

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO DE MATERIAL ENTRE ALVENARIA ESTRUTURAL E ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIA EM SÃO LOURENÇO-MG

Taciane dos Santos Aparecida Freitas ^{1*}

Prof.^a Geisla Aparecida Maia Gomes ^{2*}

RESUMO

Este trabalho apresenta um comparativo de custo de materiais para os métodos construtivos de alvenaria estrutural e alvenaria convencional de concreto armado para uma residência na cidade de São Lourenço-MG. Nessa análise foi apresentado o projeto de ambos os métodos construtivos, foi elaborado o quantitativo e orçamento, pela base de dados da SINAPI, dos materiais utilizados. Trata-se de um tema relevante na fase de concepção estrutural, para analisar qual o sistema construtivo é o mais viável economicamente. Com os resultados obtidos, verificou-se uma economia de 32,81% dos materiais utilizados na alvenaria estrutural se comparado à alvenaria convencional, para este estudo de caso. Porém, vale ressaltar, que o melhor tipo de solução estrutural vai além do custo de materiais, pois também depende de outras variáveis como o porte do projeto, localização regional, disponibilidade de materiais na região e de mão de obra qualificada, tornando-se importante conhecer as vantagens e as desvantagens de cada modelo construtivo. Por fim, conclui-se que para edificações residenciais de médio porte na cidade de São Lourenço-MG é recomendada a utilização da alvenaria estrutural.

Palavras-chave: Estruturas. Métodos Construtivos. Alvenaria Estrutural. Alvenaria Convencional. Concreto Armado. Comparativo.

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico e as diversas transformações, a construção civil se depara com uma realidade de mudanças e adaptações, tornando-se necessária a busca por novos modelos construtivos, gerenciamento de obras, otimização e aumento da produtividade, visando um menor custo, redução de tempo e desperdícios, contudo sem diminuir a qualidade do produto (MOHAMAD, 2015). Com isso, o método construtivo em alvenaria estrutural está

^{1*} Acadêmico do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. UNIS/MG. E-mail: taciane.aparecida@alunos.unis.edu.br

^{2*} Prof. Esp. Geisla Aparecida Maia Gomes. Engenheira Civil, Mestranda em Estatística Aplicada. Docente no Centro Universitário do Sul de Minas.

ganhando destaque nas construções, por ser considerada uma obra mais rápida, limpa e econômica se comparado ao método tradicional de construção em concreto armado.

Assim, o sistema de construção em alvenaria estrutural é capaz de fornecer maior flexibilidade no planejamento das etapas de execução de obras, tornando esse sistema cada vez mais competitivo no Brasil, se comparado ao concreto armado e aço (MOHAMAD, 2015).

A alvenaria estrutural exige uma mão de obra com maior qualificação e aptidão para o uso de instrumentos e ferramentas adequadas para sua execução, sendo necessário um treinamento prévio da equipe, para que não existam riscos de falhas comprometendo a segurança da estrutura. Entretanto, a alvenaria convencional em concreto armado ainda é predominante no Brasil, pois se apresenta como um sistema familiarizado pelos trabalhadores apesar de manifestar um grande nível de desperdícios e baixa produtividade (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

Ademais, o custo da construção feita com alvenaria estrutural tende a ser menor que ao da alvenaria convencional em concreto armado, visto que essa técnica substitui o uso de vigas e pilares. Na alvenaria estrutural, as paredes são autoportantes, ou seja, elas possuem dupla função, a de vedação e a de suporte estrutural para a edificação, o que gera mais economia (RAMALHO E CORRÊA, 2003). Também são utilizados os grautes, que são preenchimentos de concreto fluido com alta resistência realizados em pontos necessários no próprio bloco, facilitando as etapas construtivas e dispensando o uso de formas.

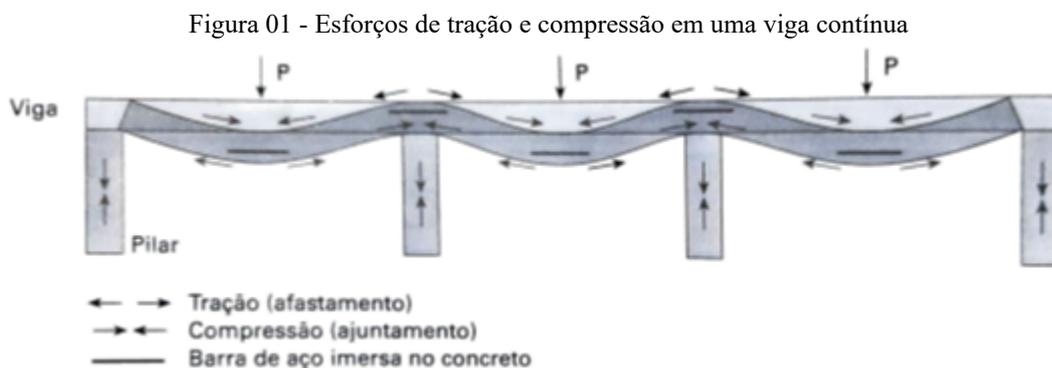
Diante deste cenário, foi realizada uma análise econômica comparativa de materiais entre os métodos construtivos de alvenaria estrutural e convencional em concreto armado, para uma residência de médio porte na cidade de São Lourenço-MG. Desse modo, o desenvolvimento deste trabalho poderá auxiliar as construtoras e profissionais da área na escolha do melhor método construtivo para uma residência como a apresentada no estudo.

2 SISTEMAS ESTRUTURAIS ANALISADOS

2.1 Alvenaria Convencional de Concreto Armado

Botelho e Marchetti (2019, p.28), nos ilustra que somente o concreto resiste muito bem aos esforços de compressão e pouco resiste à tração, equivalente a dez vezes mais à compressão se comparado à tração. Com isso, para resistir aos esforços de tração, houve a

necessidade de inserir o aço na parte tracionada dos elementos, assim, temos o concreto armado, como ilustrado na figura a seguir.



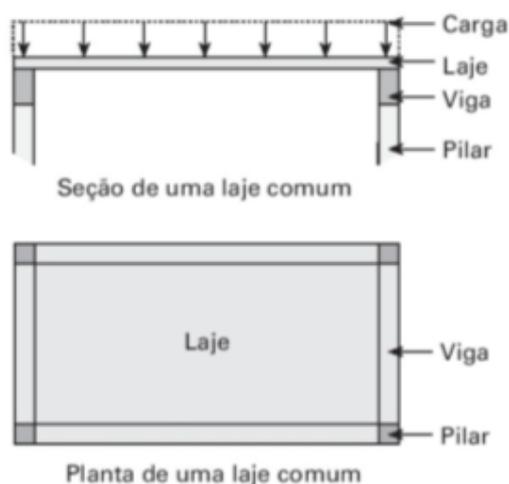
Fonte: (BOTELHO E MARCHETTI, 2019, p.28)

Logo, o concreto e o aço, devem trabalhar juntos, as barras de aço tracionadas funcionam deformando o concreto ao seu redor, então elas começam a ser alongadas, o que pode ser denominado de armaduras passivas. A principal característica do concreto armado é o fato do concreto e as barras de aço trabalharem em conjunto devido à aderência, podendo surgir fissuras na parte tracionada do concreto. (CARVALHO E FIGUEIREDO, 2014).

O processo construtivo da alvenaria convencional em concreto armado se dá através da construção dos elementos estruturais e posteriormente o fechamento é realizado por meio da alvenaria de vedação, que não possui função estrutural e não participa do sistema resistente da edificação, somente a estrutura, formada pelas lajes, vigas, pilares e elementos da fundação possuem a tarefa de resistir aos esforços solicitados pela edificação (BOTELHO E MARCHETTI, 2019).

Os principais elementos que compõem o sistema estrutural de concreto armado são os pilares, vigas e lajes. Os pilares em consonância com a definição estipulada pela NBR 6118:2014 (item 14.4.1.2), são “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes”. Já as vigas, também segundo conceituação proposta pela NBR 6118:2014 (item 14.4.1.2), são “elementos lineares em que a flexão é preponderante”. Por fim, de acordo com Botelho e Marchetti (2019, p.132), as lajes são as primeiras estruturas que recebem e sustentam cargas verticais acidentais que ocorrem nos edifícios, são estruturas planas, geralmente retangulares e possuem, relativamente, pequenas espessuras. A seguir apresenta-se na figura abaixo a esquematização de um modelo estrutural básico.

Figura 02 - Principais elementos da estrutura



Fonte: (BOTELHO E MARCHETTI, 2019, p.132)

Conforme recomenda a NBR 6118:2014, o projeto estrutural deve seguir os critérios de dimensionamento e detalhamento de cada um dos elementos estruturais e das conexões que possibilitam a construção da estrutura como um todo.

Segundo Carvalho e Figueiredo (2014), é preciso que o cálculo ou dimensionamento de uma estrutura tenha garantia de que ela suportará, de forma segura, estável e sem deformações excessivas, todas as solicitações de carregamentos demandadas durante a execução da obra e após com o uso da edificação.

2.1.1 Principais normas para projeto de concreto armado

Para elaboração do projeto estrutural em concreto armado, é fundamental a análise, dimensionamento e detalhamento da estrutura, para isso se torna indispensável o atendimento da norma NBR-6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto, ela é considerada uma das mais importantes ao se tratar das estruturas de concreto simples, concreto armado e concreto protendido. Seu objetivo é garantir a qualidade, eficiência, segurança e durabilidade das estruturas.

Dessa maneira, é preciso considerar os carregamentos para o cálculo da estrutura de edificações, através da NBR 6120:2019 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações é possível obter as cargas dos principais elementos do projeto, o peso específico dos materiais, as cargas de revestimento e cargas acidentais de acordo com a utilização de cada ambiente.

Visto isto, é essencial a consideração de ações, segurança e forças devido ao vento nos projetos de edificações. Para se verificar os tipos de ações e como devem ser consideradas, e o efeito estático ou dinâmico do vento nas estruturas que é uma ação obrigatória a ser considerada no dimensionamento, é necessário atender as normas NBR 8681:2004 - Ações e segurança nas estruturas e NBR 6123:2019 - Forças devidas ao vento em edificações.

2.2 Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural, como destaca a NBR 15270-1:2017 é a “alvenaria admitida como participante da estrutura”. Este processo construtivo consiste na edificação de paredes que têm função de estrutura e de vedação de forma simultânea, ou seja, as alvenarias são elementos “portantes”, elas atuam como estrutura, e tem a função de resistir às cargas verticais e horizontais, dispensando o uso de vigas e pilares.

Este método está em ascensão, pois engloba racionalização de projetos, contendo compatibilização com as instalações e modulação para uma melhor execução e aproveitamento da obra, conseqüentemente gerando maior vantagem econômica devido à redução do constante retrabalho e desperdício de materiais, proporcionando uma maior flexibilidade no controle e planejamento da execução das etapas da obra (MOHAMAD, 2015).

Os componentes essenciais da alvenaria estrutural são: bloco, junta de argamassa, graute e armadura, eles são os principais responsáveis pelas características resistentes da estrutura, definidos pela NBR 16868-1:2020 como:

- Bloco: é componente básico da alvenaria com altura maior ou igual a 115mm, podendo ser vazado, perfurado ou maciço.
- Junta de argamassa: componente utilizado na ligação dos blocos ou dos tijolos.
- Graute: material cimentício fluido, utilizado para preenchimento de espaços vazios da alvenaria, com a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar a sua capacidade resistente.

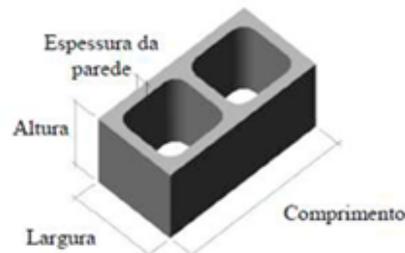
2.2.1 Paredes e blocos estruturais

Na alvenaria estrutural toda parede é empregada como participante da estrutura, ou seja, ela tem a função estrutural de resistir aos esforços solicitantes. Os blocos estruturais são

um de seus principais componentes, eles precisam ser modulados e não podem ser recortados, por isso existem dimensões diferentes para confecção das paredes, segundo a NBR 6136:2016:

- Bloco vazado de concreto simples: componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, sua área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta (ver Figura 03).

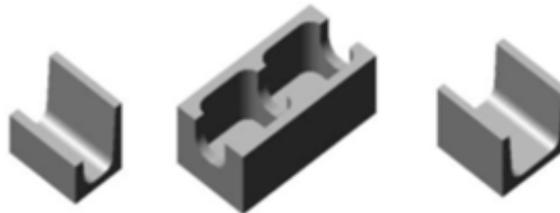
Figura 03 – bloco vazado de concreto simples



Fonte: NBR 6136:2016

- Blocos tipo canaleta: componentes de alvenaria, vazados ou não, com conformação geométrica conforme, criados para racionalizar a execução de vergas, contravergas e cintas (ver figura 04).

Figura 04 – blocos tipo canaleta J e U



Fonte: NBR 6136:2016

- Bloco compensador: componente de alvenaria destinado para ajuste de modulação (ver figura 05).

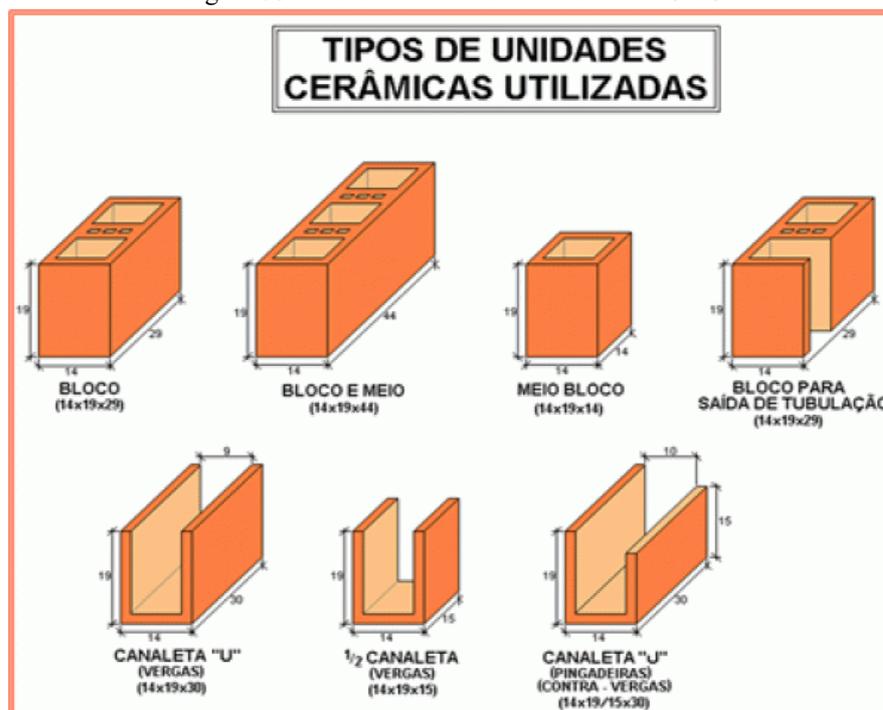
Figura 05 – bloco compensador



Fonte: NBR 6136:2016

Existem várias famílias para os blocos estruturais, para os blocos de concreto o mais comum é o da família de 14x39 e para os blocos cerâmicos, os de paredes vazadas da família de 14x29, que foram os escolhidos para esta pesquisa, conforme figura a seguir:

Figura 06 – blocos cerâmicos da família 14x19x29



Fonte: http://www.forumdaconstrucao.com.br/materias/imagens/01927_03.jpg

De acordo com a NBR 6136:2016 os blocos utilizados com função estrutural devem possuir no mínimo 4 Mpa de resistência característica à compressão axial e classe A e B de acordo com a complexidade da edificação.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003, p. 13) a modulação é um procedimento absolutamente necessário para que estruturas de alvenaria estrutural sejam consideradas econômicas e racionais, devendo apresentar todas as dimensões moduladas e ajustadas conforme projeto. Se a dimensão do edifício não for ajustada (porque o bloco não deve ser cortado), o enchimento resultante irá levar a custos mais elevados e menor racionalidade do projeto envolvido. Este custo mais elevado não se deve apenas à mão de obra, mas também ao seu impacto negativo na dimensão de toda a estrutura.

Ainda de acordo com Ramalho e Corrêa (2003, p. 13) se as paredes não formam uma modulação adequada, é necessário preencher os vazios, ou onde não há amarração dos blocos é preciso fazer uma junta prumo, porém, com isso, a parede trabalha de forma isolada, o que

prejudica o funcionamento da estrutura, dado que altera a distribuição das cargas nas paredes, além de afetar a economia do conjunto.

As cargas verticais que atuam sobre as paredes podem apresentar valores diferentes num mesmo nível da edificação. Portanto, como os blocos visualmente não possuem diferença e podem ser facilmente confundidos, para evitar erros na execução não é recomendável a utilização de blocos de resistências diferentes em um mesmo pavimento, assim, a parede mais carregada acaba definindo a resistência do bloco utilizado para todas as paredes daquele pavimento. Com isso, pode-se afirmar que a economia será maior se a carga vertical ao longo da altura de toda a edificação for uniforme, pois assim é possível diminuir as resistências dos blocos utilizados. Conforme a carga em cada pavimento aumenta, as resistências dos blocos também aumentarão a uniformidade das cargas (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

A NBR 16868-1:2020 aponta que é importante que os materiais (graute e argamassa) e prisma tenham como referência a resistência do bloco, como recomendado na tabela a seguir:

Tabela 1 – Recomendação para especificação dos materiais da alvenaria estrutural

Tipo de bloco	f_{bk}	f_b	f_{pk}	f_{pk}/f_{bk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk} f_{pk}^*		Espessura mínima de parede do bloco mm
	MPa					MPa		
Bloco vazado de concreto, conforme a ABNT NBR 6136 (ref. 14 × 39 cm)	3,0	4,0	15,0	0,80	2,00	2,4	4,8	25
	4,0	4,0	15,0	0,80	2,00	3,2	6,4	25
	6,0	6,0	15,0	0,75	1,75	4,5	7,9	25
	8,0	6,0	20,0	0,75	1,75	6,0	10,5	25
	10,0	8,0	20,0	0,70	1,75	7,0	12,3	25
	12,0	8,0	25,0	0,70	1,60	8,4	13,4	25
	14,0	12,0	25,0	0,70	1,60	9,8	15,7	25
	16,0	12,0	30,0	0,65	1,60	10,4	16,6	25
	18,0	14,0	30,0	0,65	1,60	11,7	18,7	25
	20,0	14,0	35,0	0,60	1,60	12,0	19,2	25
22,0	18,0	35,0	0,55	1,60	12,1	19,4	25	
24,0	18,0	40,0	0,55	1,60	13,2	21,1	25	
Bloco cerâmico de parede vazada, conforme a ABNT NBR 15270-1 (ref. 14 × 29 cm)	4,0	4,0	15,0	0,50	1,60	2,0	3,2	8
	6,0	6,0	15,0	0,50	1,60	3,0	4,8	8
	8,0	6,0	20,0	0,50	1,60	4,0	6,4	8
	10,0	8,0	25,0	0,45	1,60	4,5	7,2	8
Bloco cerâmico de parede maciça, conforme a ABNT NBR 15270-1 (ref. 14 × 29 cm)	10,0	8,0	20,0	0,60	1,60	6,0	9,6	22
	14,0	12,0	25,0	0,60	1,60	8,4	13,4	25
	18,0	15,0	30,0	0,60	1,60	10,8	17,3	30

f_{pk}^* = resistência de prisma cheio.

Fonte: NBR 16868-1:2020

2.2.2 Pontos positivos e negativos da alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural vem ganhando cada vez mais espaço na construção civil, uma vez que apresenta 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 (BERTI E RAFAEL, 2019).

Ramalho e Corrêa (2003) esclarecem que os principais pontos positivos da alvenaria estrutural são: economia com formas; redução significativa dos revestimentos; diminuição dos desperdícios de material e mão de obra; paredes não permitem intervenções, como rasgos e aberturas para instalações elétricas e hidráulicas, eliminando desperdícios, exigindo maior planejamento, menos retrabalho, conseqüente economia de mão de obra; redução do número de especialidades: como carpinteiros e armadores; flexibilidade no ritmo de execução da obra, maior rapidez.

Além disso, em consonância a Lage (2021), o sistema também possui grande potencial tecnológico e econômico, decorrentes da racionalização, padronização e industrialização; simples operação e execução, diminuição de custos; bom desempenho para suprir as necessidades sócio-econômicas e condições climáticas do país; resistência ao fogo, bom isolamento térmico e acústico; redução de espessuras no revestimento; durável, exige pouca manutenção; racionalização da execução e maior velocidade; redução de quebras, desperdícios e entulhos.

Ainda segundo Lage (2021) uma grande vantagem da alvenaria estrutural se deve ao fato de a mesma não necessitar de formas em vigas e pilares. As formas representam a partir de 25% do custo da estrutura, a estrutura representa cerca de 20% do custo da obra, logo, as formas representam de 5% à 7,5% do custo da obra, portanto, o fato de não se utilizar as formas na estrutura gera uma economia significativa.

Em contrapartida, como ponto negativo, exige controle de qualidade eficiente tanto dos materiais como dos componentes da alvenaria, como graute, argamassa, blocos e primas; mão de obra qualificada e treinada; constante fiscalização para correta execução, alinhamento nas amarrações e no prumo; pouca flexibilidade para remoção de paredes e para aumento do ambiente; limitações de grandes vãos e balanços, sendo necessário utilizar concreto armado em alguns casos, surgindo a estrutura mista (LAGE, 2021).

2.2.3 Normas para projeto de alvenaria estrutural

Os projetos de alvenaria estrutural, devem ser dimensionados e atender a norma em vigor no momento NBR 16868:2020 - Alvenaria estrutural, partes 1, 2 e 3, esta norma estabelece os requisitos para o projeto de estruturas de alvenaria, análise do desempenho estrutural de seus elementos inseridos em outros sistemas estruturais, como também trata da execução, controle e métodos de ensaio.

Desta maneira, para a elaboração de projetos de alvenaria estrutural é relevante o conhecimento dos blocos estruturais, que é o principal componente do sistema, logo, é preciso estar em consonância com a NBR 15270-1:2017 Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria, partes 1, 2 e 3, que trata dos blocos cerâmicos para a alvenaria de vedação, blocos cerâmicos para a alvenaria estrutural e seus métodos de ensaio.

Como também, é necessário ter conhecimento sobre os blocos de concreto, considerando que ao elaborar um projeto de alvenaria estrutural a escolha da melhor opção de bloco é indispensável, uma vez que tem um grande impacto no orçamento da construção, com isso, precisa-se atentar a NBR 6136:2016 que trata de blocos vazados de concreto simples para alvenaria.

2.3 Orçamento

Baseado nos métodos construtivos apresentados anteriormente, é de suma importância que a Engenharia de Custos seja considerada, pois através dela são realizadas as composições de serviço que constituirão um orçamento final para o projeto de construção.

Segundo a CAIXA (2020), a Engenharia de Custos é a especialidade de estabelecer métodos e técnicas para o estudo de custos de uma obra ou empreendimento para a formação de preços destas intervenções e o controle destes gastos durante sua execução, buscando solucionar problemas de estimativa e controle de despesas e lucratividade.

Dessa maneira, a orçamentação é de fundamental importância em um empreendimento, pois é “uma das atividades inerentes ao profissional dessa área, busca alcançar a estimativa de custos antes que se transformem em despesas, sendo necessário, após isso, acompanhá-los e gerenciá-los à medida que ocorrem.” (CAIXA, 2020, p.15).

Já as composições unitárias, são definidas como “elementos que relacionam a descrição, codificação e quantificação dos insumos e/ou de composições auxiliares empregados para se executar uma unidade de serviço” (CAIXA, 2020, p.32).

Isto posto, ao elaborar um orçamento objetiva-se chegar o mais próximo possível do custo real de um determinado serviço. Para tanto, elabora-se especificações detalhadas com composições unitárias de serviços e pesquisa de preços dos insumos. Um dos bancos de dados mais comumente utilizados na preparação de orçamentos é o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, mais conhecido como Tabela SINAPI que é amplamente utilizada na elaboração de orçamentos de projetos públicos e privados, constituindo-se em um banco de dados confiável, em razão de ser atualizada mensalmente pela CAIXA com o auxílio do IBGE. Também é importante observar que a atualização é feita individualmente para todos os estados do país.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida por meio de um estudo comparativo, no qual teve como objetivo verificar as diferenças de custos de materiais entre dois métodos construtivos da construção civil: a alvenaria estrutural de bloco cerâmico e alvenaria convencional de concreto armado.

Para que o propósito dessa investigação fosse alcançado, o estudo realizou-se em uma empresa do ramo da construção civil, a qual irá iniciar a edificação de uma residência, na cidade de São Lourenço - MG. O projeto foi desenvolvido através de alvenaria estrutural utilizando-se blocos cerâmicos estruturais.

Os orçamentos foram feitos levando-se em consideração a tabela SINAPI, porém alguns blocos não foram encontrados, portanto foi desenvolvido um orçamento com o fornecedor mais próximo da obra considerando-se o frete, para que um valor mais próximo do real que fosse estipulado.

3.1 Partes construtivas analisadas

Ainda que exista diferenças significativas entre a alvenaria estrutural de bloco cerâmico e alvenaria convencional de concreto armado, algumas semelhanças podem ser observadas. Contudo, como esse estudo se volta para análise das discrepâncias entre esses

dois sistemas, esses aspectos de igualdade serão desconsiderados, sendo eles: movimentação de terras, fundação, instalações hidráulicas, elétricas, esquadrias, lajes e escadas.

Logo, como na alvenaria convencional são utilizados vigas e pilares com paredes apenas para vedação, e na alvenaria estrutural as paredes tem a função estrutural, utilizando-se blocos e pontos de grauteamento, nesta pesquisa será levado em consideração apenas os itens que possuem grande diferença entre os dois sistemas construtivos.

Dessa maneira, um ponto de diferenciação entre esses sistemas construtivos faz referência ao reboco, que consiste em um revestimento de parede feito com argamassa fina, que pode receber pintura diretamente ou a aplicação de massa corrida. Na alvenaria estrutural, como os blocos utilizados têm um maior controle de fabricação, requerem maiores cuidados com assentamento e prumo, é utilizado uma quantidade menor de revestimento, pois as paredes ficam mais perfeitas. (BERTI E RAFAEL, 2019, p.49).

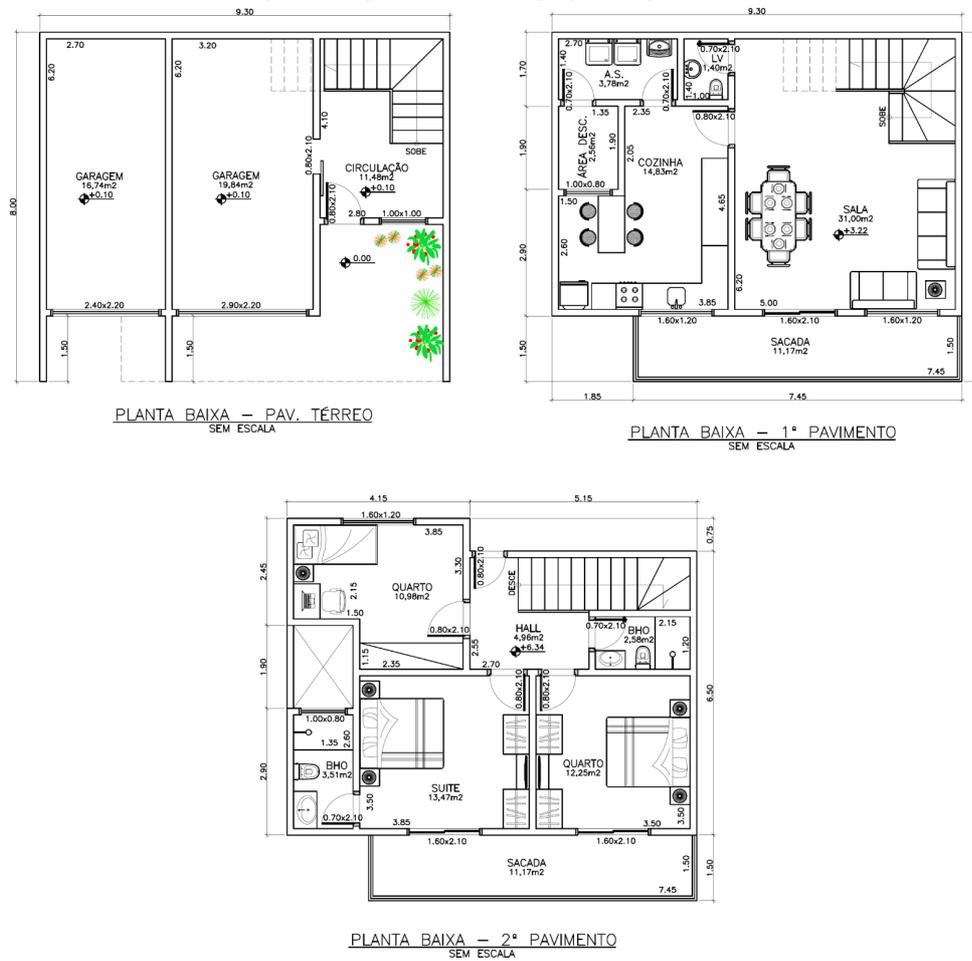
Geralmente, as paredes de alvenaria convencional recebem várias camadas de revestimentos, o chapisco, emboço, reboco, massa corrida e tinta, ou é utilizado a aplicação de gesso. Já na alvenaria estrutural, pode ser utilizado a monocapa, um revestimento que simultaneamente possui a função de proteção e decoração, sendo aplicada diretamente na alvenaria estrutural. Como também o gesso ou uma fina camada de reboco podem ser aplicados direto na alvenaria, gerando maior economia e maior rapidez na aplicação.

Assim, como no estudo de Berti e Rafael (2019), as partes que também foram analisadas na alvenaria estrutural, são os blocos que possuem papel estrutural, o graute que serve como amarração dos blocos e leva aço e concreto, precisando de grande atenção e precisão em sua execução. Entretanto, para a obra no método construtivo em concreto armado, foi quantificado as vigas, pilares e alvenaria, como também as formas, parte em que se diferencia da alvenaria estrutural, e faz diferença na economia de custos.

3.2 Apresentação dos projetos

Trata-se de uma residência real a ser construída na cidade de São Lourenço-MG, uma edificação residencial unifamiliar de médio porte composta por dois quartos, uma suíte, sala, cozinha, banheiro, lavabo, duas sacadas, duas garagens, possuindo uma área total construída de 175,72m², conforme planta baixa a seguir.

Figura 07 - planta baixa do projeto arquitetônico



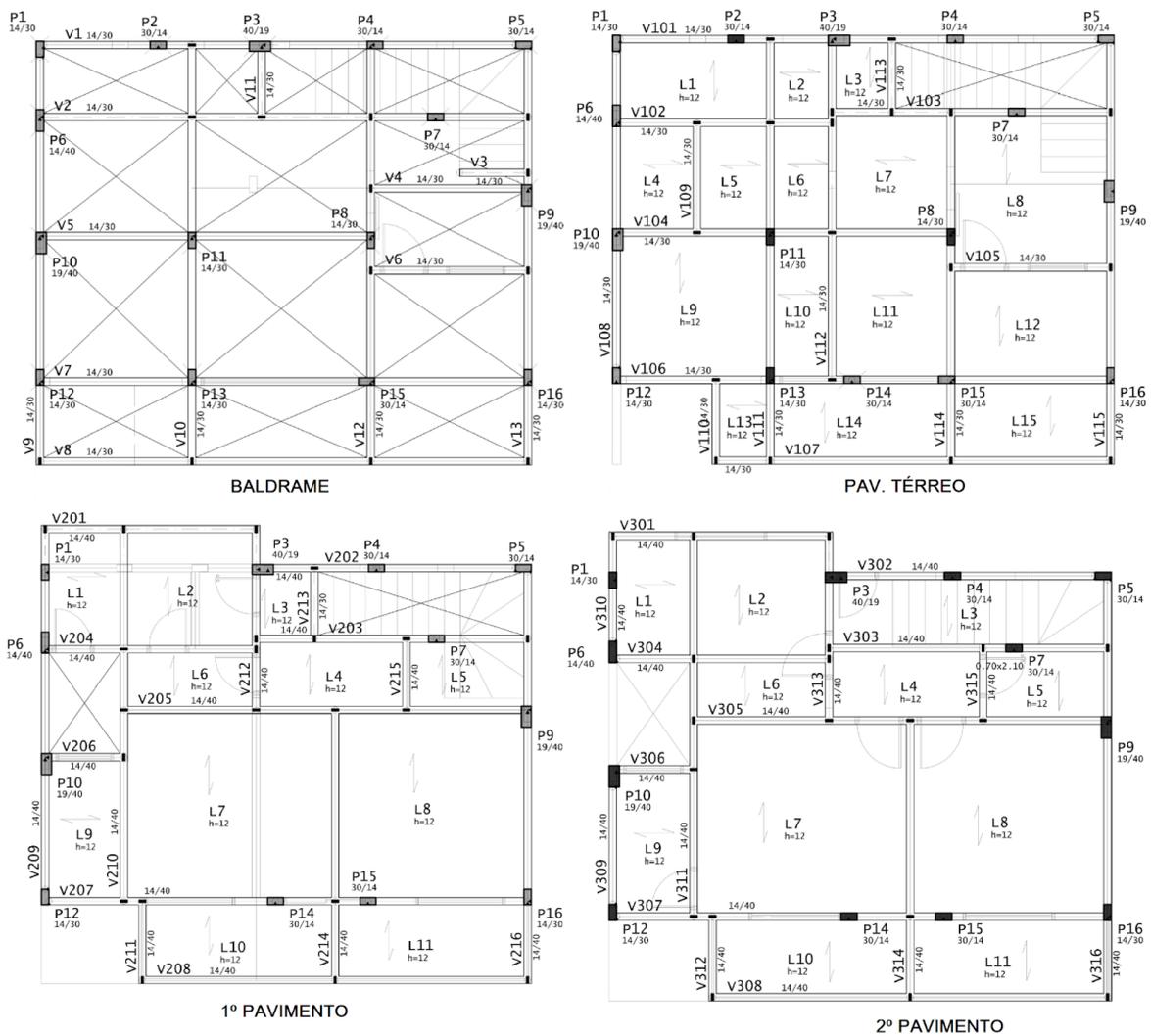
Fonte: projeto fornecido pela empresa redesenhado pela autora

No projeto de alvenaria estrutural, fornecido pela empresa, foram utilizados blocos cerâmicos estruturais da família 30, classe B e de resistência à compressão de 4,5MPa, sendo: bloco inteiro (14×29×19), meio bloco (14x14x19), bloco contrafilamento "T" (14x44x19) e bloco canaleta (14x29x19). O graute com a resistência de 15Mpa e a argamassa de assentamento com a resistência de 4Mpa. Conforme projeto apresentado a seguir:

Para elaboração do projeto estrutural em concreto armado, a partir da concepção estrutural, foi feita a análise, dimensionamento e detalhamento estrutural, para isso foi utilizado o sistema TQS na versão V22.6.105. Assim, foi possível obter os dados necessários que levaram à construção das composições de serviços.

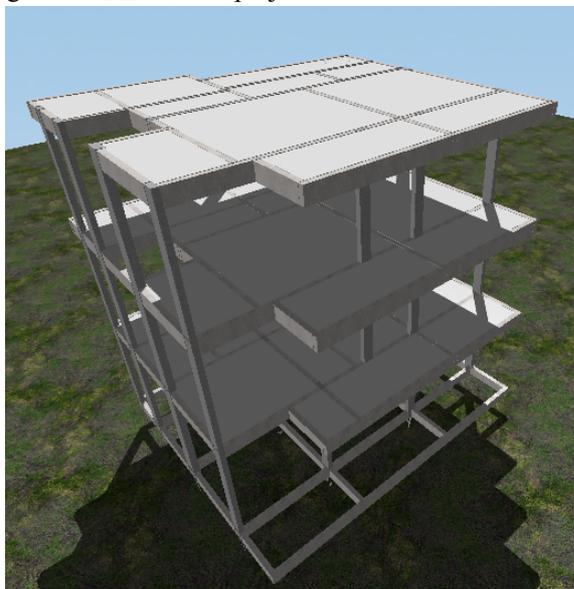
Na análise, para dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais deste edifício foram empregadas as prescrições indicadas pela norma NBR-6118:2014, conforme projeto a seguir:

Figura 09 - planta de formas concreto armado



Fonte: autora

Figura 10 - vista 3d do projeto em alvenaria convencional



Fonte: autora

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Para obter confiabilidade e padronização quanto aos custos de insumos a serem analisados, optou-se por utilizar o banco de dados SINAPI do estado de Minas Gerais com data de referência técnica de 20 de setembro de 2021, para se elaborar as composições próprias de serviço necessárias para este estudo de caso.

Foi escolhido a SINAPI principalmente por sua confiabilidade, que é largamente utilizada tanto pelo setor público como pelo setor privado para fins de elaboração de orçamentos.

Porém, certos materiais não foram encontrados nas tabelas da SINAPI, o que impôs a necessidade de realização de um orçamento com o fornecedor mais próximo e econômico da região, que foi o caso de alguns tipos de blocos estruturais.

Desta forma, através dos critérios estabelecidos e das composições de serviços elaboradas para cada tipo de sistema construtivo, obteve-se os custos de forma individualizada através da SINAPI.

4.1 Orçamento de materiais para alvenaria estrutural

A seguir, na tabela 2, será ilustrado o quantitativo e o orçamento dos blocos estruturais obtidos pela empresa Cerâmica Formigari, localizada na cidade de Machadinho-SP, no dia 22 de setembro de 2021 e na tabela 3 os demais materiais.

-	1.3	Acabamento interno das paredes com gesso	-	-	-	-
87417	1.3.1	APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO DESEMPENADO (SEM TALISCAS) EM PAREDES DE AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 10M², ESPESSURA DE 0,5CM. AF_06/2014	m²	420	R\$ 12,28	R\$ 5.157,60
-	1.4	Paredes externas, dos banheiros e da cozinha com reboco 2cm traço 1:2:6 (cimento:cal:areia)	-	-	-	-
1379	1.4.1	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	Kg	1250	R\$ 0,62	R\$ 775,00
1107	1.4.2	CAL VIRGEM COMUM PARA ARGAMASSAS (NBR 6453)	Kg	1180	R\$ 0,62	R\$ 731,60
370	1.4.3	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	8	R\$ 74,17	R\$ 593,36
TOTAL						R\$ 35.092,92

Fonte: autora

No orçamento de materiais para a alvenaria estrutural, foi considerado: vigas baldrame, aço e concreto (traço 1:2:3) cimento, areia e brita 1, respectivamente; nas paredes estruturais, foram utilizados os blocos cerâmicos estruturais e argamassa de assentamento (traço 1:1:6) cimento, cal e areia, respectivamente; para os grautes e canaletas, foi utilizado aço e concreto graute (traço 1:0,1;1,5;1,5) cimento, cal, areia e brita 0, respectivamente; para o revestimento interno das áreas secas foi utilizada aplicação de gesso direto na alvenaria e nas paredes externas e áreas molhadas, onde terá o azulejo, foi utilizado reboco traço (1:2:6) cimento, cal e areia, respectivamente.

4.2 Orçamento de materiais para alvenaria convencional

Na tabela 4, será ilustrado o quantitativo dos materiais e seus respectivos valores para o orçamento da edificação em alvenaria convencional de concreto armado:

Tabela 4 - orçamento de materiais para alvenaria convencional

ORÇAMENTO DE MATERIAIS PARA ALVENARIA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO						
Sinapi	Item	Discriminação de materiais em cada etapa	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Código	1	Edificação				
	1.1	Paredes com blocos de vedação e argamassa de assentamento - traço 1:2:3 (cimento:cal:areia)				
7268	1.1.1	BLOCO CERAMICO VAZADO PARA ALVENARIA DE VEDACAO, 8 FUROS, DE 9 X 19 X 29 CM (L X A X C)	Unid.	6200	R\$ 1,10	R\$ 6.820,00
37103	1.1.2	BLOCO DE VEDACAO DE CONCRETO APARENTE 14 X 19 X 39 CM (CLASSE C - NBR 6136)	Unid.	700	R\$ 2,53	R\$ 1.771,00
1379	1.1.3	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	Kg	1000	R\$ 0,62	R\$ 620,00
1107	1.1.4	CAL VIRGEM COMUM PARA ARGAMASSAS (NBR 6453)	Kg	940	R\$ 0,62	R\$ 582,80
370	1.1.5	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	8,5	R\$ 74,17	R\$ 630,45

		Vigas e pilares				
	1.2					
32	1.2.1	ACO CA-50, 6,3 MM, VERGALHAO	Kg	75	R\$ 12,51	R\$ 938,25
33	1.2.2	ACO CA-50, 8,0 MM, VERGALHAO	Kg	229	R\$ 12,58	R\$ 2.880,82
34	1.2.3	ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO	Kg	713	R\$ 11,86	R\$ 8.456,18
43055	1.2.4	ACO CA-50, 12,5 MM OU 16,0 MM, VERGALHAO	Kg	650	R\$ 10,27	R\$ 6.675,50
43056	1.2.5	ACO CA-50, 20,0 MM OU 25,0 MM, VERGALHAO	Kg	50	R\$ 11,84	R\$ 592,00
43059	1.2.6	ACO CA-60, 4,2 MM, OU 5,0 MM, OU 6,0 MM, OU 7,0 MM, VERGALHAO	Kg	344	R\$ 11,22	R\$ 3.859,68
1379	1.2.7	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	Kg	7100	R\$ 0,62	R\$ 4.402,00
370	1.2.8	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	12	R\$ 74,17	R\$ 890,04
4721	1.2.9	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m³	16	R\$ 86,68	R\$ 1.386,88
	1.3	Formas				
6194	1.3.1	TABUA *2,5 X 15 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	m	170	R\$ 5,09	R\$ 865,30
6212	1.3.2	TABUA *2,5 X 30 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	m	280	R\$ 11,83	R\$ 3.312,40
4512	1.3.3	SARRAFO *2,5 X 5* CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	m	1125	R\$ 1,73	R\$ 1.946,25
43132	1.3.5	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	Kg	21	R\$ 27,45	R\$ 576,45
5069	1.3.6	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	Kg	13	R\$ 19,70	R\$ 256,10
-	1.4	Paredes externas e internas com reboco 2cm traço 1:2:6 (cimento:cal:areia)	-	-	-	-
1379	1.4.1	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	Kg	2850	R\$ 0,62	R\$ 1.767,00
1107	1.4.2	CAL VIRGEM COMUM PARA ARGAMASSAS (NBR 6453)	Kg	2680	R\$ 0,62	R\$ 1.661,60
370	1.4.3	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	18	R\$ 74,17	R\$ 1.335,06
Total						R\$ 52.225,76

Fonte: autora

Para o orçamento de materiais em a alvenaria convencional, foi considerado: para as vigas baldrame, vigas e pilares, foi utilizado aço e concreto (traço 1:2:3) cimento, areia e brita 1, respectivamente; nas paredes foram utilizados bloco cerâmico de vedação 9x19x29cm, somente nas paredes dos fundos blocos de concreto 14x19x39cm e argamassa de assentamento (traço 1:2:8) cimento, cal e areia, respectivamente; para as formas das vigas e pilares foram quantificados os materiais (tábua, sarrafo, arame e prego) para um pavimento considerando o reaproveitamento nos demais e utilizando as paredes como formas laterais, o que realmente acontece na prática; já para o revestimento em todas as paredes foi utilizado reboco traço (1:2:6) cimento, cal e areia, respectivamente.

É válido ressaltar que na alvenaria convencional temos um menor controle na fabricação dos blocos de vedação e na execução das paredes, logo optou-se por utilizar o reboco por ser a opção mais econômica de acordo com este orçamento. Também seria possível a utilização do gesso para revestir as paredes, porém precisaríamos de uma camada mais espessa para atender as imperfeições, podendo onerar os custos.

4.3 Comparativos

Nos orçamentos realizados foram considerados os materiais das principais etapas de ambos sistemas construtivos, aqueles que se diferenciam em tipo, valor e quantidade. Logo, pode-se observar que para construir uma edificação residencial, sobrado, de 3 pavimentos, utilizando-se da alvenaria estrutural é gerada uma economia significativa, como constata-se através dos gráficos a seguir:

Gráfico 01 - custo de materiais



Fonte: autora

Gráfico 02 - comparativo de materiais



Fonte: autora

Como é possível observar por meio dos resultados apresentados anteriormente nas tabelas e gráficos faz-se necessário tecer algumas considerações:

- Economia de 32,81% da alvenaria estrutural se comparado à alvenaria convencional.
- A economia foi gerada, principalmente, pela redução do aço na alvenaria estrutural, que atualmente teve um aumento muito alto de preço, logo, foi o que mais refletiu no

aumento do orçamento em alvenaria convencional, o aço da alvenaria estrutural representa uma economia de 68,88% do aço utilizado no concreto armado.

- Outro fator dessa diferença de custo foi o material utilizado para as formas de madeira, que foi de R\$6.956,50, o que gerou uma economia de 100% nas formas já que na alvenaria estrutural elas não foram utilizadas.
- Além disso, o material que também reduziu o custo do orçamento da alvenaria estrutural foi a quantidade de cimento utilizada na estrutura, como os blocos substituem as vigas e pilares, a redução desse material causou bastante impacto, uma economia de 56,79% no uso do cimento na alvenaria estrutural.
- Contudo, foi escolhido o acabamento de gesso na alvenaria estrutural mesmo não sendo o mais econômico, pela facilidade e rapidez de aplicação. Isso culmina em maiores vantagens no aproveitamento do material uma vez que a mão de obra torna o tempo do serviço mais ágil e vantajoso.

É importante salientar que o sistema de alvenaria estrutural demanda mão de obra com maior qualificação para que realmente se apresente como um sistema econômico, caso contrário, a construção poderá apresentar baixa qualidade, gerando custos imprevistos e problemas futuros.

Cabe destacar que a alvenaria estrutural é a solução mais econômica para este e outros casos semelhantes. Todavia, para certas arquiteturas o sistema acaba não sendo o mais vantajoso devido à quantidade de detalhes, vãos grandes e recortes nas paredes, sendo preciso a utilização de vigas e pilares juntamente com os blocos estruturais, o que acaba inviabilizando a economia, com isso, torna-se importante conhecer as vantagens e as desvantagens de cada modelo construtivo.

A alvenaria estrutural se apresenta como o mais vantajoso modelo construtivo para este estudo, conforme ilustrado, entretanto alguns fatores ainda inviabilizam a sua propagação, um deles é a indisponibilidade de material, que em cidades pequenas são de difícil acesso, por exemplo, blocos estruturais são pouco encontrados. Neste caso, os locais mais próximos a São Lourenço – MG nos quais foram achados fornecedores do bloco estrutural de concreto foram nas cidades de Varginha e Pouso Alegre, ambas no estado de Minas Gerais. Já os blocos cerâmicos estruturais ainda apresentaram maior dificuldade de acesso, o mais próximo se localizava na região de São Paulo.

À vista disso, apesar do sistema de alvenaria estrutural ser considerado mais economicamente favorável, ainda pode ser inacessível tendo em vista a pouca facilidade na aquisição de materiais, o que dificulta sua popularização, sobretudo em cidades pequenas. No entanto, mesmo diante dos desafios anteriormente citados é possível observar que a aplicabilidade desse modelo de construção se mostrou vantajosa para uma edificação residencial unifamiliar de médio porte na cidade de São Lourenço-MG, portanto é recomendável sua utilização.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste momento, pode-se retomar a questão inicial colocada nessa investigação que se voltou para a comparação das vantagens econômicas entre os métodos construtivos de alvenaria estrutural e alvenaria convencional de concreto armado para uma residência de médio porte na cidade de São Lourenço-MG.

Diante dos resultados obtidos, é possível verificar uma economia de 32,81% da alvenaria estrutural se comparado a alvenaria convencional, para este estudo de caso, segundo a base de dados da SINAPI, para ambos os sistemas construtivos.

Não obstante, cabe destacar que a solução estrutural mais barata pode ao final da obra, não ser a mais econômica, pois é preciso conciliar os custos com a viabilidade técnica da solução estrutural pretendida e qualidade de mão de obra, uma vez que a construção pode apresentar baixa qualidade, gerando custos imprevistos e problemas futuros.

Desse modo, a solução estrutural mais benéfica não se limita apenas ao custo de materiais, mas pode variar a depender do caso, pois envolve fatores de especificidades de cada projeto, localização regional, disponibilidade de materiais e de mão de obra qualificada. Para tanto, destaca-se a importância do profissional da engenharia estrutural se atentar às diversas possibilidades diante de um projeto de construção, para que haja tomada de decisão coerente que preze fatores para soluções mais viáveis, econômicas e seguras.

Assim sendo, para este estudo de caso, a alvenaria estrutural se apresenta como a solução mais econômica, tendo em vista todos os resultados obtidos e analisados. Portanto, pode-se concluir que para residências de médio porte na cidade de São Lourenço-MG recomenda-se a utilização do sistema construtivo de alvenaria estrutural.

Para mais, é relevante destacar que este estudo demanda maior aprofundamento no que tange outras soluções estruturais e suas influências no custo de uma edificação. Com isso, para trabalhos futuros, é pretendido aprofundar a pesquisa abordando projetos de grande porte, incluindo outros sistemas estruturais como o steel frame e estruturas em concreto pré-moldado.

**COMPARATIVE MATERIAL COST ANALYSIS BETWEEN STRUCTURAL
MASONRY AND CONVENTIONAL MASONRY FOR RESIDENCE IN SÃO
LOURENÇO-MG**

ABSTRACT

This work presents a comparison of the cost of materials for the constructive methods of structural masonry and conventional reinforced concrete masonry for a residence in the city of São Lourenço-MG. In this analysis, the design of both construction methods was presented, the quantity and budget were prepared, using the SINAPI database, of the materials used. This is a relevant issue in the structural design phase, to analyze which construction system is the most economically viable. With the results obtained, there was a saving of 32,81% of the materials used in structural masonry compared to conventional masonry, for this case study. However, it is noteworthy that the best type of structural solution goes beyond the cost of materials, as it also depends on other variables such as project size, regional location, availability of materials in the region and qualified labor, making it important know the advantages and disadvantages of each constructive model. Finally, it is concluded that for medium-sized residential buildings in the city of São Lourenço-MG the use of structural masonry is recommended.

Keywords: Structures. Constructive Methods. Structural masonry. Conventional masonry. Reinforced Concrete. Comparative.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2014**. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto Armado Eu Te Amo**. 10. Ed. – São Paulo: Blucher, 2019.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO, Filho Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118:1014**. 4. Ed. - São Carlos: EdUFSCar, 2014.

MOHAMAD, Gihad. **Construções em Alvenaria Estrutural - Materiais, projeto e desempenho**. 1. Ed. – São Paulo: Blucher, 2015.

BERTI, L. H.; RAFAEL, V. E. **Comparação de custos de material de uma obra de pequeno porte em alvenaria estrutural em relação a alvenaria convencional**. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4315/1/TCC%20Corrigido%20e%20Finalizado%20OK%20POSTAR.pdf>> Acesso em 20 fev. 2021.

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

LAGE, MSc. Rangel Costa. **Master em alvenaria estrutural**. Resumo elaborado por MSc. Andreia Romero Fanton e MSc. Carlos Alberto Benedetty Torres. 1 Ed. - 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1:2017**. Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1:2020**. Alvenaria Estrutural, Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2021.

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

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, **SINAPI: Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. 8. ed. Brasília: CAIXA, 2020.