o resultado financeiro do empreendimento.

A alvenaria estrutural vem ganhando grande impulso, nas últimas décadas no Brasil, devido à racionalização que este sistema propicia. Segundo seus defensores, o sistema reduz consideravelmente o consumo de materiais e o desperdício, porém requer a utilização de mão de obra qualificada, visto que as paredes possuem função estrutural e necessitam de adequado controle de execução. Do outro lado está a alvenaria de vedação, um sistema construtivo tradicional, difundido e largamente empregado há muito tempo em todos os tipos de edificações. O presente estudo tem o objetivo de comparar esses sistemas, considerando sua aplicação na execução de um empreendimento habitacional de múltiplos pavimentos de interesse social, a fim de se verificar qual sistema resulta em menor custo e menor prazo de execução.

"A Construção Civil, de acordo com os resultados do Produto Interno Bruto (PIB), calculado e divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cresceu 2,7% no 2º trimestre/22 em relação aos primeiros três meses do ano. Assim, o incremento do setor supera o registrado pela economia nacional, que no mesmo período apresentou expansão de 1,2%." ([Informativo Econômico do Banco de Dados da CBIC - 01/09/2022](#)).

Como resultado da representatividade desses números na economia nacional e impulsionada pelos constantes avanços tecnológicos do setor, a área da construção civil está sempre em busca de soluções alternativas que visam a maior eficiência e produtividade nos canteiros de obra.

1.1 Justificativa

Este trabalho contém a apresentação do tema, com discussão de sua importância e justificativa de escolha. Também é apresentado o método de pesquisa, descrevendo os objetivos. Logo após se encontra-se a revisão bibliográfica, na qual se faz a apresentação das características dos sistemas construtivos, das vantagens e desvantagens e informações preliminares sobre custos de cada sistema. Então é feita a apresentação do empreendimento-padrão que serve de base para o estudo, os quantitativos de insumos e respectivos custos e o custo total para cada sistema construtivos. E finalmente, a análise dos resultados e considerações finais.

No Brasil as residências populares em sua grande maioria são fabricadas em sistema de alvenaria estrutural. Apesar desse processo construtivo estar amplamente difundido no meio da construção civil, as vantagens da escolha de um imóvel construído por esse processo são pouco conhecidas.

Tendo-se como base de estudo as moradias populares e entendendo-se o pouco acesso a informações técnicas às quais o consumidor alvo tem acesso, apoiado pela falta de informações na hora da negociação do imóvel, faz-se necessário um estudo de comparação que seja proveitoso para as partes envolvidas, inclusive o consumidor final.

1.2 Objetivos

O objetivo geral dessa pesquisa é analisar a economia na execução de moradias populares de acordo com as características dos processos construtivos da alvenaria estrutural e da alvenaria de vedação, durante a execução de uma obra. Os objetivos específicos são definir e analisar os processos construtivos e as vantagens da alvenaria estrutural por meio de referencial teórico, análise dos resultados de uma pesquisa pública sobre conhecimento dos sistemas construtivos e a comparação dos custos de cada tipo de método construtivo baseada em levantamentos quantitativos de um estudo de caso de dois prédios residenciais.

2. Revisão Bibliográfica

Nesse capítulo vamos ser efetuada a descrição dos dois sistemas construtivos comparados, indicando também as vantagens de cada um.

2.1. Sistema construtivo em Alvenaria Estrutural

“Chamamos de alvenaria o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso” (TAUIL E NESSE, 2010). Neste sistema construtivo entendem-se como alvenaria estrutural as paredes da edificação que agem com função estrutural, desempenhando a função de absorção e distribuição das cargas recebidas, não sendo necessário o emprego de vigas e pilares para sustentação do edifício. “O principal conceito estrutural ligado à utilização da alvenaria estrutural é a transmissão de ações através de tensões de compressão. Esse é o conceito crucial a ser levado em conta quando se discute a alvenaria como processo construtivo para elaboração de estruturas” (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

Com o desenvolvimento desse sistema construtivo, percebeu-se que uma alternativa interessante para execução dos vãos seriam os arcos. Nesse caso, de forma a se garantir o preceito básico da não existência de tensões de tração com valores significativos. Dessa forma puderam ser executadas pontes, catedrais e muitas obras de grande beleza e durabilidade, obtendo-se um salto de qualidade para sistema construtivo.

Na concepção do projeto é de suma importância a compatibilização dos projetos elétricos, hidrossanitários e arquitetônicos, visando obter uma estrutura coesa, economicamente viável, racionalizada, segura e funcional, assim atendendo todas as conformidades técnicas e normativas.

Uma forma de racionalizar e ter uma estrutura coesa é mantendo um layout piloto com paredes coincidentes nos diversos pavimentos, eliminando a necessidade de estruturas de transição de carga e/ou elementos auxiliares. Atenta-se para a dupla função das paredes nesse sistema construtivo: resistência e vedação.

2.1.1 Apresentação do sistema construtivo

A alvenaria estrutural é definida como um sistema construtivo em que as paredes são elementos resistentes capazes de suportarem outras cargas além do seu peso próprio (PENTEADO, 2003, p. 53).

Neste sistema, a estrutura é executada concomitantemente com as paredes de vedação, pois estas, como salienta Hendry (1990, p. 1), desempenham várias funções ao mesmo tempo, dentre as quais: estrutural, de divisão de espaços, de isolante térmico e acústico e ainda, de proteção contra o fogo.

Os principais elementos constituintes da estrutura em alvenaria, segundo Ramalho e Corrêa (2003, p. 6) são: bloco, argamassa, graute e aço.

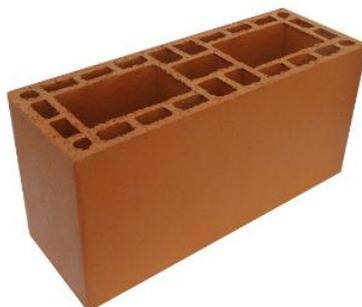
2.1.2 Blocos estruturais

De acordo com a NBR 16868-1:2020, a definição de bloco estrutural que será utilizado na edificação é de suma importância. Para tanto, devemos levar em consideração todas as características dos produtos e materiais existentes no mercado, bem como, onde será construído o edifício, para uma tomada de decisão segura, economicamente viável e sustentável.

O bloco é o componente básico e o principal responsável pela definição das características resistentes da estrutura (RAMALHO E CORRÊA, 2003), pois eles compõem as paredes de alvenaria, que por sua vez devem ser dimensionadas para resistirem à basicamente quatro tipos de esforços: compressão, cisalhamento, flexões no plano e flexões fora da alvenaria. A solicitação mais importante das forças atuantes em uma parede estrutural é a compressão, esforço este que provém das cargas verticais de peso próprio e das cargas acidentais dos edifícios. As cargas de compressão são os esforços nos quais a alvenaria estrutural apresenta melhor resistência.

As cargas laterais aplicadas provenientes principalmente da ação do vento geram tensões em duas direções distintas, em relação ao plano da parede. As solicitações de flexão e cisalhamento no plano das alvenarias ocorrem nas paredes de contraventamento, através da transmissão de esforços por meio das lajes nelas apoiadas, estas por sua vez que recebem o carregamento transmitido pelas paredes da fachada. As forças de flexão no plano geram tensões adicionais de compressão em uma das extremidades das paredes e de tração na outra. As tensões geradas por cisalhamento devem ser suportadas e absorvidas pela aderência dos blocos à argamassa nos planos definidos nas juntas horizontais.

Figura 1 – Blocos cerâmicos estruturais



Fonte: Cerâmica e Olaria ABCD

2.1.3 Argamassa

A argamassa de assentamento é o elemento de ligação entre as unidades de alvenaria, normalmente composta de cimento, areia e cal. A NBR 16868-1:2020 especifica que a espessura da junta horizontal entre blocos deve ser igual a 10 mm, exceto nos casos em que se especifique a adoção de um outro valor.

A argamassa possui, entre outras finalidades:

- Solidarizar as unidades, transferindo as tensões de maneira uniforme entre elas;
- Distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede;
- Absorver pequenas deformações à que a alvenaria está sujeita;
- Compensar as irregularidades dimensionais das unidades de alvenaria;
- Selar as juntas contra a entrada de água e vento nas edificações.

2.1.4 Graute

O graute é a mistura de cimento Portland com agregados miúdos (areia, quartzo, sílica, cal, pedrisco e água). Semelhante ao concreto convencional, a sua consistência fluida favorece o preenchimento de vazios em locais de difícil acesso, dispensando o uso de vibradores para o seu adensamento.

Vale ressaltar que o graute deve atender também as condições de resistência necessárias à compressão dos blocos estruturais ou maior. Agindo de forma a integrar a alvenaria estrutural com a armadura, de modo a formar um único elemento.

Ensaio de resistência à compressão axial deve ser realizado, moldando-se ao menos 6 corpos de prova por lote. Recomenda-se a construção adicional de igual número de exemplares para eventual contraprova.

Graute industrializado preparado em obra: seguir o mesmo critério de composição de lotes prescrito para argamassas.

Graute usinado: considerar cada betoneira como um lote.

A moldagem dos corpos de prova, bem como o ensaio de resistência à compressão devem ser feitos de acordo com a norma pertinente.

O lote de graute é aceito se o valor característico da amostra ou contraprova for maior ou igual ao especificado no projeto.

2.1.5 Aço

Com relação à armadura, as barras de aço utilizadas são as mesmas empregadas nas estruturas de concreto armado, mas neste caso, sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria, já que se considera que o conjunto trabalhe monoliticamente (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Normalmente, nas vergas, contra-vergas e última fiada, quando preenchidas com graute, utiliza-se a treliça metálica, com 8 cm de altura, banzo superior na bitola de 6 mm e banzo inferior e diagonal na bitola de 4,2 mm.

2.1.6 Vantagens do sistema de alvenaria estrutural

Tratando-se de material, esse sistema se apresenta no cenário atual cada vez mais como uma solução, principalmente no que tange aos custos de uma edificação.

Isso se dá principalmente pelo fato de que, as edificações de alvenaria estrutural necessitam de aço apenas em pontos detalhados em projetos, sendo eles entre os blocos na vertical e em duas fiadas na horizontal (5ª ou 6ª fiada, variando de acordo com projeto; e penúltima fiada, como respaldo), ou seja, consumo menor de aço. Analisando-se quanto aos volumes de concreto, o volume é consideravelmente menor, pois em projeto não são utilizados pilares e vigas. O elemento que mais irá consumir esse insumo será a laje maciça presente nos pavimentos. Quanto à utilização das formas, ela é somente aplicada para as lajes e vãos de portas e janelas.

Referente à mão de obra, o sistema de alvenaria estrutural apresenta-se mais atrativo economicamente, pois dispensa a necessidade de utilização de mão de obra de carpintaria e armadores.

A mão de obra para alvenarias estruturais acaba tornando-se simplificada, cujos pedreiros e serventes totalizam um número bem menor comparando as equipes de estrutura convencional (carpinteiros, armador, bloqueiro, serventes).

Já com relação ao prazo, na execução de um prédio em alvenaria estrutural, os ciclos de cada pavimento finalizados tornam-se mais rápidos pois os projetos aperfeiçoam cada vez mais as paredes de um pavimento, buscando traçar modulações para facilitar a execução de cada alvenaria. E ainda, uma vez que na execução de um pavimento todas as alvenarias estejam finalizadas, não há a necessidade de aguardar os serviços de desforma de pilares e vigas. Ao término da execução do pavimento, o andar já está totalmente vedado com blocos. Em casos de apartamentos que haja

sacada, terraço ou área de serviço, o gradil ou guarda corpo é instalado juntamente com a elevação da alvenaria, trazendo mais segurança aos operários.

Em relação ao material e à mão de obra, as quantidades são menores desde os arremates na estrutura até as fases de acabamentos e revestimentos internos, pois nas alvenarias estruturais o prumo tem que ser garantido praticamente sem tolerância alguma, dispensando a necessidade de reboco, possibilitando o assentamento de revestimento cerâmico direto no bloco, ou ainda no caso de aplicação de gesso liso, permitindo a aplicação com espessura de meio centímetro. Os pontos de bicheiras são bem menos frequentes, já que a laje é o único elemento estrutural que precisa vibrar o concreto.

Na questão de sistemas de proteções e segurança, a alvenaria estrutural também apresenta maior economia, pois à medida que o pavimento finalizado já está vedado, com gradis instalados, os serviços de instalação de caixilhos de alumínio já estão liberados para instalação. Dessa forma os vãos fechados trazem maior segurança contra as quedas em altura para os funcionários que executam os serviços subsequentes.

Não obstante, a organização, limpeza e geração de resíduos para esse sistema também apresenta um índice de economia, pois nele não há rasgos nos blocos para passagem de eletrodutos corrugados, já que tendo os furos nos blocos verticalmente, os serviços de elétrica sobem juntamente com a elevação da alvenaria, gerando dessa forma menos entulhos com quebras e rasgos de bloco.

Da mesma forma, os serviços de instalações hidráulicas não demandam necessidade de rasgos em alvenarias ou quebras nas estruturas. São realizados através de passantes nas lajes para as prumadas, captação de águas pluviais e redes de esgoto; e alimentação de água via redes aéreas (tubulação pex).

Quanto ao uso das formas, a demanda de formas de madeira que seriam elementos que aparecem com bem menos frequência nos projetos de alvenaria estrutural, conforme já mencionado, gerando economia de recursos naturais que seriam necessários para a fabricação dessas peças.

2.2 Sistema construtivo em Alvenaria Vedação

Alvenaria de vedação, ou também conhecido como sistema de concreto armado, tem como função compartimentar espaços, e os espaços de sua estrutura são preenchidos com concreto armado, aço ou demais estruturas.

Sendo assim, essa estrutura suporta seu próprio peso e demais estruturas que possam ser colocadas verticalmente, como armários de paredes, redes e outras coisas, desde que seja feito o devido cálculo e a considerações dos fatores externos para determinar se a estrutura será capaz de suportar a carga.

Apesar do uso das alvenarias existir desde a antiguidade, atualmente o conhecimento adquirido está sendo relativizado em função dos avanços do meio construtivo. Edifícios atuais atingem alturas

cada vez mais elevadas; as estruturas foram flexibilizadas com o surgimento dos elementos estruturais pilares e lajes, eliminando grande parte das vigas. Em algumas obras, os contrapisos são eliminados, a tecnologia predial sofre sofisticação (circuitos internos de televisão, controles remotos, segurança, instalações de lógica, aspiração central, entre outras). Os projetos de alvenaria e até mesmo os arquitetônicos adequam-se ao comportamento mecânico e a coordenação dimensional das paredes com outros elementos da obra, como caixilhos e vãos estruturais.

2.2.1 Apresentação do sistema construtivo

A alvenaria de vedação é bastante difundida e utilizada devido à fácil adaptação da estrutura ao projeto arquitetônico, não sendo este dependente daquele e permitindo construções arrojadas com grandes vãos e alturas. Também possibilita a personalização dos espaços internos, sendo atualmente um forte argumento de venda para os empreendimentos habitacionais.

Os elementos estruturais básicos presentes em alvenaria de vedação, são os pilares, vigas, lajes e blocos cerâmicos de vedação.

2.2.2 Pilares

Os pilares são elementos lineares de eixo reto, dispostos na vertical que recebem basicamente esforços de compressão, oriundos do peso próprio da estrutura além de outras cargas.

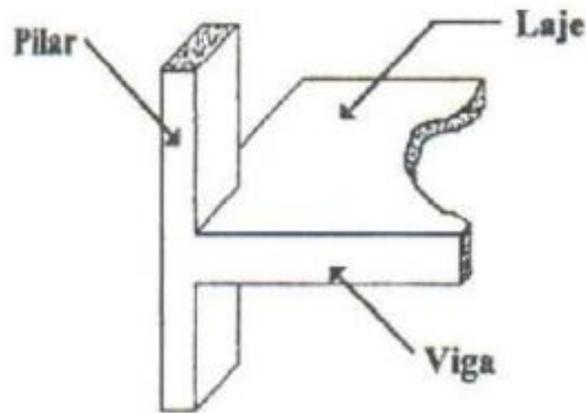
2.2.3 Vigas

Já as vigas são elementos lineares basicamente dispostos na horizontal, nas quais o esforço preponderante é o de flexão.

2.2.4 Lajes

Por fim a laje ou placa é um elemento estrutural laminar de superfície plana sujeito principalmente a ações normais ao seu plano e normalmente constituem os pisos dos edifícios.

Figura 2: Estrutura linear sistema de alvenaria de vedação



Fonte: (RICHTER, 2007 b, p. 7)

2.2.5 Blocos cerâmicos

São blocos de vedação que possuem estrutura vazada, tendo seus septos feitos na horizontal que integra alvenarias de vedação intercaladas nos vãos de estruturas de concreto armado. Utilizado na alvenaria de vedação, é usado na estruturação convencional com lajes, pilares e vigas. Pode ser de concreto ou cerâmico, amplamente utilizado para fazer o fechamento de paredes. Os seus furos feitos na horizontal facilitam a passagem de tubulações e fios.

Figura 3 – Bloco cerâmico de vedação



Fonte: Cerâmica e Olaria ABCD

2.2.6 Vantagens do sistema de alvenaria de vedação

"O concreto armado possui inúmeras vantagens sobre os demais materiais estruturais, como: economia; facilidade de execução em diversos tipos de fôrmas; resistência ao fogo, aos agentes atmosféricos e ao desgaste mecânico; praticamente não requer manutenção ou conservação; permite facilmente a construção de estruturas hiperestáticas (com reservas de segurança)." (ARAÚJO, 2003, p. 2)

Também pode-se destacar a disponibilidade de mão de obra com experiência no mercado, visto que por muito tempo foi o sistema utilizado para as construções de múltiplos pavimentos, principalmente no setor habitacional.

A possibilidade de alteração no layout do empreendimento em curto e longo prazo devido os blocos não terem função estrutural, seus espaços apresentaram metragens relativamente maiores do que em outro sistema.

2.3 Demanda dos métodos construtivos

A procura por apartamento de alvenaria de vedação no mercado atual é por pessoas de classe A e B. São apartamentos caracterizados por terem maior área quadrada e possibilita ao cliente o benefício de realizar modificações de curto e longo prazo no layout de disposição das paredes da alvenaria.

A alvenaria de vedação não é um método construtivo que traz a acessibilidade e racionalização, pois requer em sua estrutura os elementos de pilar, viga e laje. Os blocos têm somente a vedação, e esses fatores externos fazem com que o custo total da obra seja mais elevado do que a alvenaria estrutural, dessa forma aumentando proporcionalmente o preço dos imóveis no mercado.

A alvenaria estrutural está cada vez mais popular no mercado, porque além do custo-benefício dos apartamentos ser mais atraente do que os de vedação, também abrange programas de inclusão de moradias e, como o foco são construções populares, essa técnica construtiva acessível traz ao cliente a facilidade de ter até 360 meses para a quitação de seu imóvel. Esse preço inferior se dá pela forma de construção mais econômica, simples e rápida de se construir. As obras são mais rápidas porque os blocos são montados prontos, desta forma ganha-se em mais de um lado: na entrega, no prazo e no custo do empreendimento por utilizar esse tipo de material que é o mais simples e um dos mais econômicos do mercado. Outro indicador é a redução no uso do concreto - os blocos são a própria estrutura, e podem receber os eletrodutos com fiações elétricas e canos hidráulicos no seu interior.

Na situação atual da população brasileira, as construções de baixo padrão estão sendo as mais requisitadas do mercado, porque trazem facilidades no processo de fechamento de contrato, como o longo prazo de quitação do imóvel, preços mais inferiores do mercado e acessibilidade no processo de inclusão ao público de baixa renda.

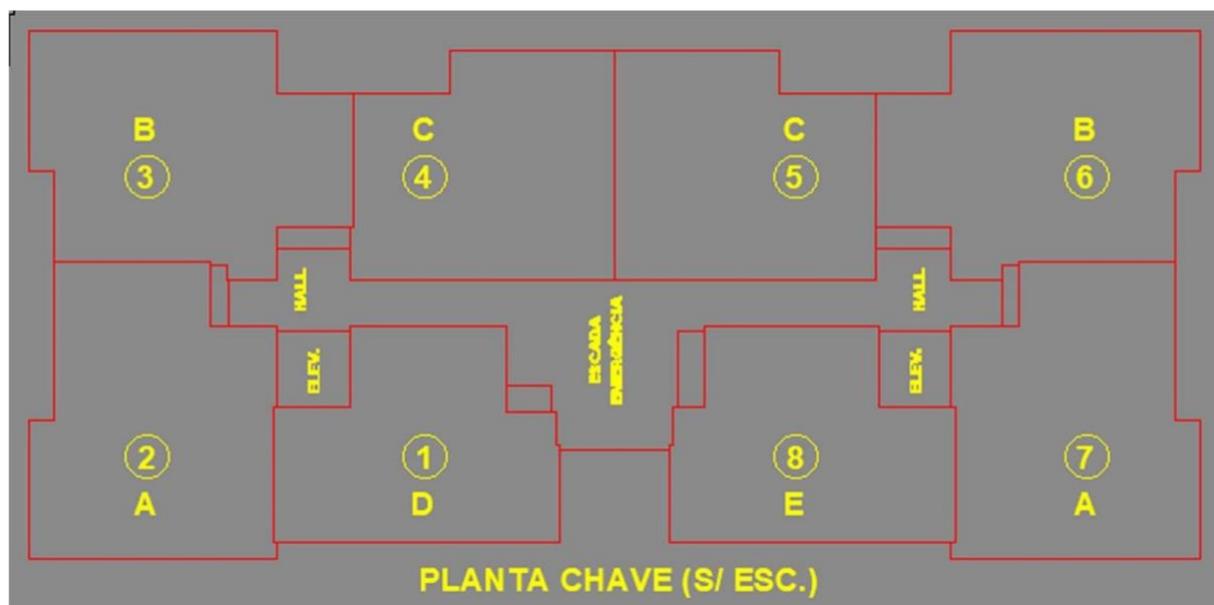
3. Materiais e métodos

3.1 Comparação de custos entre sistema de alvenaria estrutural e alvenaria de vedação

O presente trabalho efetuou pesquisas exploratórias sob fins de comparação de custos entre dois empreendimentos de padrão econômico com edifícios idênticos, tendo o mesmo número de apartamentos por andar e a mesma quantidade de pavimentos, sendo cada um deles executado de acordo com os sistemas de construção mais utilizados no Brasil: alvenaria estrutural e alvenaria de vedação.

Ambos os projetos consistem em 01 Torre residencial com 13 pavimentos tipos, 3 sobressolos, térreo, átrio, e cobertura, sendo 08 unidades autônomas por pavimento com metragens de 33m², 33,9m², 37m² e 44m² cada, totalizando 104 unidades tipo, e uma área construída total de 9.644,65 m².

Figura 4 – Planta chave – pavimento tipo (sem escala)



Fonte: Compilação do autor.

Como o principal objetivo desse da pesquisa é a realização do comparativo de custos referentes a alvenaria dos dois sistemas, será considerado para ambas as edificações o 4º pavimento (pavimento tipo) como objeto de análise. Entende-se que o 4º pavimento tipo desse empreendimento representa a média dos valores para os componentes de aço, argamassa e blocos, pois no sistema de alvenaria estrutural, as resistências e as bitolas das barras de aço sofrem alteração de acordo com a elevação dos pavimentos do empreendimento. Da mesma forma, os empreendimentos de alvenaria de vedação possuem uma taxa de aço mais elevada nos primeiros pavimentos. Foram desconsideradas

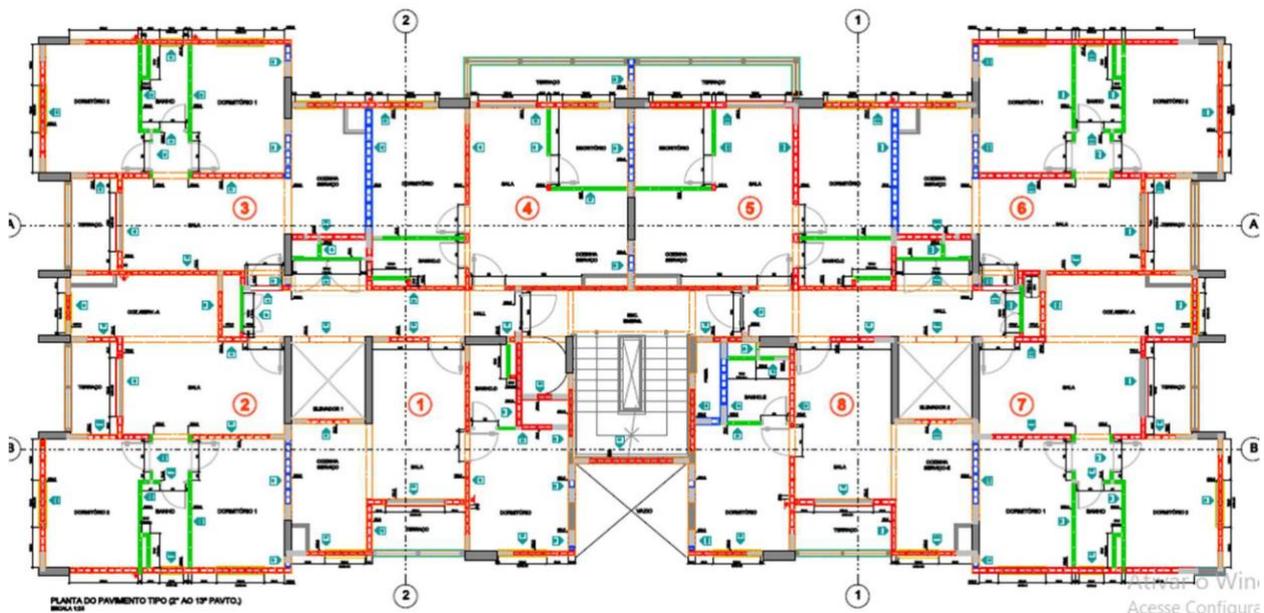
todas a fase de obra que incorrem os custos de superestrutura. Serão analisados os custos diretos obtidos na execução de um pavimento, demonstrados em tabelas com seus respectivos valores unitários. Todos os quantitativos foram realizados com a utilização dos softwares Excel e AutoCad 2022 através das plantas disponibilizadas.

3.2 Levantamento e quantitativo de custos – Alvenaria de vedação

3.2.1 Blocos

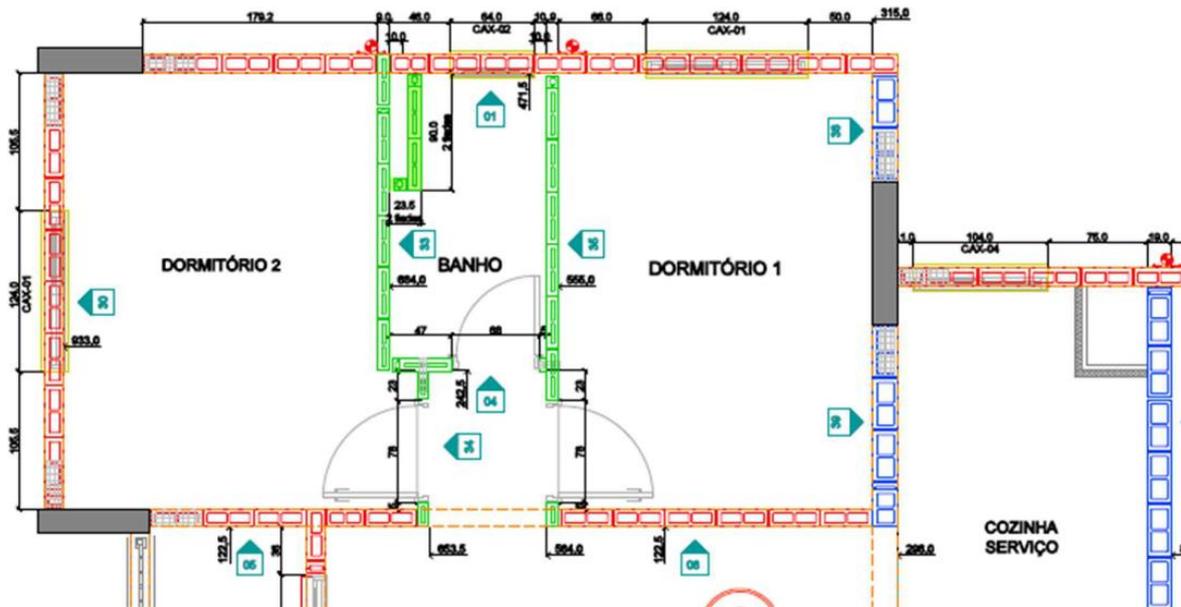
Seguiu-se o projeto de marcação de 1ª fiada do pavimento tipo para levantamento dos blocos de um andar completo. Levantou-se todo o perímetro das paredes de acordo suas respectivas espessuras e multiplicou-se pelo pé direito de 2,65 m, descontando vãos de caixilhos de alumínio, ferro e madeira e as alturas de vigas e lajes conforme especificação de projeto. A Tabela 1 apresenta o quantitativo de blocos por espessura e os respectivos valores unitários praticados atualmente.

Figura 5 – Planta de marcação da 1ª fiada do pavimento tipo



Fonte: Compilação do autor.

Figura 6 – Ampliação do projeto de marcação da 1ª fiada – Apartamento final 3



Fonte: Compilação do autor.

Figura 7 – Legenda de blocos de concreto de vedação

LEGENDA DE BLOCOS

-  Bloco de concreto - 39 X 09
-  Bloco de concreto - 29 X 09
-  Bloco de concreto - 19 X 09
-  Bloco de concreto - 09 X 09
-  Bloco de concreto - 04 X 09

-  Bloco de concreto - 39 X 14
-  Bloco de concreto - 29 X 14
-  Bloco de concreto - 19 X 14
-  Bloco de concreto - 09 X 14
-  Bloco de concreto - 04 X 14

-  Bloco de concreto - 39 X 19
-  Bloco de concreto - 29 X 19
-  Bloco de concreto - 19 X 19
-  Bloco de concreto - 09 X 19
-  Bloco de concreto - 04 X 19

Fonte: Compilação do autor.

Tabela 1 – Custos de blocos de concreto 4º pavimento – Vedação

ESTRUTURA CONVENCIONAL - BLOCOS DE 4º PAV			
DIMENSÕES / BLOCOS	LARGURA 19	LARGURA 14	LARGURA 9
C = 4	102	553	214
C = 9	71	453	100
C = 19	258	851	262
C = 29	21	291	117
C = 39	634	2563	688
TOTAL	1086	4711	1381
PREÇO UNITÁRIO*	R\$ 2,15	R\$ 3,57	R\$ 1,44
VALOR:	R\$ 2.334,90	R\$ 16.818,27	R\$ 1.988,64
TOTAL GERAL	R\$ 21.141,81		
*Referência: OTERPREM PREMOLDADOS DE CONCRETO LTDA			

Fonte: OTERPREM PREMOLDADOS DE CONCRETO LTDA

3.2.2 Aço

Através de tabelas resumo referentes aos elementos estruturais das vigas, pilares e lajes de acordo com as folhas dos projetos de estrutura numeradas na tabela, foram realizados os levantamentos quantitativos das armações para estrutura do 4º pavimento. A Tabela 2 apresenta os valores de aço em kg e os respectivos custos unitários do peso de cada bitola:

Tabela 2 – Quantitativo de aço para o 4º pavimento conforme tabela resumo de cada projeto

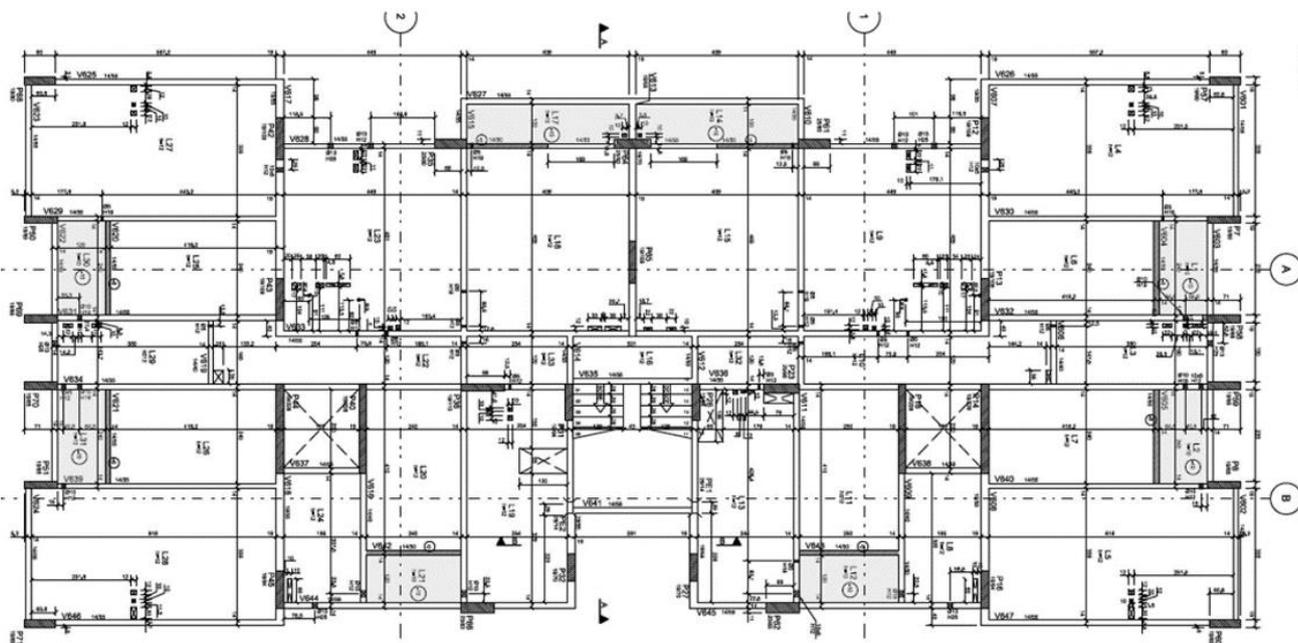
ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO - AÇO DO 4º PAV											
PROJETO	REV.	ELEMENTO	Ø 5,0	Ø 6,3	Ø 8,0	Ø 10,0	Ø 12,5	Ø 16,0	Ø 20,0	Ø 25,0	Ø 32,0
EST-118	0	PILAR	81,00	442,00	0,00	159,00	1008,00	64,00	0,00	0,00	0,00
EST-165	0	VIGA	74,00	148,25	53,50	292,50	162,50	213,00	399,25	124,50	0,00
EST-166	0	VIGA	131,50	26,50	6,00	207,00	166,50	159,50	0,00	0,00	0,00
EST-167	0	VIGA	80,25	33,50	21,25	194,50	132,25	43,75	0,00	0,00	0,00
EST-174	1	LAJE	460,75	402,17	420,17	26,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EST-175	1	LAJE	45,67	779,67	131,42	165,08	44,17	0,00	0,00	0,00	0,00
EST-176	0	ESCADA	0,00	11,25	81,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL / BITOLA			873,17	1843,34	713,76	1045,00	1513,42	480,25	399,25	124,50	0,00
VALOR UNITÁRIO DO AÇO			Ø 5,0	Ø 6,3	Ø 8,0	Ø 10,0	Ø 12,5	Ø 16,0	Ø 20,0	Ø 25,0	Ø 32,0
RERÊNCIA "Udiaço"(abr/22)			R\$ 9,99	R\$ 8,31	R\$ 8,31	R\$ 7,97	R\$ 8,43	R\$ 7,64	R\$ 7,64	R\$ 7,64	R\$ 8,69
VALOR:			R\$ 8.722,97	R\$ 15.318,16	R\$ 5.931,35	R\$ 8.328,65	R\$ 12.758,13	R\$ 3.669,11	R\$ 3.050,27	R\$ 951,18	R\$ 0,00
VALOR TOTAL:											R\$ 58.729,81

Fonte: Compilação do autor.

3.2.3 Estrutura

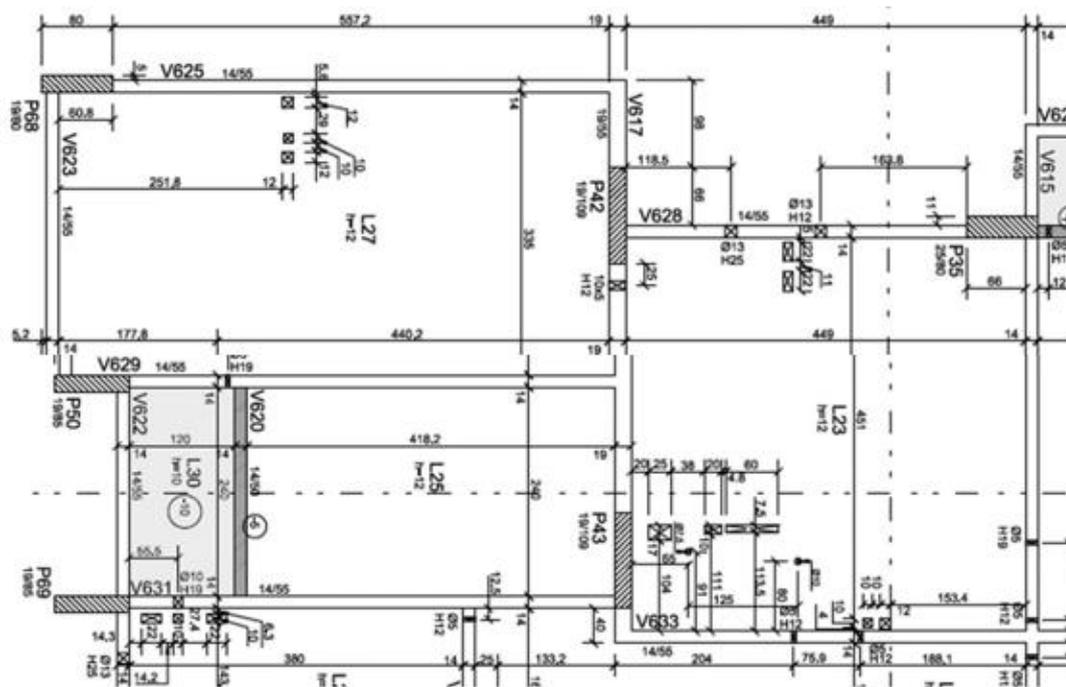
Os quantitativos de forma, mão de obra de estrutura e volume de concreto presentes nas lajes, pilares e vigas foram levantados conforme projetos de forma do pavimento disponíveis na plataforma AutoDoc Projetos. Os valores dos insumos referentes à estrutura foram consultados no histórico do empreendimento.

Figura 8 – Projeto de forma do Tipo - 2º ao 13º



Fonte: Compilação do autor.

Figura 9 – Ampliação do projeto de forma – apartamento final 3



Fonte: Compilação do autor.

Tabela 3 – Levantamento quantitativo de volume de concreto, área de forma e mão de obra conforme projeto de forma

ESTRUTURA CONVENCIONAL - 4º PAV					
Quantidades	Levantamento	Custo Unitário		TOTAL	
Concreto Usinado 35 Mpa (m ³) *	78,79	R\$	400,00	R\$	31.516,00
Forma (m ²) **	551,53	R\$	97,08	R\$	53.542,53
Mão de obra (R\$/m ³) ***	78,79	R\$	528,00	R\$	41.601,12
TOTAL				R\$	126.659,65
* Referência: POLIMIX CONCRETO LTDA					
** Referência: SULFORMAS					
*** Referência: Negociado via suprimentos					

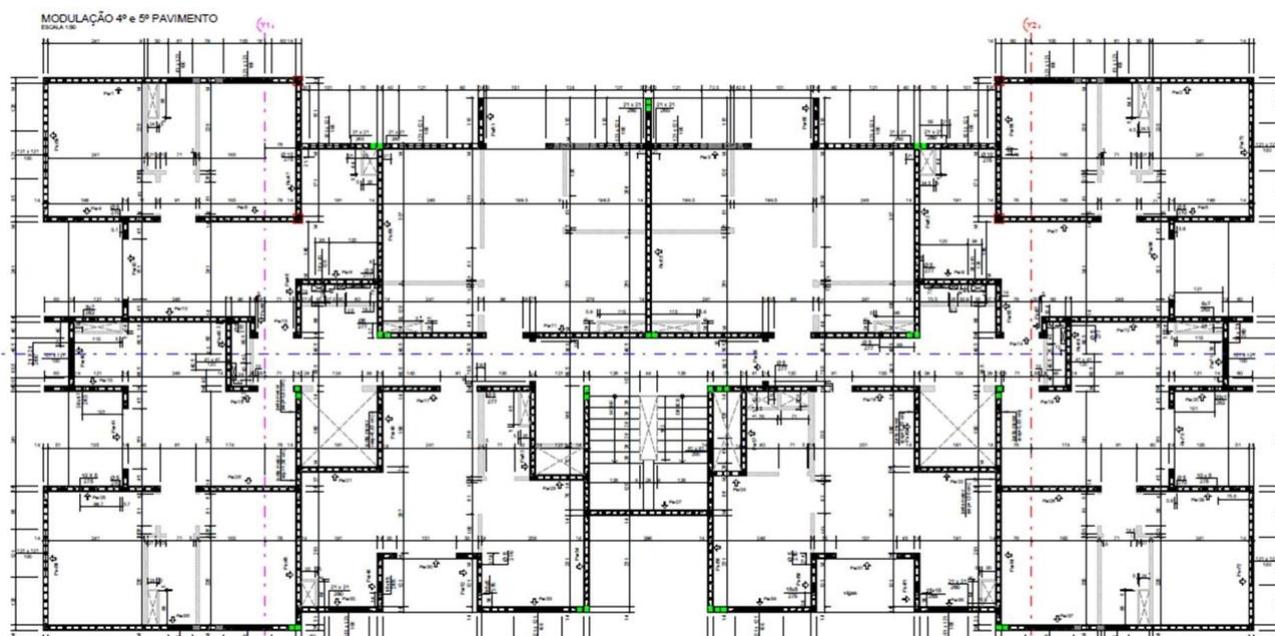
Fonte: Compilação do autor.

3.3 Levantamento e quantitativo de custos – Alvenaria estrutural

3.3.1 Blocos

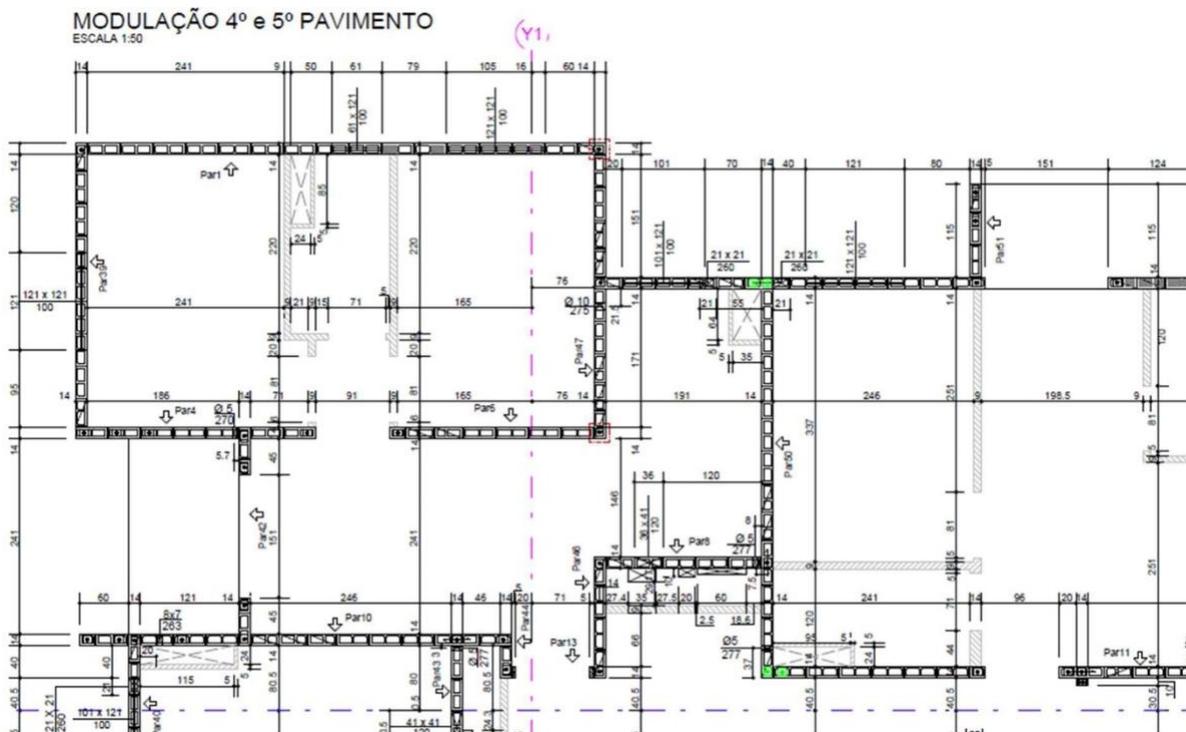
Através do projeto de modulação das alvenarias estruturais, foi realizado o levantamento quantitativo seguindo os mesmos critérios adotados para o levantamento de blocos de alvenaria de vedação para os descontos de vãos dos caixilhos de alumínio, ferro e madeira. Foram levantados os perímetros das paredes de alvenaria dos blocos de 14 cm, porém sem a necessidade de descontar as alturas de vigas e qualquer interferência de pilares, considerando o pé-direito de 2,65 m para as elevações até a face inferior da laje maciça (piso-teto).

Figura 10 – Projeto de modulação do 4º pavimento



Fonte: Compilação do autor.

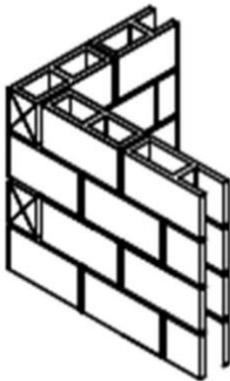
Figura 11 – Ampliação do apartamento final 3



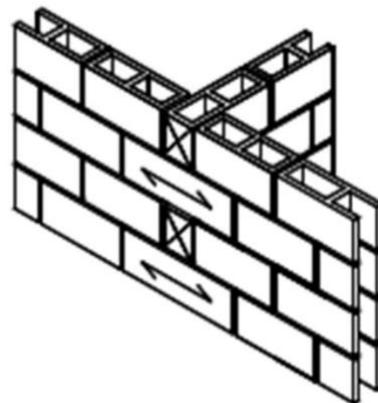
Fonte: Compilação do autor.

Figura 12 – Ampliação do apartamento final 3

DETALHE DE AMARRAÇÃO EM "L"



DETALHE DE AMARRAÇÃO EM "T"



Fonte: Compilação do autor.

Figura 13 - Legenda de armação por septo

LEGENDA ARMAÇÃO POR SEPTO
ESCALA 1:25



Fonte: Compilação do autor.

Tabela 4 – Custos de blocos de concreto 4º pavimento – Estrutural

ALVENARIA ESTRUTURAL - BLOCOS DE 4º PAV							
TIPO	BLOCO INTEIRO	MEIO BLOCO	BLOCO DE AMARRAÇÃO T	BLOCO DE AMARRAÇÃO L	BLOCO COMPENSADOR	MEIA CANALETA	CANALETA
BLOCO DE 14cm DE 12 Mpa	3865	524	228	1518	250	64	586
PREÇO UNITÁRIO*	R\$ 4,99	R\$ 2,65	R\$ 4,80	R\$ 4,80	R\$ 1,35	R\$ 3,15	R\$ 6,34
VALOR:	R\$ 19.286,35	R\$ 1.388,60	R\$ 1.094,40	R\$ 7.286,40	R\$ 337,50	R\$ 201,41	R\$ 3.715,24
TOTAL GERAL							R\$ 33.309,90

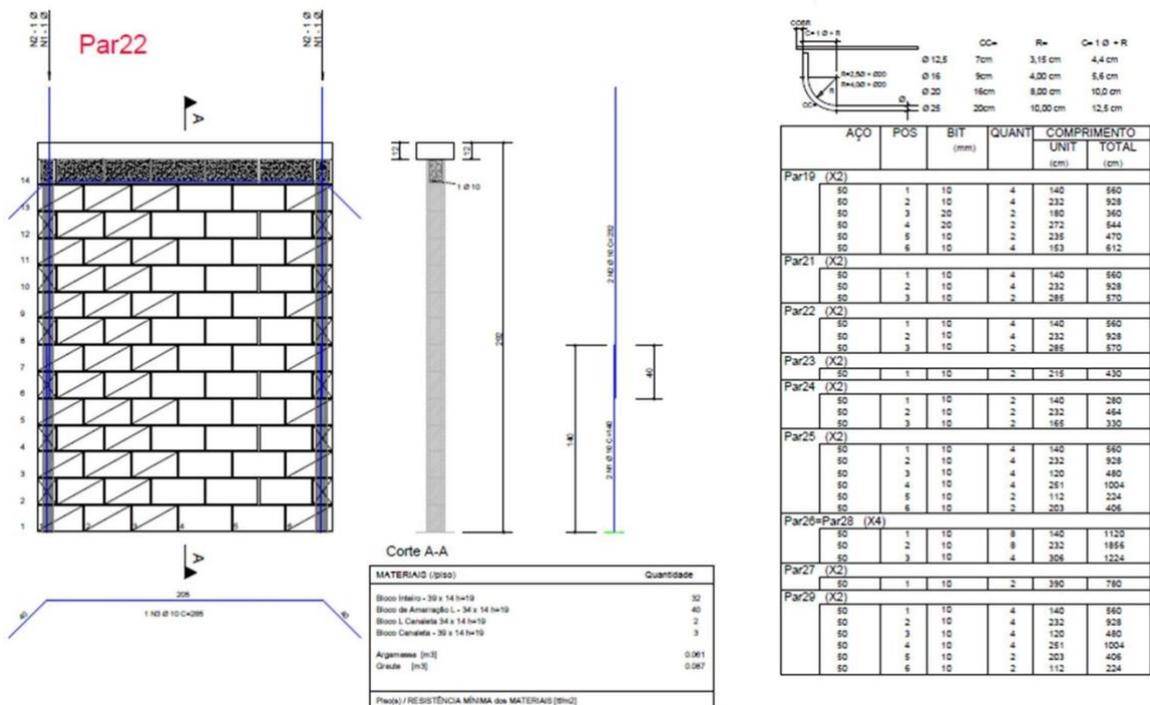
*Referência: OTERPREM PREMOLDADOS DE CONCRETO LTDA

Fonte: Compilação do autor.

3.3.2 Aço

O levantamento quantitativo do aço foi realizado através das planilhas de resumo presentes nos projetos de elevação de alvenaria estrutural, armação de lajes maciças e escadas armadas, cujas numerações estão apresentadas na Tabela 5 juntamente com os valores de aço em kg e os respectivos custos unitários do peso de cada bitola.

Figura 14 - Detalhe de armação 4º pavimento



Fonte: Compilação do autor.

Tabela 5 – Quantitativo de aço para o 4º pavimento conforme tabela resumo de cada projeto

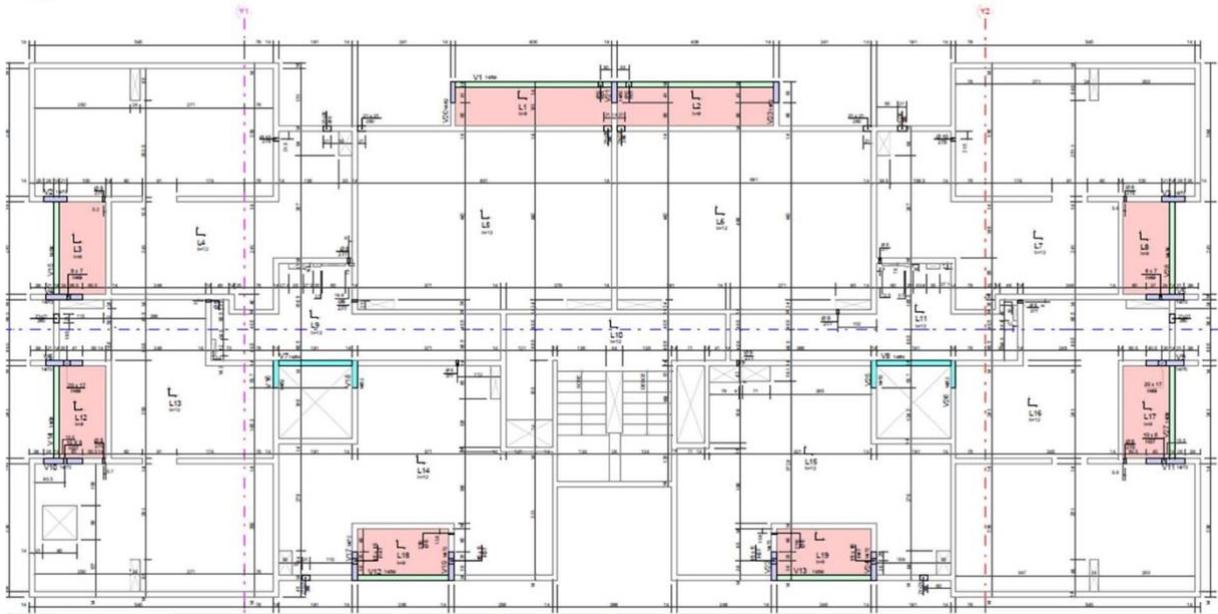
ALVENARIA ESTRUTURAL - AÇO DO 4º PAV											
PROJETO	REV.	ELEMENTO	Ø 5,0	Ø 6,3	Ø 8,0	Ø 10,0	Ø 12,5	Ø 16,0	Ø 20,0	Ø 25,0	Ø 32,0
EST-619	0	VIGA	0,00	0,00	0,00	201,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EST-620	0	VIGA	0,00	0,00	0,00	179,00	0,00	0,00	156,00	0,00	0,00
EST-621	0	VIGA	0,00	0,00	0,00	126,00	0,00	0,00	22,00	0,00	0,00
EST-622	0	VIGA	0,00	0,00	0,00	148,00	0,00	0,00	156,00	0,00	0,00
EST-623	0	VIGA	0,00	0,00	0,00	230,00	0,00	0,00	22,00	0,00	0,00
EST-624	0	VIGA	0,00	0,00	0,00	118,00	0,00	0,00	134,00	0,00	0,00
EST-625	0	VIGA	0,00	0,00	0,00	105,00	0,00	0,00	89,00	0,00	0,00
EST-626	0	VIGA	0,00	0,00	0,00	179,00	0,00	0,00	89,00	0,00	0,00
EST-424	2	LAJE	2,00	1035,00	69,00	53,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EST-425	0	LAJE	126,00	137,00	542,00	63,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EST-554	1	ESCADA	0,00	27,00	25,00	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL / BITOLA			128,00	1199,00	636,00	1602,00	0,00	0,00	668,00	0,00	0,00
VALOR UNITÁRIO DO AÇO			Ø 5,0	Ø 6,3	Ø 8,0	Ø 10,0	Ø 12,5	Ø 16,0	Ø 20,0	Ø 25,0	Ø 32,0
REFERÊNCIA "Udlaço"(abr/22)			R\$ 9,99	R\$ 8,31	R\$ 8,31	R\$ 7,97	R\$ 8,43	R\$ 7,64	R\$ 7,64	R\$ 7,64	R\$ 8,69
VALOR:			R\$ 1.278,72	R\$ 9.963,69	R\$ 5.285,16	R\$ 12.767,94	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 5.103,52	R\$ 0,00	R\$ 0,00
VALOR TOTAL: R\$ 34.399,03											

Fonte: Compilação do autor.

3.3.3 Estrutura

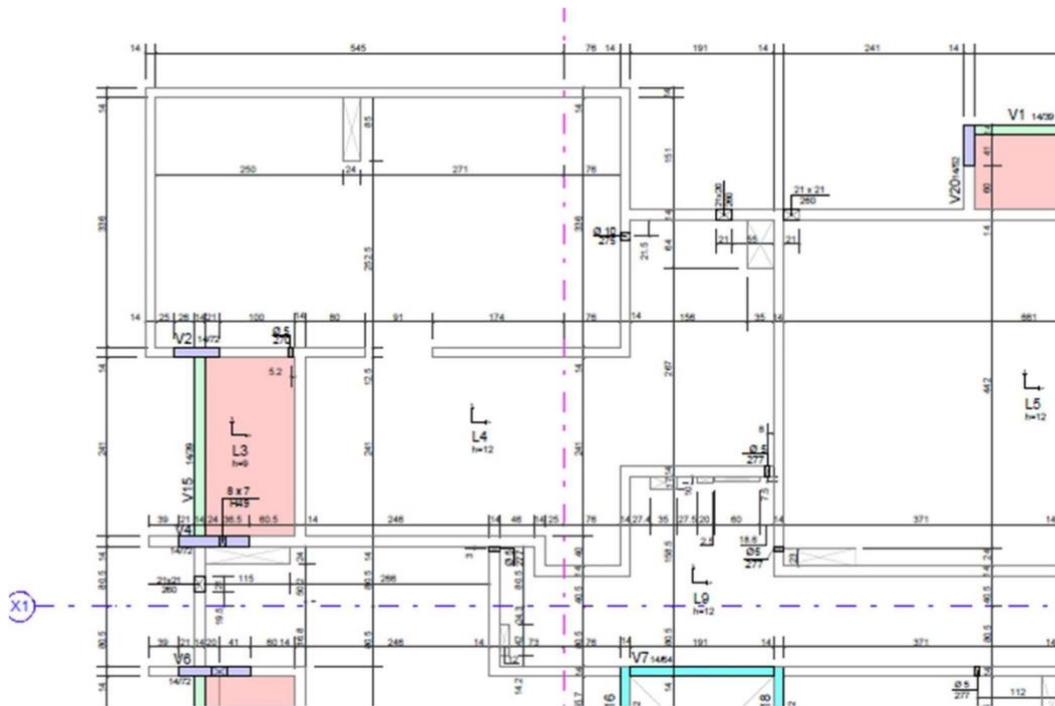
Os quantitativos de forma, mão de obra de estrutura e volume de concreto foram levantados conforme projetos de forma do pavimento disponíveis na plataforma AutoDoc Projetos. Os valores dos insumos referentes à estrutura foram consultados no histórico do empreendimento.

Figura 15 - Projeto de forma do Tipo (2º ao 13º pavimento).



Fonte: Compilação do autor.

Figura 16 - Ampliação do projeto de forma apartamento final 3



Fonte: Compilação do autor.

Tabela 6 – Levantamento quantitativo de volume de concreto, área de forma e mão de obra conforme projeto de forma

ESTRUTURA CONVENCIONAL - 4º PAV			
	Levantamento	Custo Unitário (R\$)	TOTAL PARCIAL
Concreto 25 Mpa (m³) *	54	R\$ 400,00	R\$ 21.600,00
Forma (m²) **	383	R\$ 98,07	R\$ 37.560,81
Mão de obra (R\$/m³) ***	54	R\$ 528,00	R\$ 28.512,00
Grout 30 Mpa (m³)****	12	R\$ 530,00	R\$ 6.360,00
TOTAL			R\$ 94.032,81
* Referência: POLIMIX CONCRETO LTDA			
** Referência: SULFORMAS			
*** Referência: valor negociado por suprimentos			
**** Referência: POLIMIX CONCRETO LTDA			

Fonte: Compilação do autor

Finalmente, para comparação, utilizou-se os dados levantados em planilhas de quantitativos e preços unitários para cada composição de insumo e mão de obra de cada método construtivo, apresentado de forma sintética na Tabela 7:

Tabela 7 – Comparação de Custo Alvenaria Estrutural X Alvenaria Vedação

COMPARAÇÃO DE CUSTO ALVENARIA DE VEDAÇÃO x ALVENARIA ESTRUTURAL - 1 pavimento		
DESCRIÇÃO	ALVENARIA DE VEDAÇÃO	ALVENARIA ESTRUTURAL
BLOCO DE CONCRETO	R\$ 21.141,81	R\$ 33.309,90
AÇO	R\$ 58.729,81	R\$ 34.399,03
FORMAS	R\$ 53.542,53	R\$ 37.560,81
CONCRETO	R\$ 31.516,00	R\$ 21.600,00
MÃO DE OBRA	R\$ 41.601,12	R\$ 28.512,00
GROUT	R\$ -	R\$ 6.360,00
TOTAL GERAL	R\$ 206.531,27	R\$ 161.741,74

Fonte: Compilação do autor.

3.4 Custo global do empreendimento

O empreendimento em análise com 13 pavimentos tipo possui 9.644,65 m² de área construída e, tomando o custo unitário básico para projetos de padrão baixo, CUB – PP-B, calculado pelo SINDUSCON-SP, cujo valor para o mês de janeiro de 2021 era de R\$ 1.515,83, resulta em um custo global estimado de R\$ 14.619.649,81, assim possibilitando se obter resultados importantes quanto ao peso dos sistemas construtivos no custo global do empreendimento, conforme mostra a Tabela 8:

Tabela 8 – Modelo empreendimento SPE LTDA

MODELO EMPREENDIMENTOS SPE LTDA REGIME: RESIDENCIAL	
MÊS BASE:	jan/21
PRAZO:	17 MESES
INCC base (I0) :	852,809*
PADRÃO:	R1-B**
ÁREA TOTAL (m ²):	9.644,65
Custo unitário básico no Estado de São Paulo***, janeiro de 2021 em R\$/m ² (Padrão Baixo/R-1)	R\$ 1.515,83
CUSTO TOTAL:	R\$ 14.619.649,81

***de acordo com o SINDUSCON-PR - Série histórica INCC-DI (FGV)

** de acordo com a NBR 12721:2005

**de acordo com o SINDUSCON-SP - Boletim Econômico de janeiro de 2021

Fonte: Compilação do autor.

Embora a análise e levantamento dos sistemas construtivos tenha sido realizada para um andar apenas, fez-se necessário mensurar o custo para treze pavimentos tipo para uma análise mais assertiva dos valores em relação ao custo global do empreendimento, conforme tabela abaixo:

Tabela 9 – Comparação de Custo Alvenaria Estrutural X Alvenaria Vedação - 13 pavimentos Tipo

COMPARAÇÃO DE CUSTO ALVENARIA DE VEDAÇÃO x ALVENARIA ESTRUTURAL - 13 pavimentos Tipo		
DESCRIÇÃO	ALVENARIA DE VEDAÇÃO	ALVENARIA ESTRUTURAL
BLOCO DE CONCRETO	R\$ 274.843,53	R\$ 433.028,67
AÇO	R\$ 763.487,53	R\$ 447.187,39
FORMAS	R\$ 696.052,92	R\$ 488.290,53
CONCRETO	R\$ 409.708,00	R\$ 280.800,00
MÃO DE OBRA	R\$ 540.814,56	R\$ 370.656,00
GROUT	R\$ -	R\$ 82.680,00
TOTAL GERAL	R\$ 2.684.906,54	R\$ 2.102.642,59

Fonte: Compilação do autor.

Na comparação foram analisados os dados de levantamento para treze pavimentos tipo da Tabela 9 em relação aos dados globais, orçamento total da obra e área total de construção da Tabela 8, apresentados de forma sintética em porcentagem de acordo com a tabela 10:

Tabela 10 – Comparação de Custo - Comparativo em porcentagem

COMPARAÇÃO DE CUSTO - COMPARATIVO EM PORCENTAGEM		
DESCRIÇÃO DO INSUMO	ALVENARIA ESTRUTURAL (R\$)	CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL (R\$)
AÇO	3,1%	5,2%
BLOCO DE CONCRETO	3,0%	1,9%
FORMAS	3,3%	4,8%
CONCRETO	1,92%	2,8%
GRAUTE	0,57%	0%
MÃO DE OBRA	2,54%	3,7%
TOTAL (%)	14,38%	18,37%

Fonte: Compilação do autor.

De acordo com os dados da tabela 10, observou-se que a porcentagem dos itens referentes à estrutura corresponde a 14,38% e 18,37% para a alvenaria estrutural e a alvenaria de vedação respectivamente, comprovando a premissa que indica que a etapa de estrutura corresponde a no máximo 20% do valor total do orçamento.

4. Resultados e Discussão

A tabela 7 apresenta os custos finais de construção de um pavimento de alvenaria de vedação (R\$ 206.531,27) e estrutural (R\$ 161.741,74), demonstrando que o sistema construtivo mais vantajoso economicamente é o de alvenaria estrutural, dentro da análise geral de despesas com material e mão de obra.

Baseado na tabela 7 pudemos observar também a economia de recursos sustentáveis de madeira para execução de formas – para a construção da mesma área de alvenaria temos uma diferença em torno de 50%, mostrando que a alvenaria estrutural tem vantagem na análise sustentável de um empreendimento.

A diferença de valores dos blocos de concreto presente nas alvenarias de vedação (R\$ 21.141,81) e estrutural (R\$ 33.309,90) deve-se ao fato de se utilizarem blocos fabricados de acordo com as normas vigentes, feitos sob medida e sob o controle tecnológico de atendimento às resistências solicitadas em projetos, visto a função estrutural que esses blocos precisam possuir.

No mesmo caso encaixa-se o custo adicional do graute presente na tabela 7, que possui as mesmas exigências e entram como elemento estrutural nos projetos de alvenaria estrutural.

Dentro da análise geral do presente artigo, essas são as únicas desvantagens observadas dentre os fatores de material e mão de obra.

As análises dos itens de segurança e outros aspectos das economias referentes à perdas nos sistemas construtivos foram anteriormente apresentados na exposição teórica deste artigo, especificamente nos itens 2.1.6 e 2.2.6.

5. Considerações Finais/Conclusões

Concluimos com pesquisas e estudos realizados que o sistema construtivo de alvenaria estrutural se torna mais viável financeiramente para empreendimentos de padrão econômico, concretizando as referências aplicadas no desenvolvimento do artigo, de modo que valida a justificativa da pesquisa.

Por meio das comparações realizadas, referente ao prazo, custos, sustentabilidade e qualidade, o sistema de alvenaria estrutural também apresentou mais vantagens do que o sistema de alvenaria de vedação, pois se mostrou um sistema seguro, pois ao término da construção o pavimento está vedado, com exceção dos vãos de portas e janelas; apresentou maior sustentabilidade com menor desperdício de materiais e menos resíduos gerados, pela forma que é realizada a instalação hidráulica e elétrica; foi apresentado também maior qualidade no acabamento, pois as paredes se apresentam de forma linear dispensando gastos excessivos em acabamentos. Todos esses requisitos implicam no prazo de execução do empreendimento e conseqüentemente no custo total.

Recomenda-se para pesquisas futuras relativas a este assunto a atualização das técnicas construtivas, principalmente referente aos materiais como argamassas de assentamento estabilizadas para alvenaria estrutural, bem como a análise da viabilidade econômica desses métodos diante desses novos materiais que são incorporados ao mercado da construção civil. Entende-se que com o avanço da técnica, os materiais possuem a tendência de se tornarem mais exclusivos e tecnologicamente onerosos.

Por fim, a pesquisa cumpre o principal objetivo de analisar dados e gerar informações concretas sob a comparação dos sistemas construtivos utilizando alvenaria estrutural e alvenaria de vedação.

6. Referências Bibliográficas

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado: de acordo com a nova NBR 6118**. 2 ed.. Rio Grande: Dunas, 2003.

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 6136:2016 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria**. Rio de Janeiro.

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 16868-1:2020 - Alvenaria estrutural - Parte 1: Projeto**. Rio de Janeiro.

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 12721:2005 – Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios**. Rio de Janeiro.

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 15270-1:2017 - Componentes cerâmicos - Parte 1 - Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos**

CBIC. **Informativo Econômico do Banco de Dados da CBIC**. 2022 < disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2022/09/informativo-economico-pib-2-tri-2022.pdf> >

Ercio Thomaz et al. Código de práticas nº1: **Alvenaria de Vedação em blocos cerâmicos**/IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo, 2009.

Fundação 1º de Maio. **Déficit habitacional reflete a desigualdade do país**. 2021 < Disponível em: <https://www.fundacao1demaio.org.br/artigo/deficit-habitacional-reflete-a-desigualdade-do-pais/#:~:text=De%20acordo%20com%20uma%20pesquisa,em%20fam%C3%ADlias%20de%20baixa%20renda.>>

GOV. **Ministério do Desenvolvimento Regional**. 2022 < disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/casa-verde-e-amarela/o-que-e-o-deficit-habitacional> >

HENDRY, A. W. **Structural Masonry**. London: Macmillan, 1990.

PENTEADO, A. F. **Gestão da produção do sistema construtivo em alvenaria estrutural**. 2003. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Prudêncio Jr, Luiz Roberto; Oliveira, Alexandre Lima; Bedin, Carlos Augusto. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis, 2002.

Ramalho, Marcio; Corrêa, Marcio R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo, 2003.

Tauil, Carlos Alberto; Nesse, Flávio. M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo, 2010.