



## **ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA ALVENARIA ESTRUTURAL PARA CONSTRUÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA DE ALTO PADRÃO EM SANTARÉM –PA**

### **ARTIGO ORIGINAL**

RODRIGUES, Adriani Galvão<sup>1</sup>, MOREIRA, Benjamin Gustavo Rocha<sup>2</sup>, MELO, Sérgio Gouvêa de<sup>3</sup>

RODRIGUES, Adriani Galvão. MOREIRA, Benjamin Gustavo Rocha. MELO, Sérgio Gouvêa de. **Estudo de viabilidade econômica da utilização do sistema alvenaria estrutural para construção de uma residência de alto padrão em Santarém –PA**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 07, Ed. 12, Vol. 01, pp. 32-58. Dezembro de 2022. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/alvenaria-estrutural>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/alvenaria-estrutural

### **RESUMO**

A alvenaria estrutural tem sido o método construtivo utilizado desde a antiguidade, sendo encontrada em monumentos históricos que resistem até os dias de hoje. Nos últimos anos o sistema tem tido avanços em função da elaboração de normas técnicas regulamentadoras, pesquisas científicas e melhoria dos materiais e processos construtivos utilizados, entretanto ainda é considerada por muitas literaturas como um método construtivo apenas para edificações de baixo e médio padrão devido não ser recomendada para vencer grandes vãos, normalmente encontrados edificações de alto padrão e por ser considerada economicamente vantajosa apenas em habitações de baixo custo em função da sua capacidade elevada de racionalização em comparação com o concreto armado convencional. O objetivo da pesquisa é um estudo de viabilidade econômica da alvenaria estrutural para construção de uma residência de alto padrão em Santarém/PA. A metodologia escolhida foi realizada de forma qualitativa com uso de referências bibliográficas e o desenvolvimento de um estudo de caso com um projeto arquitetônico de uma residência de alto padrão executada em concreto armado, fornecido por uma empresa referência em construções de residências



unifamiliares de alto padrão na região de Santarém/PA. A viabilidade econômica foi feita por meio de análise dos custos para a execução dos dois métodos construtivos: concreto armado (pilares e vigas) e a alvenaria estrutural (com blocos de concreto), não sendo considerados os custos secundários e específico, ou seja, contemplou somente a superestrutura no objeto de estudo. Para tanto, foram levantados quantitativos de materiais com uso de softwares AutoCAD e TQS e a obtenção dos custos com uso da tabela de referência de preços do SINAPI/PA dos dois sistemas construtivos. Com os resultados alcançados verificou-se a vantagem financeira do uso da alvenaria estrutural em construções de alto padrão devido suas principais vantagens de racionalização e redução no uso de concreto, madeira e aço.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural, Economia, Alto Padrão.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento, em sua evolução diária almeja alcançar o equilíbrio entre grandes obras que possam ser realizadas em prazos mais curtos e com boa qualidade e é com esse objetivo que novos estudos e métodos construtivos vêm surgindo ao passar dos anos. Entre uma delas está a Alvenaria estrutural, a alvenaria estrutural existe há milhares de anos, no princípio, utilizava o conhecimento empírico, ou seja, baseado na experiência dos seus construtores que foi passado de geração em geração. Segundo Mohammad (2020), a alvenaria estrutural é a principal técnica utilizada para a construção desde a antiguidade até o início do século XX, pois era empregada de forma empírica em históricos monumentos existentes até os dias de hoje, como o Coliseu, Pirâmides do Egito, Catedral de Notre Dame e entre outros. Essas obras magníficas, em excelente estado de conservação, comprovam o potencial, a qualidade e a durabilidade desse sistema construtivo. É o sistema construtivo no qual a unidade básica modular é o bloco, que junto com a argamassa forma as paredes, as quais são responsáveis por absorver todas as ações atuantes na vertical e horizontal.

Para Sabbatini (2003), no Brasil, somente na década de 80 atingiu o seu auge, vulgarizada com a construção dos conjuntos habitacionais, onde ficou tida como



um sistema para baixa renda. Entretanto, é estimado que no Brasil, entre 1964 e 1966, tenham sido executadas mais de dois milhões de unidades habitacionais em alvenaria estrutural, entre eles, o Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa, edificações com quatro pavimentos inteiramente de alvenaria estrutural. De acordo com Berti e Rafael (2019), este sistema construtivo vem ganhando a construção civil, porém ainda não são totalmente implementadas em diversas regiões do país, embora apresente várias vantagens se comparada aos processos construtivos convencionais, como a redução de custos da obra, aumento da produtividade, diminuição de desperdícios e auxílio no gerenciamento da obra. Em se tratando de custos, ela tem uma vasta economia, pois reduz drasticamente a utilização da madeira, aço e concreto.

Atualmente várias edificações são feitas em Alvenaria Estrutural (AE) no Brasil, desde casas e sobrados, edifícios de 4 pavimentos sem elevador e térreo habitado, até edifícios mais altos de 8, 15, ou mesmo 24 pavimentos sobre térreo em estrutura de concreto armado. Também é comum hoje a utilização de alvenaria estrutural na construção de arrimos, reservatórios e galpões. Usualmente o sistema construtivo é indicado quando não há previsão de alterações na arquitetura (paredes não-removíveis) ou quando essa possibilidade é limitada a alteração de algumas paredes apenas (pavimento com mais de uma opção de planta, previstas na fase de projeto) e para casos de vãos médios moderados de cerca de 4 a 5 metros.

Na região amazônica, em específico na cidade de Santarém, é predominante os métodos convencionais – construções feitas em concreto armado – tanto em obras de pequeno, médio e grande porte. A falta de mão de obra especializada e conhecimentos limitados dos fundamentos técnicos sobre o sistema da alvenaria estrutural, é um dos grandes fatores que impedem a implantação de novas técnicas construtivas. Segundo Ramalho (2003), é importante ressaltar que para edifícios comerciais ou residenciais de alto padrão, onde seja necessária a utilização de vãos grandes, esse sistema construtivo normalmente não é



adequado. A alvenaria estrutural é muito mais adequada a edifícios residenciais de padrão médio ou baixo, onde os ambientes, e também os vãos, são relativamente pequenos. A alvenaria estrutural é ainda considerada por algumas literaturas como um método para edificações de padrão médio ou baixo, por falta de estudos aprofundados sobre as possibilidades que podem ser alcançadas com o uso da mesma.

O objetivo do estudo é a análise da viabilidade orçamentária da alvenaria estrutural em uma residência de alto padrão executada em concreto armado situada na cidade de Santarém/PA, visando ampliar os preceitos da comparação de custos para o subsídio de empresas e profissionais na escolha do uso da alvenaria estrutural em edificações em alto padrão e dilatar os resultados encontrados para o enriquecimento do conhecimento sobre o tema.

## **2. ALVENARIA ESTRUTURAL: O SISTEMA CONSTRUTIVO**

Para Mohammad (2020), a alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual a unidade modular é o bloco, que, junto com a argamassa forma as paredes, as quais são responsáveis por absorver todas as ações atuantes em vertical e horizontal. Assim, nesse tipo de edificação, a segurança estrutural é garantida pela rigidez da edificação em virtude da união (amarrações) entre as paredes estruturais nas duas principais direções em que ocorre a ação do vento. Na figura 1 está representando de execução de alvenaria estrutural na prática:

Figura 1: Alvenaria Estrutural com Bloco de Concreto



Fonte: Iporã Blocos (2020).

Para o maior entendimento da Alvenaria Estrutural é necessário que conceitos básicos do sistema sejam explorados, como sobre as suas classificações, componentes, vantagens e desvantagens e normativas regulamentadoras. De acordo Tauil e Nese (2010), a alvenaria estrutural pode ser classificada quanto ao processo construtivo empregado, tipo de unidades ou material utilizado sendo as principais classificações:

- a) Alvenaria estrutural armada ou parcialmente armada: tipo de alvenaria que recebe reforços em algumas regiões, devido a exigências estruturais e posteriormente grauteados, além do preenchimento de todas as juntas verticais.
- b) Alvenaria estrutural não-armada: tipo de alvenaria que não recebe graute, mas os reforços de aço (barras, fios e telas) apenas por razões construtivas - vergas de





portas, vergas e contravergas de janelas e outros reforços construtivos para aberturas.

c) Alvenaria estrutural protendida: tipo de alvenaria reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada) que submete a alvenaria a esforços de compressão.

## 2.1 NORMAS TÉCNICAS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

De acordo com Gomes (1992) apenas em 1948, na Inglaterra que surgiu a primeira norma consistente para o cálculo de alvenaria, logo após a Alemanha em 1952 elaborou a DIN-1053, porém na década de 70 nos Estados Unidos surge a norma que tratava especificamente do cálculo da alvenaria de blocos de concreto a “*Specification for the Design and Construction of Load-bearing Concrete Masonry*” sendo essa norma que mais influenciou o Brasil a investir na evolução da alvenaria estrutural no país.

Segundo Sanchez (1994) foi o Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON) a primeira entidade com a premência de agrupar todos os entendimentos em relação aos requisitos, métodos e materiais utilizados na Alvenaria Estrutural, logo juntamente com o Comitê Brasileiro de Construção Civil (CB-2) iniciou-se o desenvolvimento das normas nacionais.

As principais normas brasileiras e internacionais que tratam do comportamento físico, mecânico e de projetos de componentes da Alvenaria Estrutural, de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1: Principais normatizações nacionais e internacionais para alvenaria estrutural

Normas Brasileiras	Descrição
ABNT NBR 15270-1:2017	Componentes cerâmicos - blocos e tijolos para alvenaria - parte 1: requisitos
ABNT NBR 15270-2:2017	Componentes cerâmicos - blocos e tijolos para alvenaria - parte 2: métodos de ensaios



ABNT NBR 6136:2016	Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos
ABNT NBR 15873:2010	Coordenação modular para edificações
ABNT NBR 12118:2013	Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de Ensaio
versão corrigida de 2014	
ABNT NBR 16522:2016	Alvenaria de blocos de concreto - Métodos de ensaio
ABNT NBR 16868-1:2020	Alvenaria Estrutural Parte 1 - Projeto
ABNT NBR 16868-2:2020	Alvenaria Estrutural Parte 2 - Execução e controle de obras
ABNT NBR 16868-3:2020	Alvenaria Estrutural Parte 3 - Métodos de ensaio

Fonte: MOHAMMAD, 2020, pg. 113-116, adaptado pelo autor.

## 2.2 COMPONENTES E MODULAÇÃO

Segundo Mohammad (2020), a alvenaria com função estrutural é composta pela união de diferentes componentes, como blocos (cerâmico, sílico-calcário ou concreto), argamassas, grautes e armaduras. De acordo com a NBR 15961-1:2011 as definições de seus componentes principais são: bloco, argamassa, armadura e graute.

### 2.2.1 BLOCO

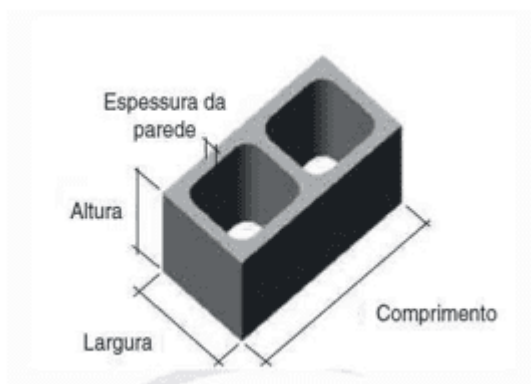
Segundo Mohammad (2020) os blocos de concreto são unidades estruturais vazadas vibro compactadas a seco e produzidas por indústrias de pré-fabricação de concreto, encontrados no Brasil com diferentes geometrias e resistências à compressão. As unidades de concreto são definidas a partir das suas dimensões nominais especificadas pelo fabricante pela largura, altura e comprimento e as reais são verificadas diretamente no bloco. A ABNT NBR 6136:2016 fixa os requisitos para a classificação dos blocos vazados de concreto simples destinados a alvenaria com ou sem função estrutural. As classificações gerais de uso das unidades são:

- Classe A: blocos com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;

- Classe B: blocos com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
- Classe C: blocos com ou sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;

De acordo com Pastro (2007) os materiais para formação dos blocos podem ser diversos, como o bloco de sílico-calcário, concreto e cerâmico. Segundo Parsekian (2012), os blocos representam cerca de 80% a 95% do volume da alvenaria, assumindo um papel fundamental em muitas das características da parede como precisão dimensional, estética, resistência à compressão. Na Figura 2 a demonstração do desenho esquemático do bloco de concreto, segundo a NBR 6136/2016.

Figura 2: Desenho Esquemático de um Bloco de Concreto



Fonte: NBR 6136/2016.

Os blocos de concreto e cerâmicos estruturais são fabricados em todas as regiões do Brasil, podendo ter sua resistência controlada em função do traço adotado, chegando a valores entre 4,0 a 20,0 MPa, o que permite sua utilização em edifícios baixos e altos. (PARSEKIAN, 2012). Enquanto os blocos de sílico-calcário são formados por areia e cal moldados por prensagem e curado em autoclaves (por vapor a alta pressão).



São blocos de grande resistência (6 a 20 MPa), e tem como desvantagem a existência de poucos fornecedores. A norma brasileira que estabelece as especificações, dimensões e ensaios dos blocos de sílico-calcário é a NBR 14974-1 (Bloco de Sílico-Calcário para Alvenaria Parte 1 - Requisitos, dimensões e métodos de ensaio), criada em 2003.

As tipologias de blocos são denominadas de famílias que são utilizados para interagir com os demais elementos construtivos. De acordo com Prudêncio Jr (2002), as famílias mais conhecidas no Brasil são as dos blocos 14 x 19 x 39, 19 x 19 x 39, 14,5 x 19 x 29,5 e 14 x 19 x 29 (largura, altura, espessura em cm). No Brasil, a família mais consolidada no país é a já normatizada 14 x 19 x 39. A tabela 2 apresenta todos os blocos constituintes da família 14 x 19 x 39.

Tabela 2: Família do Bloco de 14x19x39

Produto	L (cm)	H (cm)	C (cm)	Res. (Mpa)	Peso (Kg)
Bloco estrutural 14 x 19 x 39 cm	14,00	19,00	39,00	6,0	12,80
Bloco hidráulico	14,00	19,00	39,00	6,00	11,80
estrutural 14 x 19 x 39 cm					
Bloco estrutural 14 x 19 x 54 cm	14,00	19,00	54,00	6,0	20,00
Bloco estrutural 14 x 19 x 34 cm	14,00	19,00	54,00	6,0	11,40
Bloco estrutural 14 x 19 x 24 cm	14,00	19,00	24,00	6,0	8,30
Bloco elétrico	14,00	19,00	19,00	6,0	6,70
estrutural 14 x 19 x 19 cm					
Bloco hidráulico estrutural	14,00	19,00	19,00	6,0	9,30
14 x 19 x 19 cm					
Bloco estrutural 45º	14,00	19,00	31,80	6,0	11,30
Meia canaleta 14 x 19 x 19 cm	14,00	19,00	19,00	6,0	5,80
Meia canaleta 14 x 14 x 19 cm	14,00	14,00	19,00	6,0	5,20
Meia canaleta 14 x 9 x 19 cm	14,00	9,00	19,00	6,0	3,00

Fonte: Prudêncio (2002), pg. 28-29, adaptado pelo autor.

## 2.2.2 ARGAMASSA

Segundo Mohammad (2015) a função principal da argamassa é transmitir todas as ações verticais e horizontais atuantes de forma a solidarizar as unidades, criando



uma estrutura única. As argamassas são materiais fundamentais para a alvenaria. Normalmente são compostas por cimento, cal, areia e água suficientes para produzir uma mistura plástica de boa trabalhabilidade.

De acordo com Sabbatini (1984), as funções primárias das juntas de argamassa em uma parede de alvenaria são:

- unir solidariamente as unidades de alvenaria e ajudá-las a resistir aos esforços laterais;
- distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente das unidades;
- absorver as deformações naturais a que a alvenaria sujeita;
- selar as juntas contra a penetração de água da chuva;

As principais características da argamassa são a sua trabalhabilidade sendo a combinação de demais propriedades como a consistência, a plasticidade e a coesão, assim como a aderência e a resistência à compressão e deformabilidade.

### **2.2.3 GRAUTE E ARMADURA**

O graute é um concreto composto de agregados finos e alta plasticidade. Na alvenaria estrutural, o graute é utilizado para preencher os vazios dos blocos estruturais em locais da estrutura que exigem um aumento de resistência. A peculiaridade do graute é a sua alta taxa de fluidez, ou seja, é considerado um concreto líquido, sua fluidez é medida pelo ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test), a relação água/cimento é alta podendo chegar a 0,9 com um slump de alta fluidez entre 20 e 28 cm.

Na ABNT 16868-1:2020 especifica que a influência do graute na resistência da alvenaria deve ser devidamente verificada em laboratório, nas condições de sua utilização e a avaliação da influência do graute na compressão deve ser feita mediante o ensaio de compressão de prismas, pequenas paredes ou paredes. A



norma sugere que a resistência característica mínima do graute deve ser maior ou igual a duas vezes a resistência característica do bloco.

Segundo Mohammad (2020), as principais propriedades que o graute deve apresentar em seu estado fresco ou endurecido são:

- Consistência: a mistura deve apresentar coesão e, ao mesmo tempo, ter fluidez suficiente para preencher todos os furos dos blocos;
- Estabilidade volumétrica: a retração não deve ser tal que possa ocorrer separação entre o graute e as paredes internas dos blocos;
- Resistência à compressão: a resistência à compressão do graute, combinada com as propriedades mecânicas dos blocos e da argamassa, definirá as características à compressão da alvenaria;

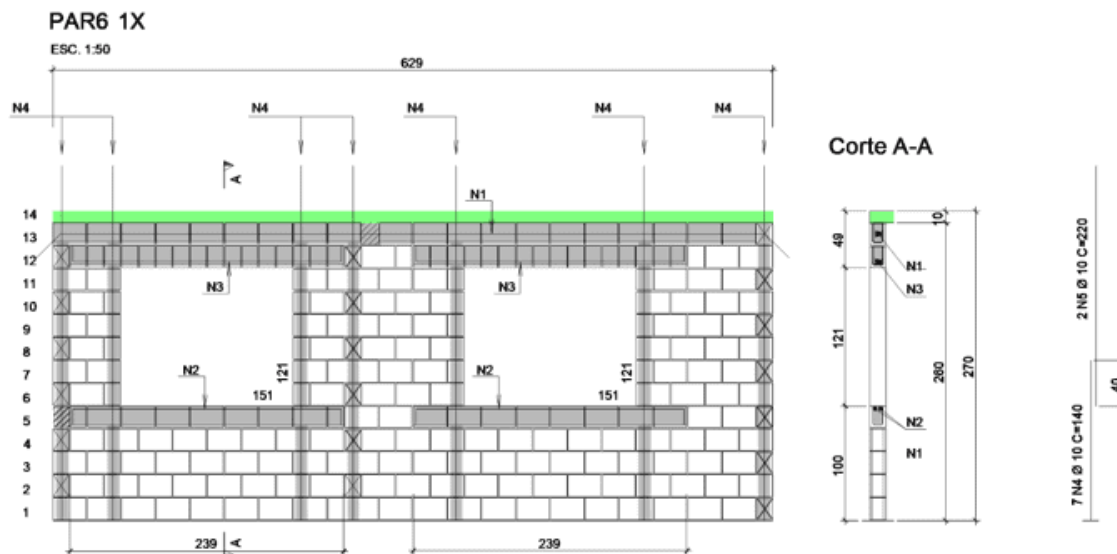
As armaduras empregadas na alvenaria estrutural armada seguem o mesmo princípio das armaduras utilizadas no sistema de concreto estrutural, ou seja, resistir eventuais esforços de tração (CAMACHO, 1986).

## **2.2.4 MODULAÇÃO**

A modulação dentro da alvenaria estrutural é o que determina o sucesso do projeto, pois é através da modulação que as medidas de racionalização e controle de produtividade e qualidade da obra são definidas. É muito importante a racionalização do projeto devido a necessidade de garantir a maior compatibilização entre todos os projetos complementares (arquitetônico, estrutural, elétrico, hidrossanitário e de incêndio) para garantir a menor interferência e quebra, pois a alvenaria estrutural é um sistema construtivo único que não pode ser comparado com o método construtivo convencional, o concreto armado, por exemplo, devido suas particularidades de execução. Segundo Kalil (2011), modular um arranjo arquitetônico significa acertar suas dimensões em planta e também o pé-direito da edificação, através das dimensões das unidades,



Figura 5: Planta de Modulação Vertical



Fonte: TQS Docs, 2020 adaptado pelo autor.

## 2.3 VANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural para prédios de vários pavimentos tornou-se uma opção de construção largamente empregada no mundo, devido a diversas vantagens em relação aos outros sistemas construtivos, como economia, valor estético e velocidade de construção. Porém, a grande vantagem que a alvenaria estrutural apresenta é a possibilidade de esta incorporar facilmente conceitos de racionalização, produtividade e qualidade, produzindo ainda, construções com bom desempenho tecnológico aliado a baixos custos (ROMAN *et al.*, 1999, p. 13).

### 2.3.1 CUSTO DO SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural possui diversas vantagens, na qual a econômica é uma das principais, em virtude da otimização de tarefas na obra, por meio de técnicas executivas simplificadas e facilidade de controle nas etapas de produção e eliminação de interferências, gerando uma redução no desperdício de materiais produzido pelo constante retrabalho. Como consequência, o sistema construtivo



em alvenaria estrutural conseguiu proporcionar uma flexibilidade no planejamento das etapas de execução das obras. Isso tornou o sistema em alvenaria competitivo no Brasil, quando comparado com o concreto armado e o aço. Os dados apresentados na Tabela 3 são custos relativos aproximados entre a estrutura convencional (concreto armado) e a alvenaria estrutural, em função do número de pavimentos e da complexidade do empreendimento. (WENDLER, 2005).

Tabela 3: Proporções recomendadas para a dosagem do graute

Características da Obra	Economia (%)
Quatro Pavimentos	25-30
Sete Pavimentos sem Pilotis, com alvenaria não armada	20-25
Sete pavimentos sem pilotis, com alvenaria armada	15-20
Sete pavimentos com pilotis	12-20
Doze pavimentos sem pilotis	10-15
Doze pavimentos com pilotis, térreo e subsolo em concreto armado	8-12
Dezoito pavimentos com pilotis, térreo e subsolo em concreto armado	4-6

*Fonte: WENDLER, 2005, adaptado pelo autor.*

Com os dados da tabela 3 se pode concluir que, para prédios de até quatro pavimentos, acontece uma redução no custo da estrutura de 25 a 30%, quando comparado ao concreto armado. À medida que se aumenta o número de pavimentos essa redução diminui para valores em torno de 4 a 6%.

### 2.3.2 PRODUTIVIDADE

De acordo com Herbsman e Ellis (1990), citado por Ramos (2001, p. 1), “O levantamento das taxas de produtividade em obra está entre os dados mais essenciais necessários à indústria da construção civil. A precisão da taxa de produtividade é crucial para a determinação das relações diretas entre estas taxas





e itens tais como estimativas de custos, controle de custos, programação e gerenciamento de recursos, entre outros.”.

Na Construção Civil, a literatura indica que, em termos globais, as atividades que agregam valor correspondem, em média, a um terço do tempo total gasto pela mão-de-obra. Em algumas atividades específicas, como a execução da alvenaria, podem atingir valores da ordem de 55 a 60% (ALARCON, 1995 *apud* RAMOS, 2001, p. 2). Sendo assim o estudo da produtividade e, principalmente, dos métodos de como aumentá-la, são de extrema importância para o setor.

Segundo Ramos (2001, p. 3), vários trabalhos já foram desenvolvidos no intuito de aprimorar e racionalizar a alvenaria estrutural. Entretanto, o desenvolvimento do elemento estrutural sempre teve como partido de estudo as características geométricas da edificação e suas particularidades. Não existem, até então, muitos estudos que analisem de modo prático e objetivo a interferência da escolha da modulação no desempenho da mão-de-obra utilizada.

O índice de produtividade se refere ao número de produtos produzidos em um determinado tempo por um operário. Um exemplo de obtenção de índices de produtividade na construção civil é a medição do número de metros quadrados de alvenaria, executado por um pedreiro em um determinado período (OLIVEIRA *et al.*, 1998 *apud* RAMOS, 2001, p. 10).

Sendo assim, conforme Ramos (2001, p. 10), o índice de produtividade corresponde à razão entre os serviços executados numa obra, quantificados por unidades de medida, como, por exemplo, a área de uma parede levantada, pelo tempo gasto para executar esta quantidade.

### **2.3.3 RACIONALIZAÇÃO**

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo racionalizado, privilegiando a integração das soluções em projeto o que evitará desperdício tanto de tempo



quanto de recursos, sejam humanos ou materiais no canteiro de obras. Segundo Barros (1996), a racionalização na construção consiste no esforço para tornar mais eficiente a atividade de construir, na busca da melhor solução para os diversos problemas da edificação.

Mesmo sendo usada desde tempos antigos, à alvenaria estrutural na atualidade alcança maior rendimento uma vez que existe visão sistemática do processo, onde os projetistas compatibilizam os demais subsistemas: instalações, estrutura, vedações, tornando-se altamente industrializado, reduzindo a utilização de outros materiais desnecessários e a geração excessiva de resíduos.

O potencial de racionalização construtiva de um empreendimento está ligado aos projetos. São estes que determinarão uma maior ou menor eficiência de um determinado sistema construtivo. Isso ocorre devido ao potencial de uso de inovações tecnológicas, ferramentas, equipamentos adequados, processos construtivos e coordenação dimensional dos componentes. Tudo isso está relacionado à eficiência da forma de construir (THOMAZ, 2001).

## **2.4 DESVANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL**

Segundo Amorim (2010), o sistema também apresenta algumas desvantagens que precisam ser consideradas e analisadas, de modo que não comprometam a viabilidade do empreendimento. Com podemos citar, de acordo com Ramalho e Corrêa (2003), o sistema apresenta algumas desvantagens, tais como:

- Impossibilidade de adaptação arquitetônica para novo uso da edificação: como as paredes têm função estrutural, é tecnicamente impossível modificar o arranjo arquitetônico original da edificação;
- Interferência entre projetos de arquitetura, de estruturas e de instalações: a incompatibilidade entre os projetos é um problema frequente nas obras de



alvenaria estrutural, pois não é possível a quebra e o rasgo de paredes para o embutimento das instalações hidráulicas e elétricas;

- Necessidade de mão de obra qualificada: a alvenaria estrutural requer uma mão de obra qualificada e apta para fazer uso dos materiais e equipamentos envolvidos na sua execução, sendo necessário, portanto, um treinamento prévio da equipe contratada para o serviço.

### 3. METODOLOGIA

O estudo foi realizado de forma qualitativa com uso de referências bibliográficas de revistas acadêmicas, livros, artigos científicos e normativas técnicas vigentes sobre o assunto. Assim, com as bases bibliográficas consolidadas desenvolvemos um estudo de caso com um projeto arquitetônico de uma residência de alto padrão executada em concreto armado, fornecido pela Construtora Mitsuo Honda, referência em construções de residências unifamiliares de alto padrão na região de Santarém/PA com o intuito de apresentar a comparação de custos entre os métodos construtivos Alvenaria Estrutural e o Concreto Armado.

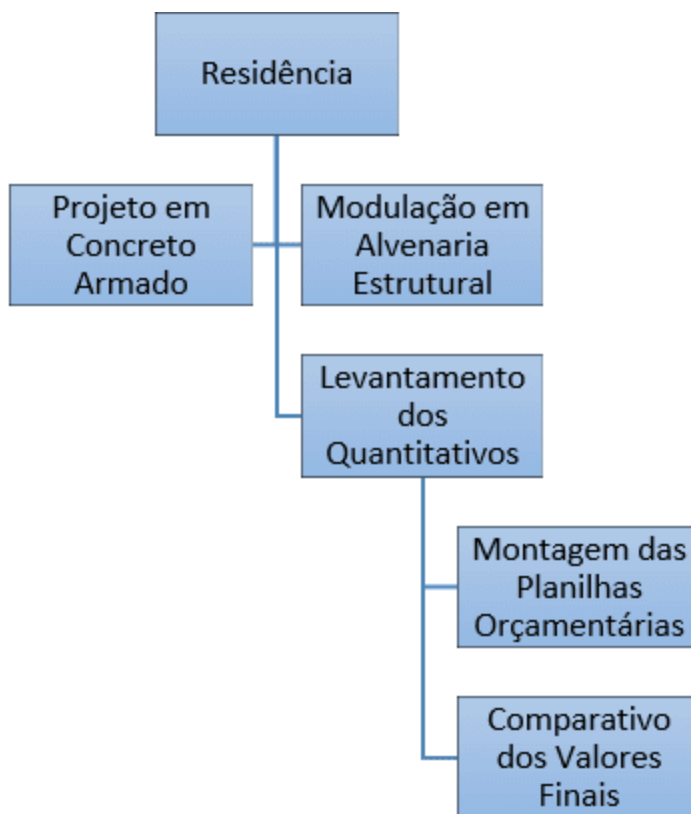
A viabilidade econômica foi feita por meio da análise dos custos para a execução dos dois métodos construtivos: concreto armado (pilares e vigas) e a alvenaria estrutural (com blocos de concreto). No estudo apresentado não serão considerados os custos secundários e específicos, logo fazem parte dessa isenção: fundações, lajes, revestimentos em geral, instalações complementares (elétrica e hidráulica), esquadrias e coberturas. Com isso, foi elaborado um orçamento, contemplando somente a superestrutura no objeto de estudo (primeiro e segundo pavimento), a referência de base de preços, sendo o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) do estado do Pará, com os encargos sociais desonerados do mês de setembro de 2022 e cotação regional de blocos de concreto com a fornecedora local, Juá Pré-Fabricados.

Com a existência do projeto arquitetônico, utilizou-se o software AutoCAD 2020 para elaborar as modulações das primeiras fiadas em alvenaria estrutural do primeiro e segundo pavimento da edificação e o projeto estrutural em concreto armado foi executado no software TQS. Assim, procedeu-se à extração dos quantitativos de materiais e mão de obra.

Com base na comparação e interpretação dos dados poderá chegar a um valor limiar entre custo/benefício de material, mão de obra.

A metodologia seguiu o fluxograma apresentado na Figura 6:

Figura 6: Fluxograma da Metodologia



Fonte: Autor (2022).

### 3.1 APRESENTAÇÃO DA RESIDÊNCIA DE ESTUDO

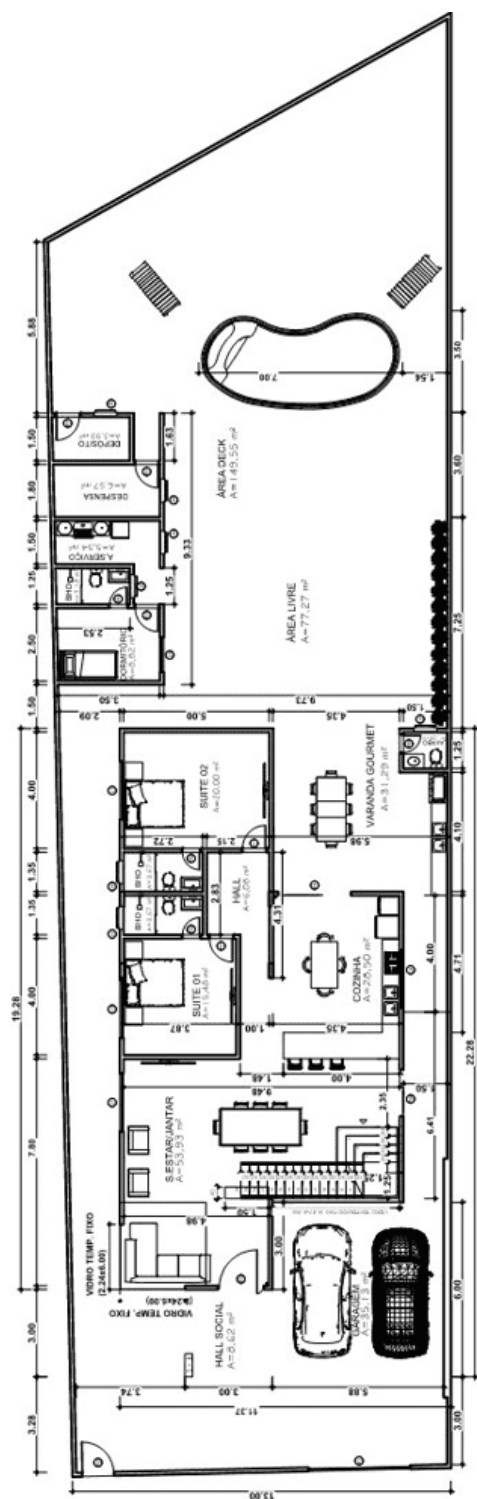
A edificação utilizada como base para este estudo comparativo, trata-se de uma residência unifamiliar de alto padrão, composto por dois pavimentos e totalizando uma área construída de 481,47 m<sup>2</sup>. O projeto foi elaborado pela Construtora Mitsuo Honda. O pavimento térreo possui uma área construída de 160,49 m<sup>2</sup>, o mesmo dispõe de duas suítes, cozinha, sala de estar/jantar e área *gourmet* e garagem. O pavimento superior possui área de 160,49 m<sup>2</sup>, com duas suítes master, *hall* de circulação, escritório, dois terraços e cobertura com reservatório de água. Na Figura 7, está representada a edificação em projeto 3D e a Figura 08 a representação da planta baixa do térreo, na Figura 09 a planta baixa superior.

Figura 7: Projeção em 3D



Fonte: Autor (2022).

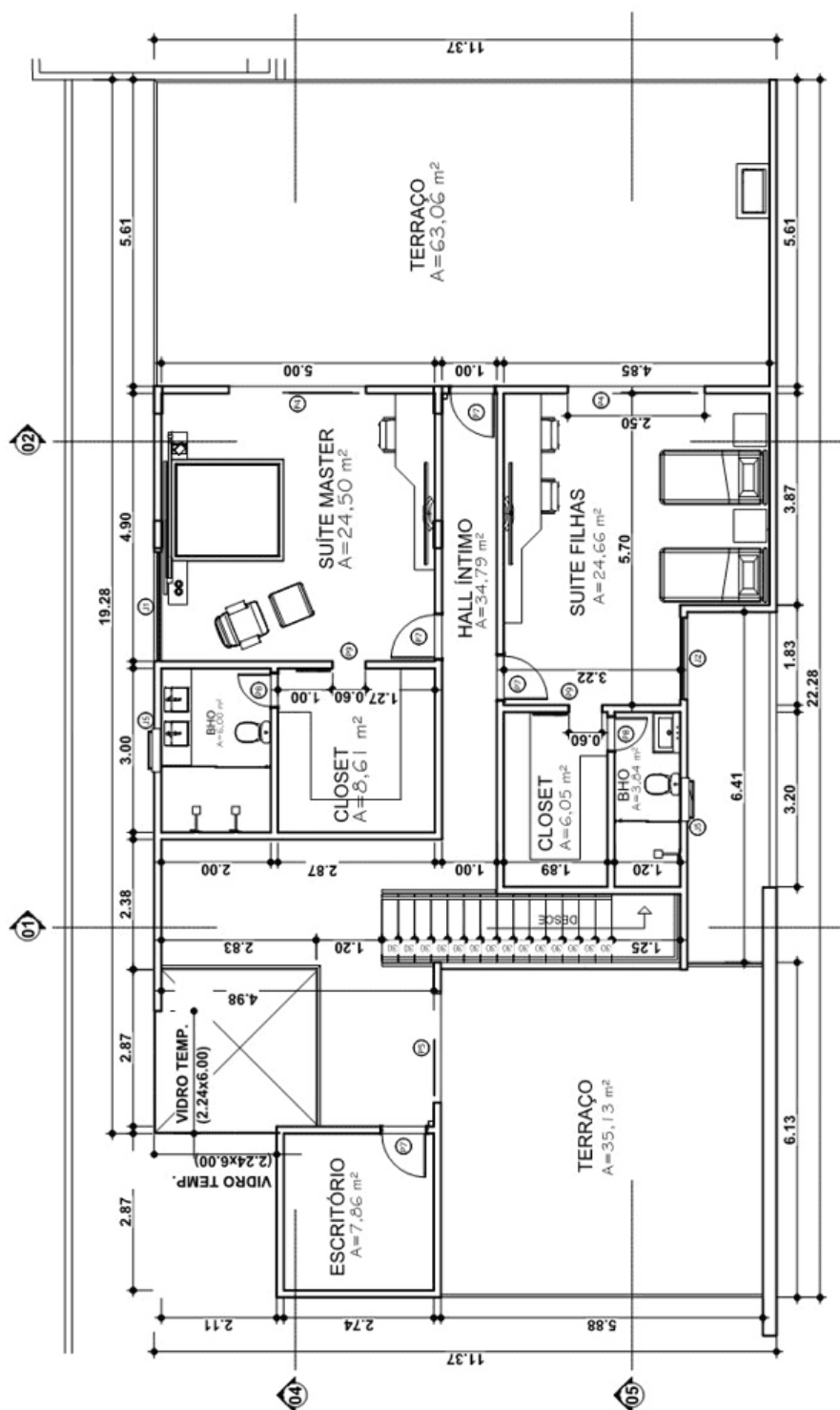
Figura 8: Planta Baixa – 1ª Pavimento



Fonte: Construtora Mitsuo Honda (2022).



Figura 9: Planta Baixa – 2ª Pavimento



Fonte: Construtora Mitsuo Honda (2022).



### 3.2 PROJETO EM CONCRETO ARMADO

O projeto no sistema construtivo de concreto armado foi elaborado no Software TQS, cedida para comparação pela própria construtora, o projeto foi dimensionado seguindo as orientações das normas da NBR 6118 (ABNT, 2003) e as cargas estimadas com base na NBR 6120 (ABNT, 1980). O software gerou os quantitativos de materiais necessários: o volume de concreto, quantitativo de aço e fôrmas e a construtora cedeu as planilhas com os quantitativos por etapa da obra.

Algumas características do projeto em concreto armado, o mesmo consta com 23 pilares com quatro seções diferentes 40x15 cm, 40x20 cm, 40x25 cm e 80x25 cm e as vigas foram dimensionadas com a seção de 15x40 cm, as lajes são do tipo composta por vigotas treliçadas com 12 cm de altura, sendo 5 cm de capeamento, porém as lajes não serão consideradas no levantamento dos dois métodos construtivos.

O  $F_{ck}$  do concreto adotado para os pilares, vigas e lajes foi de 30 MPa e de 25 MPa para as fundações. Assim, o quantitativo de paredes da residência é de 839,58 m<sup>2</sup> com o desconto dos vãos de janelas e portas, os blocos cerâmicos utilizados é o de 9x14x19 cm na composição utilizada no orçamento, a argamassa de assentamento já está inclusa na quantidade total por metros quadrados. Os pilares e vigas utilizaram 29,0 m<sup>3</sup> de concreto, 6998 kg de aço, sendo nos pilares e vigas de diâmetros de 5,0 mm, 6,3 mm, 8,0 mm, 10 mm e 12,5 mm e 424,0 de m<sup>2</sup> de fôrmas.

No quadro 1 abaixo estão detalhadas as composições dos serviços com os custos unitários da mão de obra e dos materiais para a execução da superestrutura da obra em concreto armado convencional, com base nos preços de referência do SINAPI/PA de setembro de 2022.



Quadro 1. Custos Unitários de Mão de Obra e Materiais – Sistema de Concreto Armado

Custos Unitários dos Serviços (Materiais e Mão de Obra) – Concreto Armado					
Item	Código	Banco	Descrição	Unidade	V. Unit
1.0	103332	SINAPI	Alvenaria de Tijolos de 9x14x19 cm (Esp: 9cm)	M2	106,75
1.1	94966	SINAPI	Concreto FCK = 30 MPa, Traço 1:2,3:2,7 AF_05/2021	M3	645,54
1.2	103673	SINAPI	Lançamento de Concreto com Bomba	M3	32,67
1.3	92762	SINAPI	Armação de Pilar ou Viga – Aço CA-50 de 10,00 mm – Montagem. AF_06/2022.	KG	13,00
1.4	92763	SINAPI	Armação de Pilar ou Viga Aço CA-50 de 12,5 mm – Montagem. AF_06/2022.	KG	11,07
1.5	92760	SINAPI	Armação de Pilar ou Viga Aço CA-50 de 6,3 mm – Montagem. AF_06/2022.	KG	14,77
1.6	92759	SINAPI	Armação de Pilar ou Viga Aço CA-60 de 5,0 mm – Montagem. AF_06/2022.	KG	14,98
1.7	92761	SINAPI	Armação de Pilar ou Viga Aço CA-50 de 8,0 mm – Montagem. AF_06/2022.	KG	14,30
1.8	92449	SINAPI	Montagem e Desmontagem de Fôrma de Pilares e Vigas c/ compensada resinada – 6 utilizações	M2	65,99

Fonte: Autor (2022).

Com o levantamento dos quantitativos e dos custos para cada serviço, foi possível elaborar um orçamento total da superestrutura da residência em concreto armado convencional, exposto no Quadro 2 abaixo:

Quadro 2. Custo geral da Superestrutura em Concreto Armado

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA – CONCRETO ARMADO							
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant	V. Unit	Total
1. PAREDES							
1.0	103332	SINAPI	Alvenaria de Tijolos de 9x14x19 cm (Esp: 9cm)	M2	839,58	106,75	R\$ 89.625,16
2. CONCRETO							
2.1	94966	SINAPI	Concreto FCK = 30 MPa, Traço 1:2,3:2,7 AF_05/2021	M3	29,0	645,54	R\$ 18.720,66
2.2	103673	SINAPI	Lançamento de Concreto com Bomba	M3	29,0	32,67	R\$ 947,43
3. AÇO							
3.1	92762	SINAPI	Armação de Pilar ou Viga – Aço CA-50 de 10,00 mm – Montagem. AF_06/2022.	KG	941,0	13,00	R\$ 12.233,00
3.2	92763	SINAPI	Armação de Pilar ou Viga Aço CA-50 de 12,5 mm – Montagem. AF_06/2022.	KG	2890,0	11,07	R\$ 31.992,30
3.3	92760	SINAPI	Armação de Pilar ou Viga Aço CA-50 de 6,3 mm – Montagem. AF_06/2022.	KG	559,0	14,77	R\$ 8.256,43



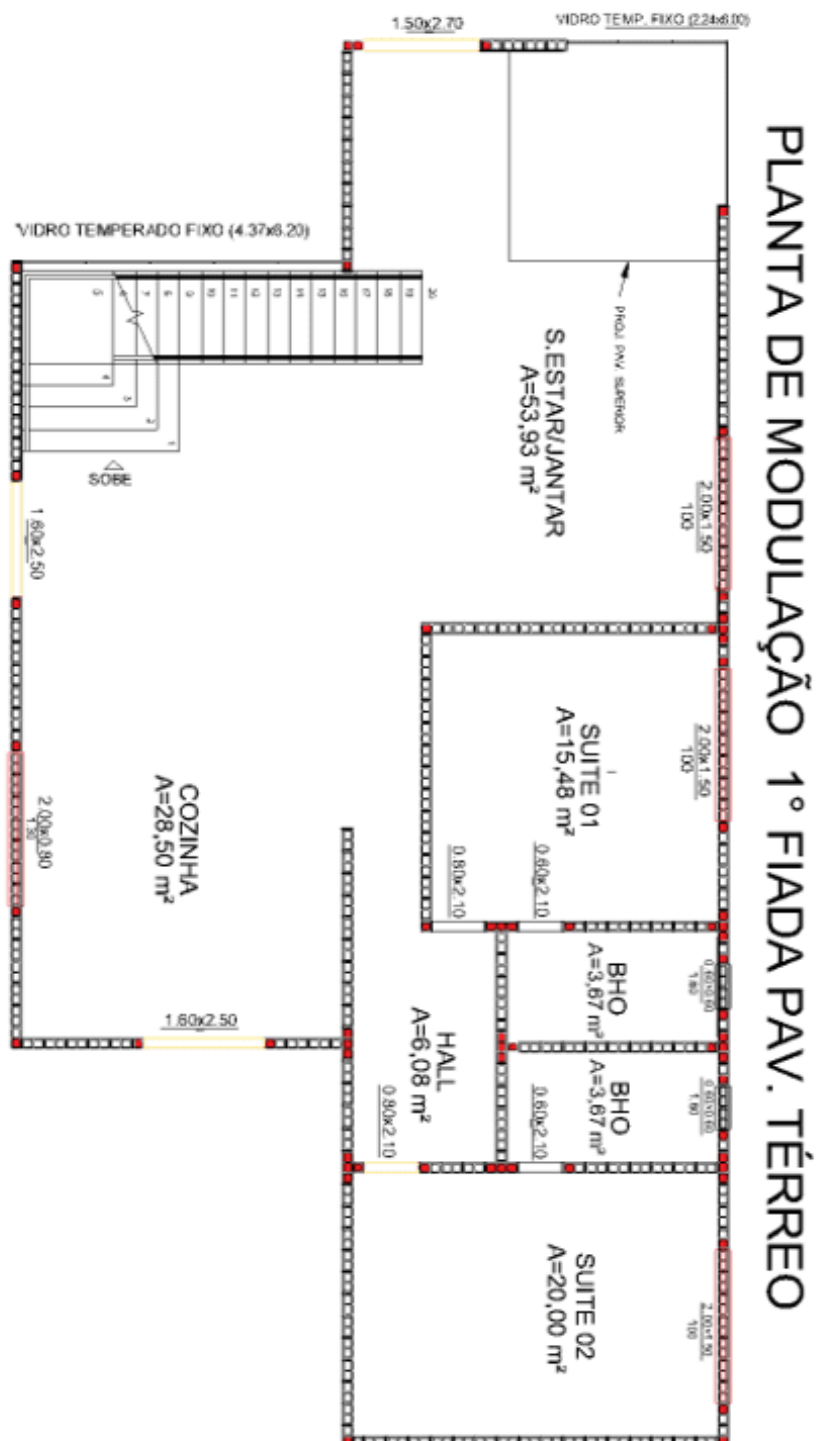
3.4	92759	SINAPI	Armação de Pilar ou Viga Aço CA-60 de 5,0 mm – Montagem. AF_06/2022.	KG	362,0	14,98	R\$ 5.422,76
3.5	92761	SINAPI	Armação de Pilar ou Viga Aço CA-50 de 8,0 mm – Montagem. AF_06/2022.	KG	1072,0	14,30	R\$ 15.329,60
4.	FÔRMAS						
4.1	92449	SINAPI	Montagem e Desmontagem de Fôrma de Pilares e Vigas c/ compensada resinada – 6 utilizações	M2	424,00	65,99	R\$ 27.979,76
TOTAL							R\$ 210.507,10

Fonte: Construtora Mitsuo Honda (2019), adaptador pelo autor.

### 3.3 PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Com base nos projetos da residência foram realizados os levantamentos dos quantitativos para a superestrutura. Assim, o quantitativo de paredes é de 939,28 m<sup>2</sup>, a mesma foi modulada com blocos de concreto estruturais com resistência de 4,5 MPa. As dimensões são de 14x19x39 cm, para as amarrações das paredes foram utilizados os blocos de concreto estruturais de 14x19x44 e 14x19x34, meio bloco de 14x19x19, meia canaleta de 14x19x19, canaleta de 14x19x39 para execução das contravergas e vergas das portas e janelas e nas últimas fiadas das paredes externas e internas será composta, respectivamente, pelos blocos “J” (Baixa Dimensão: 14x(7x19) x30 cm) e blocos “U” (Baixa Dimensão: 14x9x30 cm). Na Figura 8 apresenta a primeira fiada do pavimento térreo e a Figura 9 apresenta a primeira fiada do pavimento superior.

Figura 8. Planta de Modulação da Primeira Fiada do Pavimento Térreo

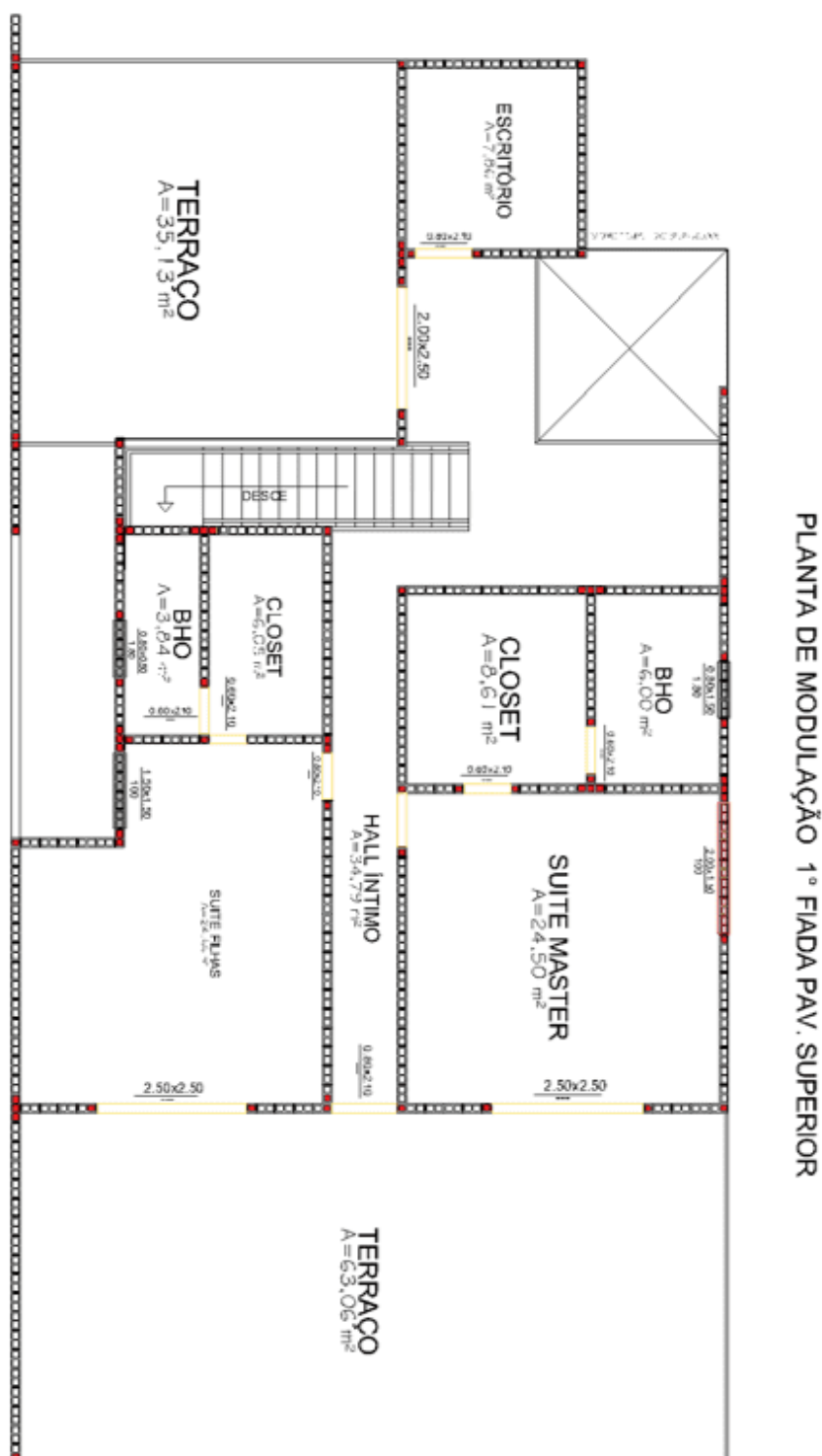


Fonte: Autor (2022).

RC: 133959

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/alvenaria-estrutural>

Figura 8. Planta de Modulação da Primeira Fiada do Pavimento Superior



Fonte: Autor (2022).





Os para os quantitativos de grauteamento dos blocos de concreto e aço foram, respectivamente, 25,80 m<sup>3</sup> e 1671,53 kg, incluindo sua utilização nas intersecções das paredes, laterais das janelas e vergas e contravergas das portas e janelas. As intersecções das paredes receberam o aço com o diâmetro de 12,5 mm, duas barras de 10 mm de diâmetro foram utilizadas nas laterais das janelas, vergas e contravergas. As lajes não foram consideradas no levantamento de materiais e mão de obra, pois a laje não sofrerá alteração na transição de um método construtivo para o outro.

A argamassa para o assentamento dos blocos está incluída na composição de alvenaria, a mesma é mensurada com base no coeficiente de produtividade por metros quadrados total das paredes.

Os blocos e demais serviços para a execução foram cotados através da tabela de preços do SINAPI/PA do mês de setembro de 2022, entretanto os blocos de medidas especiais, foram cotados na fornecedora local, Juá Pré-Fabricados devido não constarem nas tabelas de composições do SINAPI/PA, logo no orçamento serão considerado os seus valores para obtenção do orçamento total. No quadro 3 abaixo, constam os preços unitários de cada serviço para a execução em alvenaria estrutural.

Quadro 3. Custos Unitários de Mão de Obra e Materiais – Sistema de Alvenaria Estrutural

Custos Unitários dos Serviços (Materiais e Mão de Obra) – Alvenaria Estrutural					
Item	Código	Banco	Descrição	Und	V. Unit
1.0	89474	SINAPI	Alvenaria de Blocos de Concreto Estrutural 14x19x39	M2	110,89
1.1	CCU01	JUÁ	Bloco “J” 14x(7x19) x30/Assentado com Argamassa 1:2:9	M	55,02
1.2	CCU02	JUÁ	Bloco “U” 14x9x30/ Assentado com Argamassa 1:2:9	M	50,35
1.3	90278	SINAPI	Graute FGK = 15 Mpa – Traço: 1:0,04:2,2:2,5 – Preparo com Betoneira	m <sup>3</sup>	649,40
1.4	103673	SINAPI	Lançamento de Concreto com Bomba	m <sup>3</sup>	32,67
1.5	92916	SINAPI	Armação de Estruturas de Concreto – Aço CA-50 12,5 MM	KG	11,56
1.6	92919	SINAPI	Armação de Estruturas de Concreto – Aço CA-50 10 MM	KG	13,76

Fonte: Autor (2022).



Com o uso desta metodologia foi possível realizar o levantamento dos quantitativos e dos custos para cada serviço. Assim, elaboramos um orçamento total da superestrutura da residência em alvenaria estrutural, exposto no quadro 4 abaixo:

Quadro 4. Custo geral da Superestrutura em Alvenaria Estrutural

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA – ALVENARIA ESTRUTURAL							
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant	V. Unit	Total
1.0	89474	SINAPI	Alvenaria de Blocos de Concreto Estrutural 14x19x39	M2	939,28	110,89	R\$ 104.156,76
1.1	CCU01	JUÁ	Bloco “J” 14x(7x19)x30/Assentado com Argamassa 1:2:9	M2	13,00	55,02	R\$ 715,26
1.2	CCU02	JUÁ	Bloco “U” 14x9x30/ Assentado com Argamassa 1:2:9	M2	10,00	50,35	R\$ 503,50
1.2	90278	SINAPI	Graute FGK = 15 Mpa – Traço: 1:0,04:2,2:2,5 – Preparo com Betoneira	m³	25,80	649,40	R\$ 16.754,52
1.3	103673	SINAPI	Lançamento de Concreto com Bomba	m³	25,80	32,67	R\$ 842,89
1.5	92921	SINAPI	Armação de Estruturas de Concreto – Aço CA-50 12,5 MM	KG	1.190,27	11,56	R\$ 13.759,52
1.6	92919	SINAPI	Armação de Estruturas de Concreto – Aço CA-50 10 MM	KG	481,26	13,76	R\$ 6.622,14
TOTAL							R\$ 143.354,35

Fonte: Autor (2022).

## 4. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Os resultados entre as comparações foram claros tanto em valores quanto sobre a necessidade do mercado de construção em buscar novos meios de reduzir os custos de uma obra sem perder a qualidade. Nesta etapa da pesquisa, demonstraremos os efeitos de custos dos dois sistemas estudados. Cabe ressaltar, que os custos dos materiais e mão de obra foram obtidos através das tabelas de preços do SINAPI/PA do mês de setembro de 2022 sem considerar o acréscimo de BDI, dentro das composições está detalhado a mão de obra qualificada e o material, com seus respectivos valores unitários e coeficientes de



produtividade, os mesmos estarão disponíveis para consulta no Apêndice 01 e 02, anexo a este trabalho. O Quadro 5 abaixo demonstrar os custos totais distribuídos entre os serviços para cada etapa nos dois sistemas estudados, alvenaria estrutural e concreto armado:

Quadro 5: Comparativo do Custo entre as Estruturas

Composição	Alvenaria Estrutural	Concreto Armado
Alvenaria com Argamassa	R\$ 105.375,28	R\$ 89.625,16
Aço	R\$ 20.381,66	R\$ 73.234,09
Concreto/Graute	R\$ 17.597,51	R\$ 19.668,09
Fôrmas	R\$ ---	R\$ 27.979,76
Total	R\$ 143.354,35	R\$ 210.507,10

Fonte: Autor (2022).

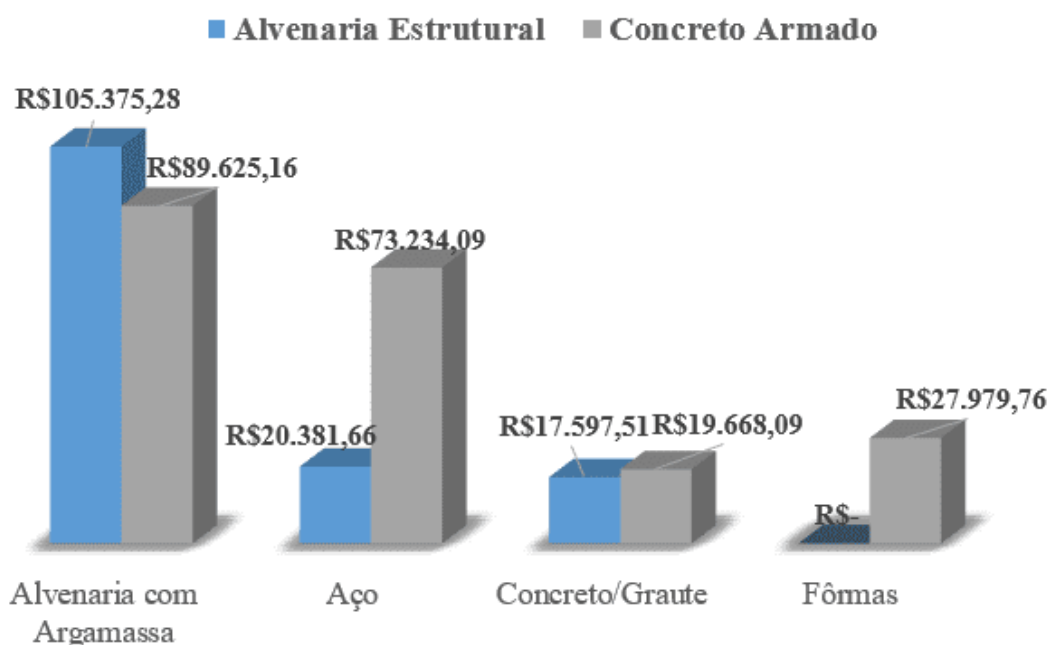
A pesquisa foi voltada para comparação da superestrutura entre os dois sistemas, visto que esta é a etapa construtiva que mais influência no custo final de uma obra. Com o exposto no quadro 5, é possível concluir-se que:

- Os blocos estruturais com o serviço de assentamento e argamassa representam 73,51% do custo total da execução na alvenaria estrutural, o que já é previsto visto que é a base estrutural deste sistema, mesmo que o uso de argamassa seja reduzido comparado ao sistema convencional, o custo do bloco eleva o preço do serviço, enquanto no concreto armado o mesmo item equivale a 42,40% do total.
- A diferença na comparação de aço é expressiva, o quantitativo dos pontos de graute armados representa apenas 14,22% do custo total da obra de alvenaria estrutural, ou seja, é um item de influência baixa no sistema, enquanto no concreto armado representa 34,79% do valor total.
- Fôrmas não são necessárias na Alvenaria Estrutural, salvo algumas exceções. Entretanto no sistema convencional de concreto armado é um item de suma importância por ser responsável pela modelagem dos pilares e vigas, assim seu custo representa 13,29% do valor total.

- As lajes não foram consideradas em ambas as estruturas, pois não foram alteradas na transição, mantendo-se lajes pré-moldadas com uso de vigotas, sendo assim as quantidades de materiais e custos serão os mesmos.

Abaixo o Gráfico 1 apresenta a análise dos dados da comparação entre os dois sistemas construtivos para cada composição:

Gráfico 1 – Comparativo dos Custos por Composição



Fonte: Autor (2022).

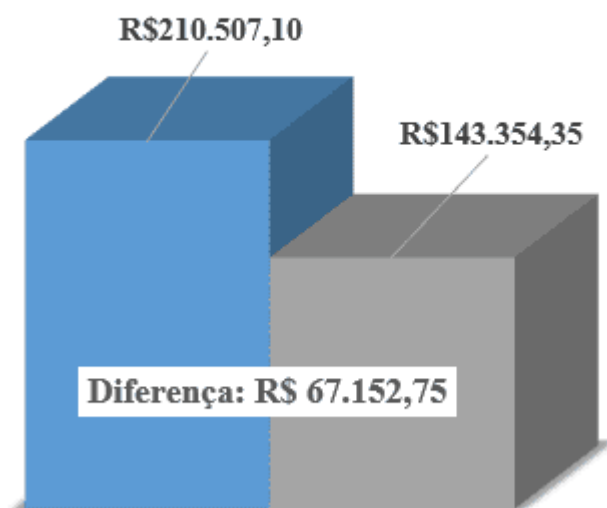
Com o gráfico 1 é possível ter uma visão da disparidade entre os dois sistemas, se apenas a questão do custo for o ponto levado em questão, a alvenaria estrutural será a melhor alternativa. Entretanto, a construção civil carece que muitos parâmetros para definição do método construtivo que melhor atenderá cada situação. Com esses resultados a teoria de Ramalho e Correa (2003) que a substituição dos pilares e vigas pelo uso de paredes estruturais garantirá uma

vasta economia, é confirmada em mais um estudo, já alcançado por diversos autores.

O sistema de alvenaria estrutural pode produzir uma redução de custos na faixa de 25 a 30% quando comparada com o sistema convencional. (SILVA, 2002), outra teoria que conseguimos confirmar com este estudo, pois a diferença de valores entre um sistema e outro é de R\$ 67.152,75 uma redução nos gastos de 31,90% ilustrado pelo gráfico 2 abaixo. Vale ressaltar que não foram considerados os serviços de fundação, instalações hidrossanitárias e elétricas, a execução da escada e a cobertura neste estudo.

Gráfico 2 – Comparativo dos Custos de Totais e Diferença

■ Concreto Armado ■ Alvenaria Estrutural



Fonte: Autor (2022).

Na alvenaria estrutural é necessário um maior controle durante a execução devido ser o bloco o insumo de maior custo e importância nesse sistema, assim, para sua execução exige-se um profissional com mão de obra qualificada, o que se torna uma desvantagem visto que a mão de obra civil não possui uma formação técnica



e sim uma formação baseada nas experiências pessoais no sistema convencional em concreto armado, devido ser o mais utilizado no Brasil, caso seja conveniente a construtora poderá fornecer para seus colaboradores, um treinamento adequado.

Este estudo utilizou o SINAPI/PA do mês de setembro de 2022 como base orçamentária de preços para elaboração dos orçamentos dos dois sistemas e cotação regional para os blocos especiais, este é um ponto muito importante no estudo, pois os valores de materiais da construção civil tem aumentado muito nos últimos anos, com a pandemia da COVID-19 vivida pelo mundo ao longo de dois anos, os custos dos materiais da construção civil passaram por uma “montanha-russa de valores” com dificuldade de estimativa de custos para uma obra, independente do método construtivo escolhido.

Para Tavares (2021) o custo da construção ficou 25% mais caro considerando apenas os materiais utilizados, e ainda a mão de obra escassa devido ao alto volume de construções e o impedimento pelas medidas sanitárias de proteção contra o COVID-19.

Demais pontos devem ser levados em consideração entre um sistema e outro, como o tempo de execução que não foi levantado nesse estudo, as instalações elétricas e hidráulicas que segundo a ARCARI (2010), na alvenaria estrutural podem ser executadas por dentro dos blocos não necessitando de rasgos nas paredes e reduzindo assim, a geração de resíduos no canteiro de obras.

A desvantagem da alvenaria estrutural em ser um sistema que proíbe a possibilidade de alterações nas paredes, caso possuam função estrutural, é um peso na hora da decisão. No entanto as suas vantagens estão tornando a alvenaria estrutural utilizada no mundo inteiro, pois possibilita a execução de uma obra, independente do seu porte, com produtividade, racionalização, qualidade e





segurança por um custo menor comparado com o sistema convencional de concreto armado.

## 5. CONCLUSÕES

O presente estudo buscou apresentar a viabilidade econômica na utilização do sistema construtivo em Alvenaria Estrutural na execução de uma residência de alto padrão, já executada no sistema convencional em concreto armado, devido muitas literaturas apresentarem as vantagens da utilização deste sistema em habitações de baixo e médio padrão. Entretanto com o levantamento dos custos e quantitativos de materiais foi possível demonstrar uma viabilidade econômica vantajosa da Alvenaria Estrutural em residência de alto padrão.

Com o uso da base orçamentária SINAPI/PA do mês de setembro de 2022, sendo está uma base de referência nacional e muito utilizada pelas empresas da região de Santarém/PA para elaboração dos orçamentos, assim como cotação regional na única fornecedora local de blocos de concreto estruturais, Juá Pré-fabricados, foi possível elaborar as planilhas e realizar o comparativo da superestrutura do executado em *in loco* e a projeção do que seria com o uso da Alvenaria Estrutural.

Analisando as condições e resultados obtidos, o sistema de alvenaria estrutural comprovam não somente sua eficácia financeira, mas na racionalização dos materiais, na velocidade de execução e redução do consumo de aço, madeira e cimento na obra. Esses insumos representam um percentual significativo no custo final da obra, a possibilidade de sua redução já vem ganhando o mercado da construção, devido ao aumento expressivo dos seus valores nos últimos anos e pela busca de conhecimento dos profissionais para dominar o funcionamento da Alvenaria Estrutural.

Cabe ressaltar que a Alvenaria Estrutural nem sempre será a melhor opção, devido sua vantagem econômica ser limitada quando comparada com o sistema



convencional em concreto armado em edifícios com múltiplos pavimentos ou residências que apresentem grandes vãos que necessitam de um outro método construtivo mais viável. A falta de desenvolvimento de pesquisas científicas, estudos e normas técnicas, atrasam a evolução deste sistema, percebe-se que carece que este sistema seja mais disseminado dentro da academia e alcance as construtoras, tornando a Alvenaria Estrutural um sistema construtivo comum no dia a dia dos profissionais e clientes, assim aumentando a mão de obra qualificada, por consequência.

Logo, a sugestão para estudos futuros, é o aumento da verificação da viabilidade tanto econômica quanto técnica para residências/edifícios com mais pavimentos, independente do seu porte ou com arquitetura desafiadora.

## REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-1: Alvenaria estrutural – blocos de concreto: parte 1 – projeto. Rio de Janeiro, 2011. 42p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14974-1: Bloco de sílico-calcário para alvenaria parte 1 - requisitos, dimensões e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2003. 36p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto armado - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 1980. 5p.

FEDERAL, Caixa Econômica. SINAPI – Referências de Preços e Custos. Brasil, Governo Federal. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 14 de novembro de 2022.

KALIL, S. M. B. Alvenaria estrutural. 1. ed. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica, 2011.



MOHAMMAD, G. Construções em alvenaria estrutural: materiais, projetos e desempenho. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2020.

PARSEKIAN, G. A. Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto. Edufscar, 2012

PRUDÊNCIO JR, L. R.; DE OLIVEIRA, A. L.; BEDIN, C. A. Alvenaria estrutural de blocos de concreto. 1. ed. Florianópolis: GTec, 2002.

RAMALHO, M.; CORRÊA, M. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo: Pini, 2003. 174 p.

RAMOS, A. S. Influência da dimensão modular da unidade na produtividade em alvenarias estruturais de blocos de concreto. 2001. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. Construindo em alvenaria estrutural. 1999. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1999.

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

SÁNCHEZ FILHO, E. S. Nova normalização para a alvenaria estrutural. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2013. v. 1. 403p

THOMAZ, E.; HELENE, P. Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2000.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. Alvenaria Estrutural. 1. ed. São Paulo: PINI, 2010.

WENDLER, A. Curso sobre projeto de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto. São Paulo: 2005. Apostila 92p.



Enviado: Novembro, 2022.

Aprovado: Novembro, 2022.

---

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Civil. ORCID: 0000-0003-0984-7956.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Civil. ORCID: 0000-0003-2002-2429.

<sup>3</sup> Orientador. ORCID: 0000-0002-6946-6672.