



**CAROLINE MAIOLINI DE MELLO**

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM  
ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO VAZADO E TIJOLOS  
DE SOLO-CIMENTO**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**CAROLINE MAIOLINI DE MELLO**

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA DE BLOCO  
CERÂMICO VAZADO E TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Priscilla Abreu Pereira Ribeiro

Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2021**

**CAROLINE MAIOLINI DE MELLO**

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA DE BLOCO  
CERÂMICO VAZADO E TIJOLO DE SOLO-CIMENTO**

**COMPARISON OF CONSTRUCTIVE METHODS IN LEAVED CERAMIC BLOCK  
MASONRY AND SOIL-CEMENT BRICK**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em 17/05/2021

Profa. Dra. Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa

Profa. Dra. Priscilla Abreu Pereira Ribeiro

Dr. Rômulo Marçal Gandia



Profa. Dra. Priscilla Abreu Pereira Ribeiro

Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, sempre presente. Aquele que me concede forças para vencer os obstáculos da vida.

Aos meus Pais que sempre me incentivaram a seguir o meu sonho e sempre me deram condições para que isto acontecesse.

À minha Orientadora Priscilla Ribeiro, que me auxiliou com suas pontuações e opiniões sobre este trabalho.

À construtora Viga que me concedeu o estágio e permitiu que eu fizesse este trabalho sobre suas construções.

A todos os meus amigos, que sempre estiveram torcendo por mim.

A todas as outras pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para o sucesso deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade de edificações em tijolo solo-cimento, visando a mudança de paradigma nas técnicas de execução, avaliando custo benefício e redução de resíduos na construção civil. Foram comparadas duas edificações unifamiliares com mesmo projeto e técnicas distintas na execução de alvenaria: a primeira com tijolo de solo-cimento e a segunda com bloco cerâmico vazado. Foram avaliados o consumo e despesas com materiais, e a mão de obra para as respectivas construções. Diante disso, constatou-se que a construção em tijolo de solo-cimento, teve custo total superior em 9,1 % em comparação com a obra em blocos cerâmicos. Este resultado justifica-se por ser uma técnica ainda pouco utilizada em que ocorreram falhas executivas como utilização de armaduras desnecessárias e dificuldade para aquisição de matéria prima. A experiência de acompanhamento das duas obras contribuiu para o melhor conhecimento da alvenaria em tijolo de solo-cimento, detectando assim possibilidades de correção no processo executivo para ampliar o uso desta técnica.

Palavras-chave: Bloco de Terra Comprimida, Alvenaria, Custo Benefício, Construção civil.

## **ABSTRACT**

This work aimed to analyze the viability of buildings in soil-cement bricks, aiming at changing the paradigm in the execution techniques, cost benefit and waste reduction in civil construction. Therefore, two single-family buildings were compared with the same design and different techniques in the execution of masonry: the first with soil-cement brick and the second with hollow ceramic block. Consumption and expenses with materials and labor for the respective constructions were evaluated. Therefore, it was found that the construction in soil-cement brick, had a total cost higher than 9.1%. This result is justified by being a technique still little used where executive failures occurred, such as the use of unnecessary armor and difficulty in acquiring the raw material with a factory not located in the city. The experience of monitoring the two works contributed to a better knowledge of masonry in soil-cement brick, thus detecting possibilities of correction in the executive process to expand the use of this technique.

**Keywords:** Compressed earth block, Masonry, Cost Benefit, Civil Construction.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Comparação PIB Brasil e PIB Construção civil .....	12
Figura 2 - Tijolo de solo-cimento modular com 2 furos, com instalação hidráulica.....	15
Figura 3 - Separação dos tijolos .....	18
Figura 4- Tijolo Solo Cimento modular de 2 furos. ....	17
Figura 5- Planta baixa Obra 1.....	23
Figura 6- fundação Obra 1.....	24
Figura 7 – Pintura quarto Obra 1 .....	24
Figura 8 - Planta baixa Obra 2.....	25
Figura 9 – Execução das vigas baldrame da Obra 2.....	26
Figura 10- Execução de revestimentos obra 2.....	26
Figura 11- Início da alvenaria de tijolo solo-cimento.....	27
Figura 12 – Início da alvenaria de blocos cerâmicos vazados.....	28
Figura 13- Alvenaria tijolo solo-cimento com uso de armaduras embutidas.....	29
Figura 14 - Alvenaria de bloco cerâmico vazado com pilares em forma de madeira. ....	30
Figura 15 - Laje Obra 1 .....	30
Figura 16 – Alvenaria de vedação com utilização de vigas e pilares para receber as cargas da laje. ....	31
Figura 17 – Paredes externas da Obra 1. ....	32
Figura 18- Paredes externas Obra 2 com reboco.....	32

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	OBJETIVOS.....	11
2.1	Objetivo Geral.....	11
2.2.	Objetivos específicos.....	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1	Panorama da construção civil no Brasil.....	12
3.2.	Tijolo Solo cimento.....	14
3.2.1	Tipos de Tijolo solo-cimento.....	17
3.3	Bloco cerâmico vazado.....	20
4	METODOLOGIA.....	22
4.1	Características gerais das obras avaliadas.....	22
4.1.1	Obra 1.....	22
4.1.2	Obra 2.....	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	277
5.1	Início da execução da alvenaria.....	277
5.2	Distribuição dos esforços das lajes.....	300
5.3	Revestimento da alvenaria.....	311
5.4	Análise de custos totais das obras.....	333
5.5	Análise do gasto total com tijolos.....	355
5.6	Análise do gasto total com armaduras.....	366
5.7	Análise do gasto total com madeira para formas.....	366
6	CONCLUSÃO.....	37
7	REFERÊNCIAS.....	38

## 1 INTRODUÇÃO

O setor econômico e de infraestrutura está intimamente ligado à construção civil, através da necessidade constante de obras em rodovias, hospitais, habitação multifamiliar, moradias populares e no planejamento específico das cidades. A indústria da construção é capaz de criar novos postos de trabalho com qualidade e quantidade necessária ao crescimento do País, gerando forte impacto econômico e social. Sabe-se, de acordo com as pesquisas realizadas sobre o PIB Brasileiro pelo IBGE (2018), que o setor de construção civil vem apresentando um crescimento significativo e representa cerca de 6,2 % do PIB brasileiro, sendo um seguimento de grande produção de riquezas. Para países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, é preciso manter sempre investimentos em infraestrutura e habitação. A relação que existe entre construção civil e crescimento do PIB permite visualizar a importância do setor para o País. De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2019), o crescimento visto no PIB brasileiro vem acompanhado do crescimento da Construção Civil.

Além de ser uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento social e econômico, a construção civil se apresenta como grande geradora de impactos ambientais, seja pela geração de resíduos, pela modificação da paisagem ou pelo consumo de recursos naturais. Atualmente o maior desafio é conciliar uma atividade produtiva dessa magnitude com um desenvolvimento sustentável e menos agressivo ao ambiente (PINTO, 2005).

De acordo com Pinto et al (2016) a indústria da construção civil gera elevada quantidade de resíduos, que por possuírem características específicas foram denominados de Resíduos da Construção Civil (RCC). Dados coletados pelo Governo Federal apontam uma evolução na quantidade de massa de resíduos totais recebidos nas unidades de processamento dos municípios. Dentre os dados, destaca-se que as massas de RCC, em 2013, destinadas a área de transbordo e triagem, área de reciclagem e aterro somaram 3.784.560 toneladas.

No que se refere a quantidade de massa enviada a aterros de RCC o montante relativo à participação do Sudeste alcança aproximadamente um milhão de toneladas anuais, 43% do valor nacional (Pinto et al 2016).

Os RCC são gerados em várias atividades e a informação sobre o montante gerado é dada através de uma média da taxa de geração anual. No Brasil, por exemplo, a taxa de RCC é de 230 kg.hab/ano a 760 kg.hab/ano (PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

Diante deste cenário e da análise dos recursos finitos do planeta, com o crescimento da população e das violências contra o meio ambiente, faz-se necessário a busca por técnicas de construção mais sustentáveis (PISANI, 2005). Na busca de minimizar os impactos ambientais provocados pela construção civil uma das alternativas seria a utilização do tijolo de solo-cimento comercialmente conhecido como “tijolo ecológico”, que são assim chamados pois não são queimados em fornos, evitando a emissão de gases poluentes na atmosfera, diminuindo o descarte de materiais. Além disso, existem tijolos de solo-cimento que utilizam RCC na própria composição, portanto é possível diminuir o volume de resíduos gerado pelas obras.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020) estima que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção civil, porém de acordo com TÉCHNE (2004) em obras realizadas com o tijolo de solo-cimento não haverá desperdício visto que é imprescindível que no projeto o tamanho dos cômodos (largura e comprimento) sejam ajustados às dimensões do tijolo. As paredes deverão ser moduladas em função do tijolo inteiro e do meio-tijolo.

O uso da alvenaria como sistema construtivo tem forte expressividade cultural, sendo que o tijolo pode ser considerado o componente pré-moldado mais antigo e também o mais utilizado pelo homem na construção civil (GRANDE, 2003). Existem diversos tipos de tijolos disponíveis no mercado, dentre eles, tijolos maciços, blocos cerâmicos vazados e tijolos de solo-cimento. Cada um apresenta propriedades e formas de produção diferentes.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo principal realizar uma análise comparativa entre duas construções residências na cidade de Três Corações, MG, sendo a primeira executada com tijolo de solo-cimento modular 25 x 12,5 x 7 cm e a segunda em bloco cerâmico vazado 19 x 29 x 14 cm.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analisar as diferenças construtivas entre bloco cerâmico vazado e tijolo de solo-cimento.
- Analisar os custos de uma obra feita com tijolo de solo-cimento.
- Analisar os custos de uma obra feita com bloco cerâmico vazado.
- Comparar os custos totais das obras.
- Pontuar os principais parâmetros de gastos com materiais.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

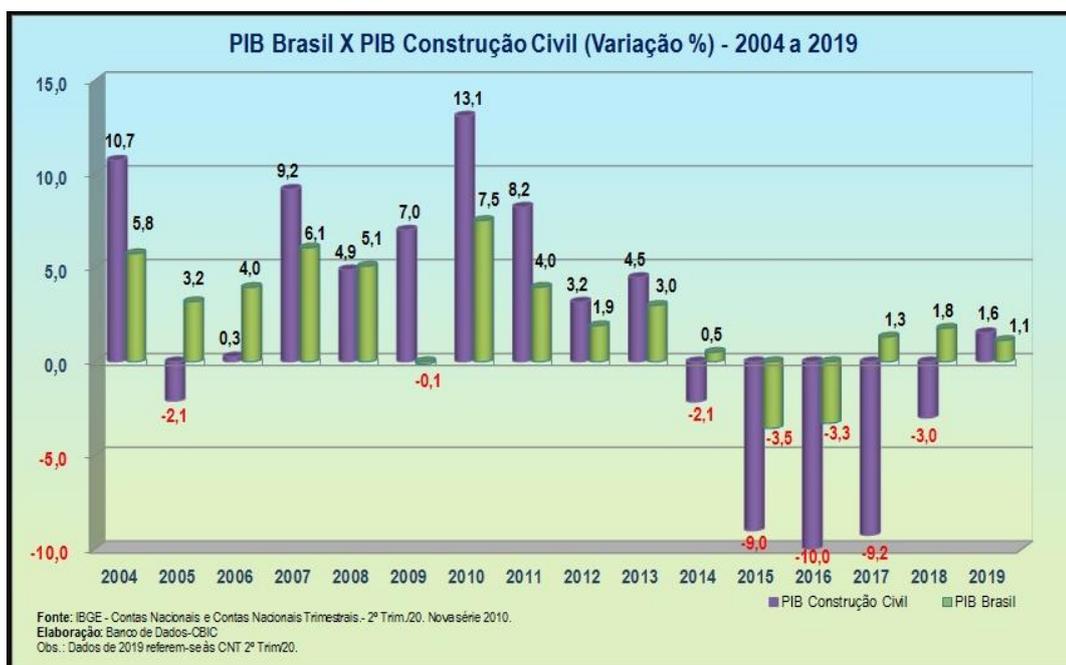
#### 3.1 Panorama da construção civil no Brasil

A construção civil no Brasil é considerada uma área em desenvolvimento nos últimos anos, porém em atraso com relação às técnicas construtivas, que priorizam a utilização da alvenaria em detrimento a outras técnicas comprovadamente eficientes.

A indústria da construção é capaz de elevar o crescimento econômico através do fortalecimento do setor social devido à grande geração de empregos, estando ligada diretamente ao desenvolvimento econômico com grande valor adicionado total das atividades (TEIXEIRA, 2010). De acordo com Oliveira (2012) e Resende (2019) esta atividade se relaciona à diversos fatores do setor que contribui para o desenvolvimento regional, a geração de empregos e mudanças para a economia, ou seja, a elevação PIB, tendo em vista seu considerável nível de investimentos e seu efeito multiplicador sobre o processo produtivo.

A figura 1 apresenta uma análise do PIB da construção civil com relação ao PIB brasileiro.

Figura 1- Comparação PIB Brasil e PIB Construção civil



Fonte: (IBGE, 2019)

De acordo com os dados apresentados acima é possível perceber que o setor da construção civil teve várias quedas ao longo dos últimos anos, mas em 2019 apresentou uma recuperação considerável nas atividades deste setor, retomando o seu papel na receita do desenvolvimento.

Atualmente o cenário que se apresenta para a construção civil é de aumento de ganhos, valorização dos profissionais e expansão do mercado. Mas, questões ambientais têm sido preocupação crescente, seja em países desenvolvidos ou não, e a quantidade de resíduos deixados por construções, tornou-se um dos centros das discussões da sustentabilidade (YEMAL, 2011). Uma postura consciente nas mais diversas etapas da construção civil, além de financeiramente viável, demonstra a preocupação da empresa com a situação do meio ambiente. De acordo com Silva (2008) o desenvolvimento sustentável é o processo político participativo que integra a sustentabilidade econômica, ambiental, espacial, social e cultural. Braga et al. (2005) afirmam que o desenvolvimento sustentável deve atender às necessidades da geração presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de atender as próprias necessidades.

Até a década de 50, as empresas buscavam atingir seus lucros sem se importar com os danos que causariam ao meio ambiente. Esse pensamento vem mudando desde então, uma vez que as empresas passaram a ver a prática sustentável como um meio de agregar valor aos seus produtos, garantindo uma imagem positiva perante a sociedade e mantendo uma vantagem competitiva com relação aos seus concorrentes.

Com o intuito de tornar a construção sustentável, uma das possibilidades é o uso do tijolo de solo-cimento, conhecido como ecológico ou modular, que é constituído pela mistura do solo, água e cimento. Segundo Cunha (2007), este tipo de tijolo é de baixo custo, fácil fabricação e reduz o impacto ao meio ambiente, já que não existe a queima no seu processo de produção, diferente de outros tipos de tijolos.

De acordo com Santana et al., (2013) ao se analisar a quantidade de tijolos necessários para a construção de uma área de 60 m<sup>2</sup>, estima-se 1500 unidades para o bloco cerâmico vazado 19 x 29 x 14 cm e 3420 unidades de tijolos de solo-cimento modular 25 x 12,5 x 7 cm. Porém, a cada produção de 1000 tijolos de solo-cimento modulares 25 x 12,5 x 7 cm cerca de 2,5m<sup>3</sup> de entulho da construção civil é incorporado no processo produtivo, o que equivale a 150 m<sup>3</sup> retirados de entulhos ao mês.

A engenharia civil tem buscado adaptar-se a projetos e construções que tendem a apresentar alternativas voltadas para a conservação dos recursos naturais. Diante dessa necessidade, o tijolo de solo-cimento, produzido sem queima, pode ser uma alternativa de produto para minimizar esses problemas ambientais.

### **3.2. Tijolo de Solo-cimento**

O tijolo de solo-cimento, conhecido como ecológico ou modular, é aquele constituído pela mistura do solo, água e cimento, e devem ser ensaiados conforme a norma ABNT NBR 8492:2012 - Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio, para determinar a resistência à compressão e a absorção de água. A escolha correta quanto ao tipo de solo para a confecção do tijolo de solo-cimento, parte de algumas características, como ser facilmente desagregável e a proporção no tamanho dos grãos e segundo Silva (2005) devem apresentar uma curva granulométrica bem distribuída e serem isentos de matéria orgânica. Não são indicados solos argilosos, siltosos e que contenha matéria orgânica, pois podem sofrer alguns danos, tais como fissura, trinca, rachaduras depois de seca e diminuição da resistência do material.

Grande (2003) diz que a aplicação do solo em construções é fruto da sua abundância, facilidade de obtenção e manuseio, além do baixo custo, o que permitiu o emprego de métodos construtivos ao longo dos anos, como o adobe, paredes monolíticas e tijolos prensados. Para fabricação dos tijolos de solo-cimento, o solo com características adequadas é submetido à uma pressão de compactação em prensa, podendo ser prensa manual ou semiautomática garantindo um menor gasto energético. Em seguida os blocos devem ser transportados para um local protegido do sol, vento ou chuva. De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002), após seis horas de moldados e ao longo de sete dias, os tijolos precisam ser umedecidos por molhagens sucessivas para o processo de cura ocorrer corretamente. Conforme NBR 10833:2012, após 14 dias de fabricação os tijolos não devem apresentar fissuras, fraturas nem outros defeitos que prejudiquem o assentamento, bem como a resistência e durabilidade dos elementos onde serão utilizados. Este tijolo pode ser produzido a partir dos resíduos gerados pela construção, permitindo o reaproveitamento de grande parte destes materiais, segundo Souza, B. I.; Segantini, A. S.; Pereira, A.J. (2008) podem ser confeccionados com resíduos de

concreto e ainda segundo Bezerra, F., & Lafayette, K. (2016) pode-se usar resíduo de construção e demolição (RCD).

Além disso, Pisani (2005) afirma que este é um produto que não consome energia para ser queimado, como na fabricação dos blocos cerâmicos vazados, e possui características isolantes que proporcionam ambientes confortáveis térmica e acusticamente, gerando redução de gastos energéticos nas construções.

O sistema construtivo modular 25 x 12,5 x 7 cm demonstrado na figura 2, seu sistema de encaixe proporciona agilidade na montagem da alvenaria, seus dutos permitem que toda estrutura, instalações hidráulicas e elétricas sejam embutidas, reduzindo significativamente o custo com materiais e retrabalhos.

Figura 2 - Tijolo de solo-cimento modular com 2 furos, com instalação hidráulica.



Fonte: Do autor (2020)

O tijolo é produzido através de uma cura hidráulica diferenciada, com menor massa de cimento e sem consumir madeira ou emitir gases poluentes. Segundo John (2000), na fabricação de cada mil tijolos de solo-cimento, em comparação com os blocos cerâmicos vazados, de sete a doze árvores de porte médio são poupadas.

De acordo com Dos Santos et al. (2009), a economia é evidente no consumo de argamassa e na mão de obra que chega a ser 30% mais rápido quando comparado a alvenaria de bloco cerâmico vazado. Através do aspecto do tijolo solo cimento é possível usá-lo aparente, diminuindo assim os gastos com revestimento e pintura.

Segundo a Agência Nacional da Indústria do Tijolo Ecológico (2018), é possível listar algumas vantagens; como menor impacto ambiental no processo de produção, a produção pode ser no canteiro de obras, matéria prima principal abundante, alternativa ao descarte de resíduos, possui bom isolamento térmico e acústico. De acordo com Kuffel e Tomim (2018) é possível afirmar que o melhor isolamento pertence à construção de solo-cimento com a taxa de variação de temperatura de 23,37%, seguida do bloco cerâmico vazado com variância de 24,14%. Ademais, permite embutir colunas estruturais e instalações elétricas e hidráulicas, encaixes com menor uso de argamassa, obra mais limpa.

Por outro lado, os tijolos apresentam alguns desafios; como a necessidade de mão de obra qualificada, não podendo ser usado como alvenaria estrutural, necessita em alguns casos do uso de resinas impermeabilizantes e ainda apresenta baixa disponibilidade de fornecedores.

O tijolo de solo-cimento, demonstrado na figura 3, é produzido apenas com solo, cimento e água, pode ser montado por encaixe, colocando-se um sobre o outro, facilitando o assentamento e o tempo de execução e diminuindo a quantidade de argamassa ou cola empregada. Com isso o peso das alvenarias fica menor, o que diminui o dimensionamento das fundações e outras estruturas. Esse tijolo possui dois furos, e isso aumenta o isolamento termo acústico, pois os furos compõem câmaras de ar no âmago das alvenarias. E, em relação ao tijolo cerâmico, ele também é mais resistente, impermeável e durável (CARVALHO E POROCA, APUD CARNEIRO, 1995).

Conforme a NBR 8491 (ABNT 2012) a resistência a compressão do tijolo de solo-cimento não deve ser menor do que 1,7 MPa com idade mínima de 7 dias e a absorção da água não deve ser superior a 22%.

Figura 3- Tijolo de solo-cimento modular de 2 furos.



Fonte: Pisani (2005)

### 3.3.1 Tipos de Tijolo de solo-cimento

Pisani (2005) cita que há uma diversidade de tamanhos e modelos de tijolos de solo-cimento, dentre eles: tijolo modular padrão, meio tijolo modular padrão, tijolo canaleta e tijolo maciço (Figura 4). A seleção de cada tipo deve ser conforme o projeto, a mão-de-obra, os materiais e os equipamentos dispostos. Pisani (2005) também ressalta que tijolos com dimensões diferentes, empregam-se dosagens proporcionalmente diferentes e que o processo de prensagem deve ser realizado cautelosamente, com o objetivo de que as faces externas obtenham a resistência e textura almejada.

Figura 4 - Separação dos tijolos



Fonte: Pisani (2005)

Através da análise da tabela 1 (PISANI, 2002) observa-se que os tijolos de solo-cimento modulares com 1 ou 2 furos são encaixados com pouca ou nenhuma argamassa de assentamento, e os furos têm função de permitir a passagem das tubulações verticais e das ferragens que compõem os pilares da construção. Os tijolos de solo-cimento do tipo canaletas são utilizados para passagem de tubulações verticais, execução de vergas, cintas de amarração e reforços estruturais. Por fim os tijolos de solo-cimento maciços são utilizados somente para fechamento, sem a necessidade de embutir tubulações, pelo fato de não apresentarem os furos.

Tabela 1-Tipos de tijolos de solo-cimento produzidos no Brasil

<b>Tipo</b>	<b>Dimensões</b>	<b>Características</b>
Maciço comum	5 x 10 x 20 cm. 5 x 10 x 21 cm.	Assentamento com consumo de argamassa similar dos tijolos maciços comuns.
Maciço com encaixes	5 x 10 x 21 cm. 5 x 11 x 23 cm.	Assentamento com encaixes com baixo consumo de argamassa
½ tijolo com encaixes	5 x 10 x 10,5 cm. 5 x 11 x 11,5 cm.	Elemento produzido para que não haja quebras na formação dos aparelhos com juntas desencontradas
Tijolos com dois furos e encaixes	5 x 10 x 20 cm. 6,25 x 12,5 x 25 cm. 7,5 x 15 x 30 cm.	Assentamento a seco, com cola branca ou argamassa bem plástica. Tubulações passam pelos furos verticais.
½ tijolo com furo e encaixe	5 x 10 x 10 cm. 6,25 x 12,5 x 12,5 cm. 7,5 x 15 x 15 cm.	Elemento produzido para acertar os aparelhos, sem a necessidade de quebras.
Canaletas	5 x 10 x 20 cm. 6,25 x 12,5 x 25 cm. 7,5 x 15 x 30 cm.	Elemento empregado para execução de vergas, reforços estruturais, cintas de amarração e passagens de tubulações horizontais.

Fonte: Pisani (2002)

Souza (2006) aprofundou os estudos de adição de resíduos da construção e demolição (RCD) em tijolos de solo-cimento, a fim de propor soluções técnicas para reduzir o custo de produção dos tijolos de solo-cimento e melhorar sua qualidade técnica, além de propiciar condições para o aproveitamento deste resíduo. Os resultados obtidos mostraram que a adição de 10 % do resíduo de concreto ao solo melhorou as propriedades mecânicas do solo-cimento, possibilitando redução de custos e produção de tijolos prensados de melhor qualidade, constituindo-se, portanto, numa excelente alternativa para o aproveitamento deste material.

Lima et al. (2010) pesquisou a durabilidade de tijolos de solo-cimento incorporados com resíduo de granito e estabeleceu o traço de 1:9 relacionados com a quantidade de cimento/solo incorporados com 30 %, 40 % e 50 % de resíduo de granito. Ele concluiu que o resíduo de granito ao ser incorporado no tijolo de solo-cimento evidenciou o aumento na absorção de água e na perda de massa e variação de volume do tijolo à medida que o teor do resíduo foi

aumentado. Com isso é possível perceber que a adição de resíduos na produção de tijolos apresenta resultados satisfatórios e reduzem os impactos ao meio ambiente.

Grande (2003) fez estudos de avaliação de desempenho do solo-cimento com adição de sílica ativa. O autor constatou que a incorporação é benéfica, ainda que haja mudanças significativas na evolução da resistência, devido as alterações na cinética das reações entre os constituintes. Os resultados dos ensaios atestaram que a cinética da hidratação do cimento, modificada pela adição de sílica, permitiu o material se comportar bem em uma simulação de variações bruscas e contínuas de umidade e temperatura, instaurando a possibilidade de extrapolar a utilização do material para atender a outros requisitos de projeto.

### **3.3 Bloco cerâmico vazado**

A alvenaria cerâmica convencional, ou alvenaria de vedação, segundo Thomaz; Filho; Cleto E Cardoso (2009), é aquela destinada a dividir espaços e preencher vãos de estruturas aço, concreto armado entre outras.

Os blocos cerâmicos vazados são produzidos com cerâmica vermelha e atingem suas propriedades após a queima de argila. O processo de fabricação deve seguir as diretrizes da Associação Brasileira de Normas Brasileiras, a NBR 15270-1 (ABNT 2005); garantindo peças de qualidade e alta resistência.

As cargas da edificação não passam pela alvenaria, sendo assim, esta não possui função estrutural. A alvenaria convencional utiliza-se comumente de blocos cerâmicos vazados na vertical e devem possuir, segundo a NBR 15270-1 (ABNT 2005), resistência à compressão mínima de 1,5MPa.

Na tabela 2 observa-se a existência de vários tipos de blocos cerâmicos vazados, que variam de acordo com as medidas e tamanhos dos furos.

Tabela 2 - Dimensões do bloco cerâmico vazado

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação cm			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco principal	1/2 Bloco
(3/2) M x (2) M x (2) M	14	19	19	9
(3/2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(3/2) M x (2) M x (3) M			29	14
(3/2) M x (2) M x (4) M			39	19
(2) M x (2) M x (2) M	19	19	19	9
(2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(2) M x (2) M x (3) M			29	14
(2) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/2) M x (5/2) M x (5/2) M	24	24	24	11,5
(5/2) M x (5/2) M x (3) M			29	14
(5/2) M x (5/2) M x (4) M			39	19

NOTA Os blocos com largura de 6,5 cm e altura de 19 cm serão admitidos excepcionalmente, somente em funções secundárias (como em "shafts" ou pequenos enchimentos) e respaldados por projeto com identificação do responsável técnico

Fonte: NBR 15270-1 (2005)

## **4 METODOLOGIA**

Inicialmente pesquisou-se sobre os materiais utilizados em duas obras, e coletou-se os dados de todos os materiais gastos. Assim como mão de obra utilizada, prazo de construção e valores totais disponíveis nos arquivos da construtora e organizou-se todos estes dados com o auxílio de planilhas do Excel, sendo uma para cada obra.

Para efeito de comparação denominou-se Obra 1 a construção de tijolo de solo-cimento e de Obra 2 a construção de bloco cerâmico vazado.

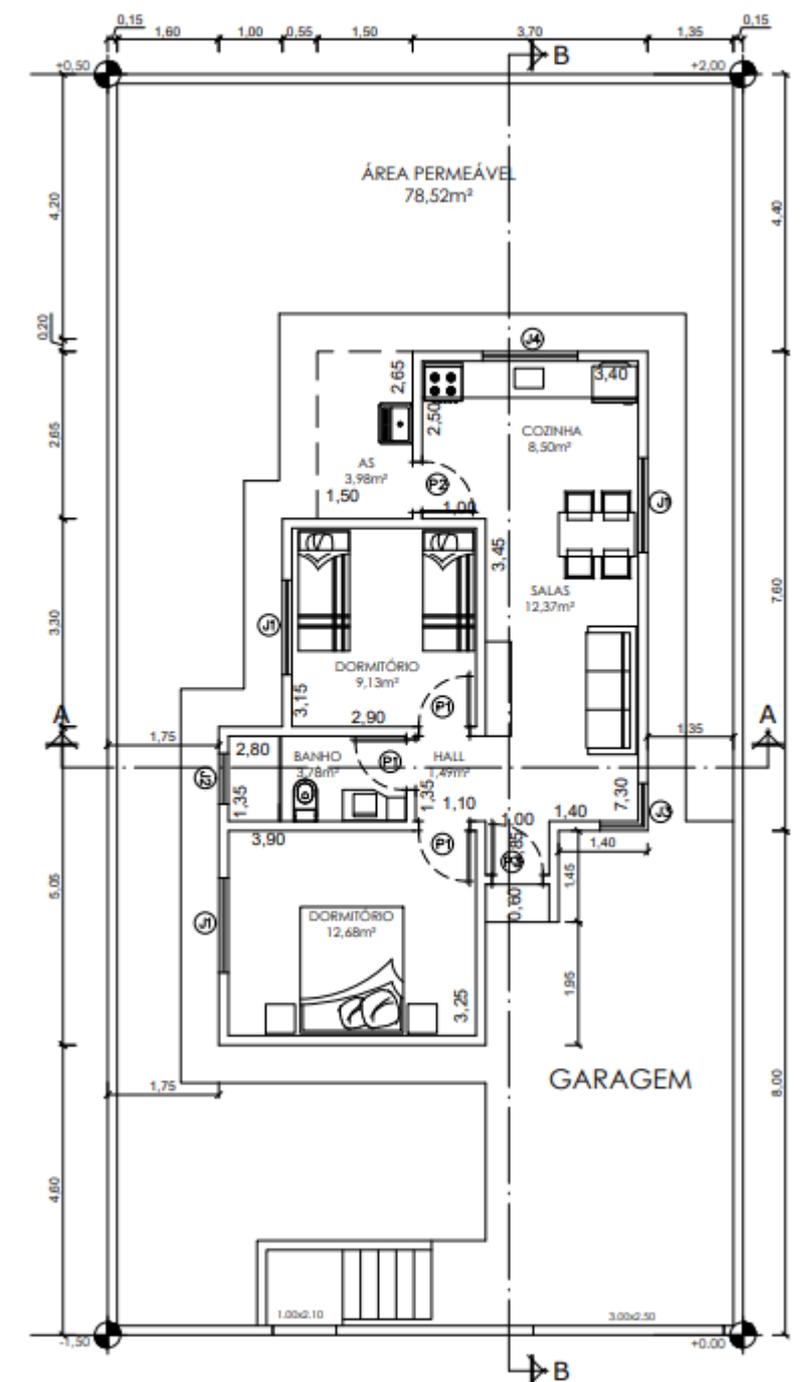
### **4.1 Características gerais das obras avaliadas**

Neste trabalho, através de tabelas de administração de duas construções com área total construída de 59,84 m<sup>2</sup>. As plantas baixas das construções 1 e 2, são compostas das mesmas divisões internas, áreas e dimensões, o que torna a análise deste trabalho eficiente. Comparou-se então custos com materiais específicos, mão de obra de toda a construção, e tempo de execução. As duas obras tiveram suas construções simultâneas, iniciaram em 2019 e concluíram em 2020.

#### **4.1.1 Obra 1**

Para a construção da obra 1, usou-se blocos de cimento na execução das vigas baldrame da etapa de fundação e tijolos de solo-cimento no processo construtivo da alvenaria. A obra apresentou pilares embutidos na alvenaria de tijolo de solo-cimento a cada metro linear, e a cada encontro de paredes. A laje da construção apoiou-se diretamente na alvenaria através do uso de tijolos canaletas, em que a armadura vai no próprio tijolo e o concreto preenche os espaços vazios. A figura 5 apresenta a planta baixa da construção.

Figura 5- Planta baixa Obra 1.



Fonte: Do autor (2021)

Na etapa de fundação usou-se blocos de cimento para a execução das vigas baldrame (Figura 6).

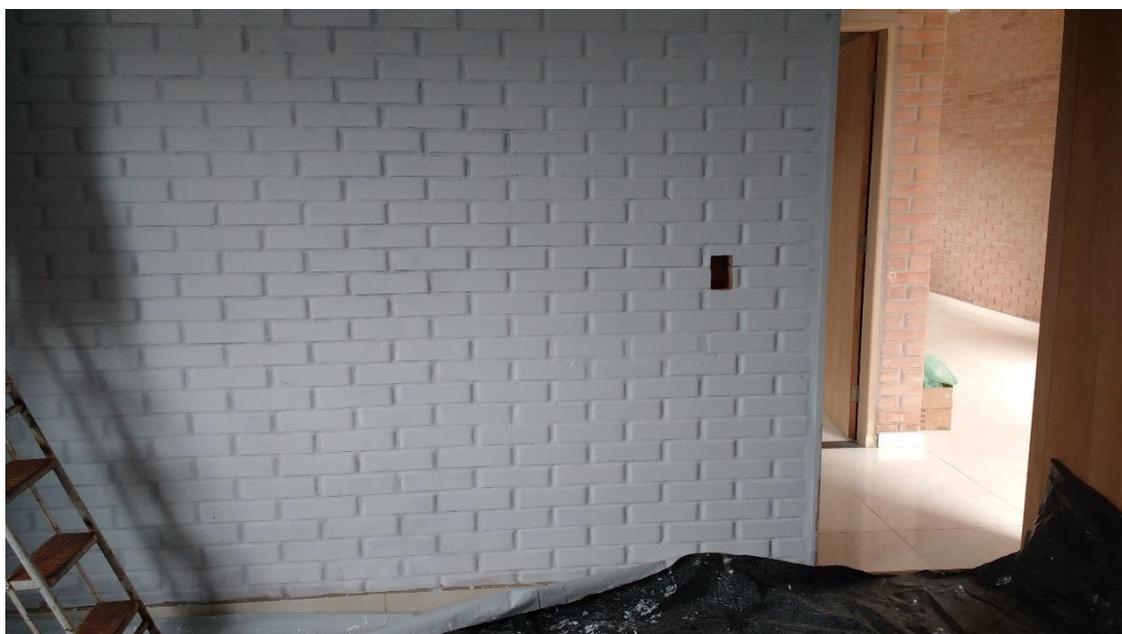
Figura 6- Execução da fundação da obra 1



Fonte: Do autor (2019)

As alvenarias internas da cozinha e do banheiro, foram revestidas com cerâmica branca, os demais cômodos como sala e quartos (figura 7) receberam pintura de tinta látex na cor branca. A alvenaria externa foi somente impermeabilizada com resina acrílica, mantendo a coloração do tijolo de solo-cimento.

Figura 7 – Pintura interna quarto Obra 1

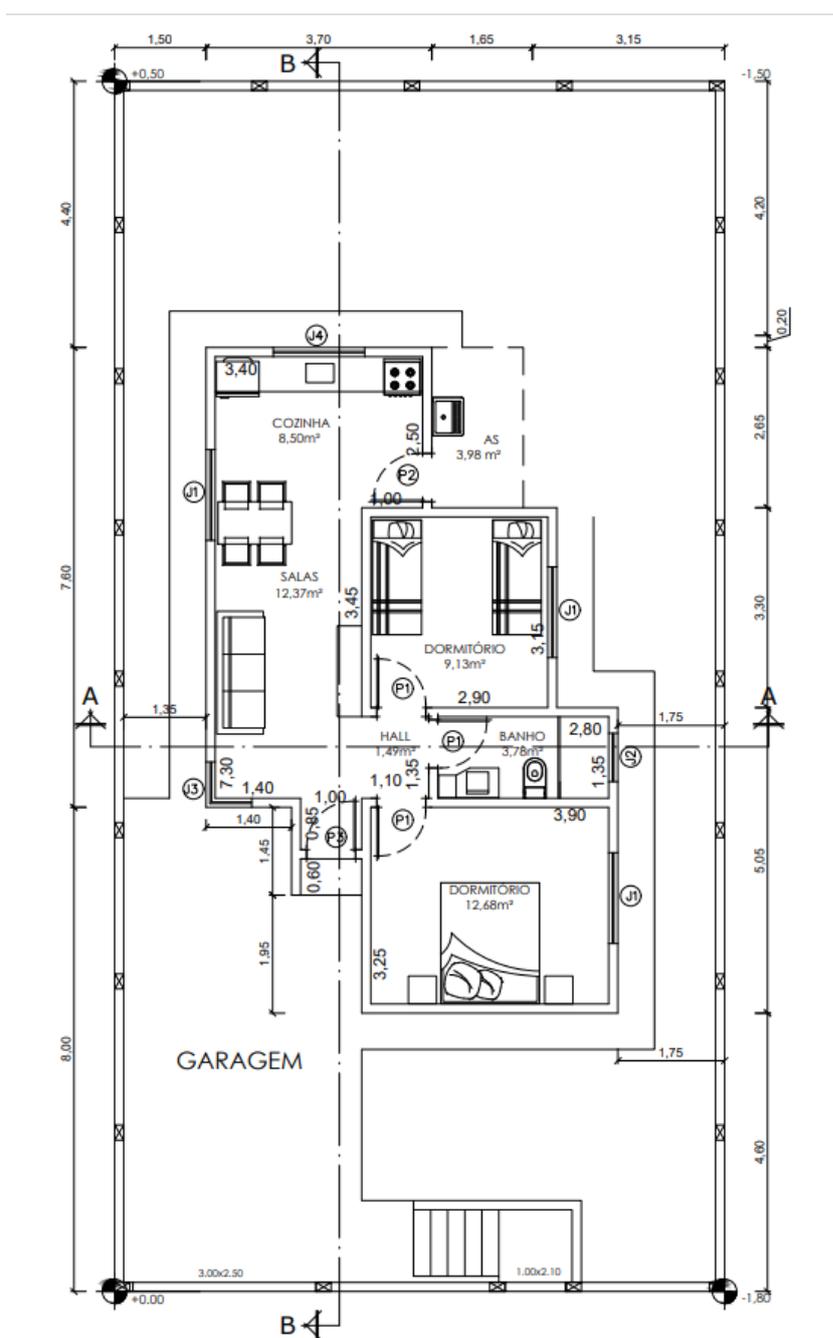


Fonte: Do autor (2020)

#### 4.1.2 Obra 2

A construção denominada Obra 2 usou bloco cerâmico vazado no processo de alvenaria, blocos de concreto no processo de fundação e estruturas de concreto armado na sustentação da construção. A figura 8 demonstra a planta baixa da construção.

Figura 8 - Planta baixa Obra 2.



Fonte: Do autor (2021)

A etapa de fundação foi executada de maneira similar a Obra 1 como demonstrado na figura 9, com utilização de blocos de concreto para as vigas baldrame.

Figura 9 – Execução das vigas baldrame da Obra 2.



Fonte: Do autor (2019)

As alvenarias internas da cozinha (figura 10) e dos banheiros, foram emboçadas e revestidas com cerâmica branca e alguns detalhes em cerâmica colorida, as demais alvenarias internas e as externas foram emboçadas, rebocadas e pintadas, utilizando massa de cimento e tintas látex.

Figura 10- Execução de revestimentos internos da obra 2.



Fonte: Do autor (2020)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a apresentação das obras, durante a etapa de construção foi possível comparar as técnicas utilizadas nas duas construções.

### 5.1 Início da execução da alvenaria

Para o início da alvenaria é preciso limitar o espaço com uma fiada de tijolos para a marcação, a partir da figura 11 é possível perceber que os tijolos de solo-cimento não podem ser seccionados, devem ser colocados no tamanho que foi fabricado.

Figura 11- Início da alvenaria de tijolo solo-cimento.



Fonte: Do autor (2019)

O mesmo não ocorre no caso dos blocos cerâmicos vazados, que podem ser seccionados do tamanho necessário a construção, como pode-se observar na figura 12.

Figura 12 – Início da execução da alvenaria de blocos cerâmicos vazados.



Fonte: Do autor (2019)

Após a marcação executa-se a parede de alvenaria, para a obra 1 a parede funciona como uma estrutura autoportante, em que as cargas são transmitidas em toda extensão da parede. Como se pode ver na figura 13 as paredes feitas com tijolo solo-cimento não fazem o uso de pilares feitos em formas de madeira, mas de pilares embutidos nos furos do tijolo modular, dispostos a cada metro linear de alvenaria e cada encontro de paredes. Utilizou-se tijolo de solo-cimento do tipo canaleta na metade da extensão da alvenaria e na extremidade, funcionando como uma cinta de travamento e recebendo a carga da laje.

Figura 13- Alvenaria tijolo solo-cimento com uso de armaduras embutidas.



Fonte: Do autor (2020)

Para a obra 2, a alvenaria tem função somente de fechamento, não suportando nenhuma carga, sendo necessário localizar vigas e pilares para esta função. Na figura 14 é possível notar que na execução da alvenaria de bloco cerâmico vazado é necessário a colocação de pilares concretados em moldes, nas extremidades da construção e nos encontros de paredes. Utilizou-se vigas somente na extremidade superior da alvenaria para receber a carga da laje e distribuir aos pilares e executou-se vergas e contravergas em portas e janelas.

Figura 14 - Alvenaria de bloco cerâmico vazado com pilares em forma de madeira.



Fonte: Do autor (2020)

## 5.2 Distribuição dos esforços das lajes

Para receber a carga das lajes, analisando a figura 15, a Obra 1 não apresenta as vigas feitas de concreto com moldes e formas, mas sim tijolos solo-cimento do tipo canaleta com reforço em aço no próprio tijolo.

Figura 15 – Execução da laje apoiada sobre tijolos canaleta obra 1.



Fonte: Do autor (2020)

Já a Obra 2 precisou-se moldar as vigas acima da última fiada de tijolo para receber a carga da laje, devido a alvenaria de bloco cerâmico vazado apresentar somente função de vedação, não desempenhando função estrutural, como se pode ver na figura 16.

Figura 16 – Alvenaria de vedação com utilização de vigas e pilares para receber as cargas da laje.



Fonte: Do autor (2020)

### 5.3 Revestimento da alvenaria

Na obra 1 não foi utilizado emboço ou reboco nas paredes externas da construção (figura 17), evidenciando uma das vantagens do uso do tijolo de solo-cimento, que em alguns casos só necessita de resina impermeabilizante para proteger o próprio tijolo da umidade.

Figura 17 – Paredes externas da Obra 1 com tijolos aparentes.



Fonte: Do autor (2020)

Na obra 2 observou-se que as paredes externas receberam emboço e reboco, necessitando posteriormente de pintura (figura 18).

Figura 18- Paredes externas com revestimento em reboco da obra 2.



Fonte: Do autor (2020)

#### 5.4 Análise de custos totais das obras

Durante a construção da edificação realizou-se o acompanhamento de todas as etapas e verificação das despesas respectivas. A tabela 3 demonstra as despesas da obra 1.

Tabela 3- Despesas da construção da Obra 1.

<b>Despesas</b>	<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>Total</b>
Documentação	R\$	199,29			R\$ 199,29
Aluguel de equipamentos	R\$	1.197,50	R\$	202,50	R\$ 1.400,00
Tijolo solo-cimento	R\$	9.860,00	R\$	270,64	R\$ 10.130,64
Materiais gerais	R\$	27.312,47	R\$	1.838,43	R\$ 29.150,90
Mão de obra	R\$	29.330,00	R\$	3.570,00	R\$ 32.900,00
<b>Total Geral</b>	<b>R\$</b>	<b>67.899,26</b>	<b>R\$</b>	<b>5.881,57</b>	<b>R\$ 73.780,83</b>

A tabela 4 demonstra as despesas da obra 2.

Tabela 4 – Custo Total Obra 2

<b>Despesas</b>	<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>Total</b>
Documentação	R\$	249,44			R\$ 249,44
Aluguel de equipamentos	R\$	840,00	R\$	199,83	R\$ 1.039,83
Bloco cerâmico vazado	R\$	5.040,00	R\$	850,00	R\$ 5.890,00
Materiais gerais	R\$	25.317,08	R\$	8.104,98	R\$ 33.422,06
Mão de obra	R\$	24.459,64	R\$	2.125,00	R\$ 26.584,64
<b>Total Geral</b>	<b>R\$</b>	<b>55.906,16</b>	<b>R\$</b>	<b>11.279,81</b>	<b>R\$ 67.185,97</b>

O primeiro item analisado foi a documentação para o início da obra, como as plotagens de projetos. O segundo item foi o aluguel de equipamentos, que incluem aluguel de betoneira, compactador de solo e máquina de bombeamento de concretos. O terceiro item foi o gasto com os tijolos, incluindo somente o valor do próprio material e o frete para entrega. O quarto item abrangeu os demais materiais que foram necessários para construção da obra, incluindo materiais para fundação, formas de madeira, acabamento, revestimentos, instalações hidráulicas e elétricas, excluindo os gastos com tijolos que foram analisados separadamente. Por último analisou-se os gastos com a mão de obra total para construção da obra, incluindo pedreiro, servente, eletricista e demais prestadores de serviço.

A obra 1 custou cerca de 10% a mais do que a obra 2. A mão de obra representa 40% do custo total da obra 2, enquanto a mão de obra da obra 1 representa 45 %; isso devido ao fato de

que novas técnicas e novas tecnologias exigem mão de obra qualificada e conseqüentemente com preço mais elevado. Devido à falta de mão de obra especializada na cidade de Três Corações foi preciso realizar treinamentos, para que se tornasse adequada à construção de tijolo de solo cimento, o que não ocorreu com a mão de obra do bloco cerâmico convencional, justificando assim tal diferença, demonstrada nos gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 – Despesas gerais da obra 1.

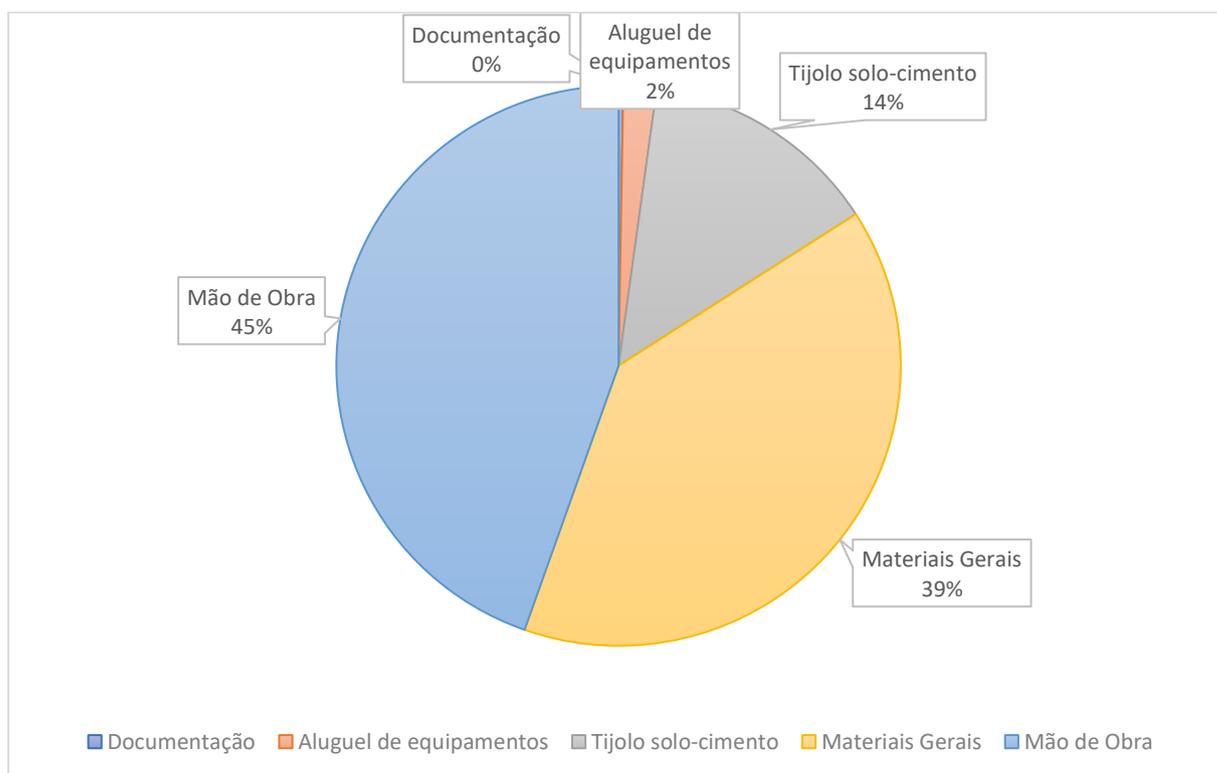
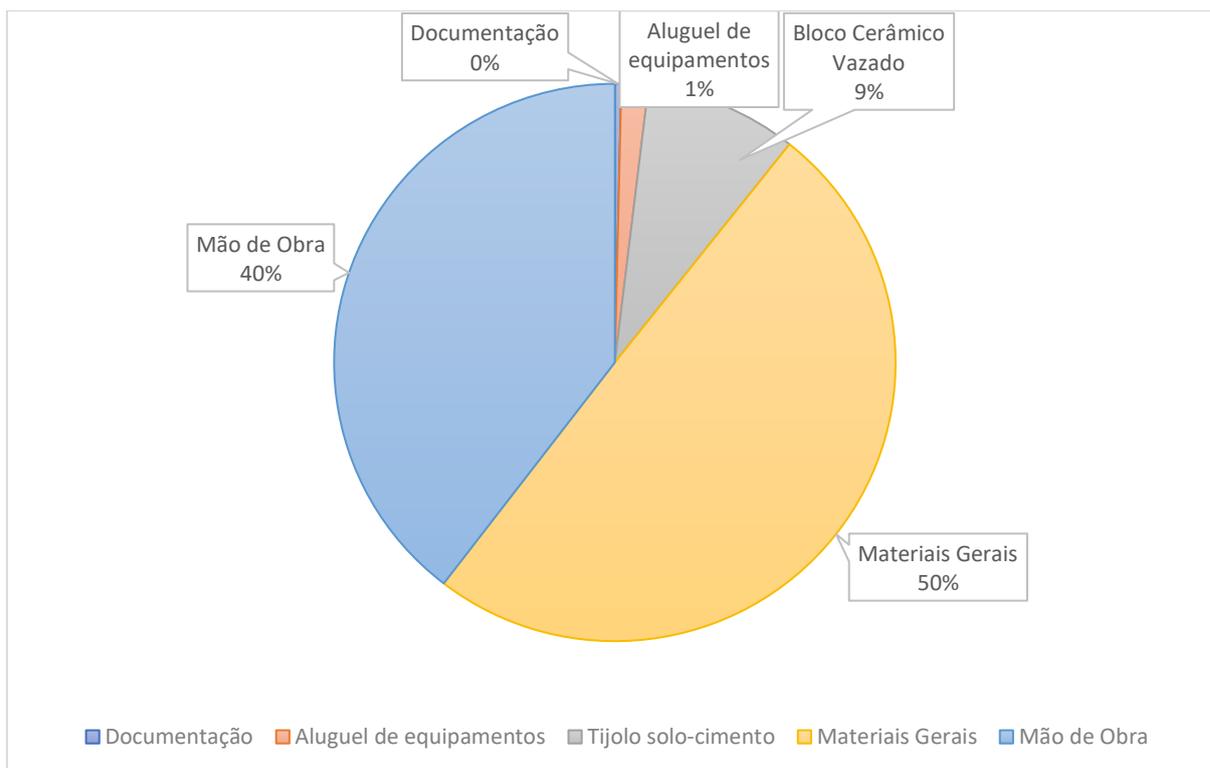


Gráfico 2 - Despesas gerais da obra 2.



### 5.5 Análise do gasto total com tijolos

Com o intuito de justificar o custo maior da obra 1 com relação a obra 2 analisou-se primeiramente os gastos com tijolos.

Os tijolos gastos na obra 1 incluem os tijolos de solo-cimento modulares 25 x 12,5 x 14 e os tijolos canaleta usados nos lugares das vigas, gastou-se um total de R\$10.130,64.

Na construção da obra 2 gastou-se com os blocos cerâmicos vazados um total de R\$5.890,00.

Após a análise do gasto com tijolos das obras é possível perceber que o gasto com tijolo de solo-cimento foi cerca de 70% superior ao gasto com bloco cerâmico vazado, isso se justifica pelo fato de que o tijolo de solo-cimento não apresenta nenhuma fábrica localizada na cidade, com isso, o custo unitário de cada tijolo embutiu o custo com frete do material e se tornou superior em 70% ao custo do tijolo cerâmico.

## **5.6 Análise do gasto total com armaduras**

É possível comparar o consumo total de armaduras nas duas obras e perceber que tiveram gastos bem parecidos com esse material. Porém, de acordo com MOTTA (2014) o tijolo de solo-cimento é o mais completo quando se fala em benefícios, pois possibilita a redução do tempo de construção em 30% em relação à alvenaria convencional, distribuem melhor a carga de peso sobre as paredes devido aos seus encaixes e colunas embutidas nos próprios furos, reduz o consumo de madeiras para formas nas construções, proporciona uma economia de concreto e argamassa em cerca de 70% e de aço 50% em relação à estrutura de concreto armado.

A obra 1 gastou com armadura um total de R\$2.512,58 e a obra 2 um total de R\$2.503,15, percebe-se que foi um gasto próximo devido a mão de obra utilizada na obra 1 ter superdimensionado a armadura., gastando mais do que o necessário.

Na obra 1 utilizou-se armadura vertical nos cantos da alvenaria e distribuídos de metro em metro ao longo de toda a construção, e concretou-se os próprios furos do tijolo de solo-cimento, com isso o gasto com formas de madeiras não existiu na obra. Usou-se armadura horizontal para reforçar a resistência dos tijolos nos vãos das janelas, nas cintas de amarração e no encontro da alvenaria com a laje.

## **5.7 Análise do gasto total com madeira para formas**

Utilizou-se madeira como escoras nas obras e na confecção das formas das vigas e dos pilares na obra 2, gerando volume de descarte deste material, que não é aproveitado na obra, o que evidencia a vantagem da obra 1, que não utiliza formas de madeira, não gerando resíduos. A obra 1 gastou R\$ 467,00 e a obra 2 R\$ 826,20, cerca de 76,9% a mais.

## 6 CONCLUSÃO

A obra 1 teve despesas superiores de R\$6.600,00 em relação a obra 2, que representa 10 % do valor total. Isso ocorreu por diversos fatores, o primeiro deles foi que os tijolos de solo-cimento não foram produzidos no próprio canteiro de obras, mas sim comprados em uma cidade vizinha, aumentando o valor inicial do produto, o segundo foi utilizar argamassa de cimento no assentamento dos tijolos, o terceiro foi ter pintado toda a alvenaria da obra 1. Por fim, todas as vantagens evidenciadas ao longo do trabalho não foram valorizadas no momento da construção, por isso a diferença de 10 % no valor total.

As duas obras apresentaram despesas similares porque ao mesmo tempo que o tijolo de solo-cimento gera economia em argamassa, madeira, concreto e ferragens, o valor incorporado ao produto devido ao frete e a baixa disponibilidade de fornecedores faz com que seja mais elevado em 70 % ao bloco cerâmico vazado. Os gastos com armaduras foram similares, pelo fato de que, mesmo a obra 1 não tendo pilares e vigas como a obra 2, utilizou-se armaduras embutidas na própria alvenaria.

Considerando o custo benefício e a redução de resíduos na construção, a alvenaria com solo-cimento pode ser uma boa alternativa para futuras edificações.

## 7 REFERÊNCIAS

- ANITECO. Associação Nacional da Indústria do Tijolo Ecológico. abr. 2018. Disponível em: <https://www.aniteco.org.br/o-tijolo-ecologico/>. Acesso em: 08 de janeiro de 2021
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND Guia básico de utilização do cimento portland. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 10833: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15270-1: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 1: requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 8491: Tijolo de solo-cimento - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 8492: Tijolo de solo – cimento – análise dimensional, determinação de resistência à compressão e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2012.
- Bezerra, F., & Lafayette, K. (2016). **Avaliação do Resíduo da Construção e Demolição (RCD) em Solo-Cimento**. Revista De Engenharia E Pesquisa Aplicada, 2(1). <https://doi.org/10.25286/rep.v2i1.314>
- BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G., BARROS, M. T., SPENCER, M., PORTO, M., et al. 2005. **Introdução à Engenharia Ambiental – O desafio do desenvolvimento sustentável** (2ª ed.). São Paulo: Prentice Hall.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Estabelecimentos na Construção Civil**. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/empresas-de-construcao/estabelecimentosna-construcao>. Acesso em: 20/12/2020.
- CARVALHO, A. R. O.; POROCA, J. S. **Como fazer e usar tijolos prensados de solo estabilizado**. Brasília: IBICT, 1995. 38p.
- CUNHA, A. de F. **Construções sustentáveis na engenharia civil**. Trabalho de Conclusão de Curso. São Paulo, 2007. 89p.
- DOS SANTOS A. F. R., Baumgart, L. N., Woiciokoski M., Tabarelli Jr. O., Jatzak S., Nicoletti V. **Utilização de resíduos da construção civil em tijolos ecológicos**. Trabalho Interdisciplinar, Administração da Produção II. Associação do Vale do Itajaí Mirim, 2009.
- GRANDE, Fernando M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. 180 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de Contas Nacionais: Produto Interno Bruto. 2018

- JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 102 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000
- KUFFEL, Marcelo; TOMIM, Kamille. **Desempenho térmico do tijolo modular de solo cimento em comparação com tijolo cerâmico e blocos de concreto**. Paraná, Toledo, 2018.
- LIMA, R. C.O. **Estudo da durabilidade de paredes monolíticas e tijolos de solo cimento incorporados com resíduo de granito** / Rosa do Carmo de Oliveira Lima. Campina Grande, 2010.
- MAZZEO GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de tijolos modulares de solo cimento por prensagem manual com e sem a adição de sílica ativa**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. EESC – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Site oficial do Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso: dezembro de 2020.
- MOTTA, C. J.; MORAIS, W. P.; ROCHA, N. G. **Tijolo de Solo-Cimento: Análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis**. Belo Horizonte: E-xata, 2014. 13-26 p.
- PINTO, Gilberto et al. **Geração de resíduos sólidos da construção civil – métodos de cálculo**. Paraíba, Campina Grande 2016.
- PINTO, T. P. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP**, São Paulo: Obra Limpa: I&T: Sinduscon-SP, 2005.
- PINTO, T. P.; GONZÁLEZ, J.L.R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Manual de orientação: como implementar um sistema de manejo e gestão nos municípios. V.01. Brasília: Caixa, 2005.
- PISANI, M. A. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento**. In: SINERGIA. v.6. n.1. 2005. São Paulo, 2005. 53-59p
- RESENDE, Renan Bastos A. **A importância do equipamento de proteção individual (epi) na construção civil**. Minas Gerais, Lavras 2019.
- SANTANA, J.E.S.; CARVALHO, A.C.X.; FARIAS, R.A.P.G. **Tijolo ecológico versus tijolo comum: Benefícios ambientais e economia da energia durante o processo de queima**. In: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2013.
- SILVA, C. L. 2008. **Desenvolvimento sustentável – Um modelo analítico, integrado e adaptativo** (2ª ed.). Petrópolis: Vozes.
- SILVA, Sandra R. **Tijolos de solo-cimento reforçado com serragem de madeira**. Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico anual de resíduos sólidos. 2015. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos>. Acesso em 20/12/2020

SOUZA, B. I.; SEGANTINI, A. S.; PEREIRA, A.J. **Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduo de concreto.** São Paulo, São Paulo, 2014.

SOUZA, M. I. B. **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento. Dissertação (Mestrado).** Universidade Estadual de São Paulo. Ilha Solteira. -SP, 2006.

TÉCHNE: A revista do Engenheiro Civil. Alvenaria de tijolos de solo-cimento, São Paulo, n. 87, jun. 2004. Disponível em: <https://www.revistatechne.com.br/?redirectto=https%3A%2F%2Fwww.revistatechne.com.br%2Fedicoes%2F>. Acesso em: 23 fev. 2021.

TEIXEIRA, Luciene Pires. **Desempenho da construção brasileira.** Belo Horizonte: UFMG, 2010.

THOMAZ, E.; FILHO M. V. C.; CLETO R. F.; CARDOSO F. F. **Código de práticas nº 1.** Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. São Paulo, 2011. 39-53 p.

YEMAL, J. A. **Sustentabilidade na construção civil.** São Paulo, 2011. 101 p.