



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**KENNEDY WANDERSON ROSA SOUSA  
VINICIUS DOMINGOS ALVES**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PRODUTIVIDADE E CUSTOS  
DAS ALVENARIAS: EM SOLO-CIMENTO, BLOCOS  
CERÂMICOS E ESTRUTURAL EM HABITAÇÃO POPULAR**

**PUBLICAÇÃO Nº: 03/2021**

**GOIANÉSIA / GO  
2021**



**KENNEDY WANDERSON ROSA SOUSA  
VINICIUS DOMINGOS ALVES**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PRODUTIVIDADE E CUSTOS  
DAS ALVENARIAS: EM SOLO-CIMENTO, BLOCOS  
CERÂMICOS E ESTRUTURAL EM HABITAÇÃO POPULAR**

**PUBLICAÇÃO Nº: 03/2021**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.**

**ORIENTADOR: IGOR CEZAR SILVA BRAGA**

**GOIANÉSIA / GO: 2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SOUSA, K. W.; ALVES, V.D.

Análise Comparativa de Produtividade e Custos das Alvenarias: Em solo-cimento, blocos cerâmicos e estrutural em habitação popular, 32P (ENG/FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

1. Sistemas Construtivos	2. Blocos estruturais
3. Blocos cerâmicos	4. Blocos solo-cimento
I. ENC/UNI	II. Análise Comparativa de Produtividade e Custos das Alvenarias: em solo-cimento, blocos cerâmicos e estrutural em habitação popular.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUSA, K. W.; ALVES, V. D. Análise Comparativa de Produtividade e Custos das Alvenarias: Em solo-cimento, blocos cerâmicos e estrutural em habitação popular. TCC, Publicação 03/2021, Curso de Engenharia Civil, FACEG, Goianésia, GO, 32p. 2021.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Kennedy Wanderson Rosa Sousa,

Vinicius Domingos Alves

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise Comparativa de Produtividade e Custos das Alvenarias: Em solo-cimento, blocos cerâmicos e estrutural em habitação popular.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2021

É concedida à FACEG a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Kennedy Wanderson Rosa Sousa  
Rua Benedito Camargo N°15 – São Sebastião  
76330-000, Jaraguá/GO – Brasil

---

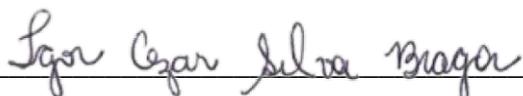
Vinicius Domingos Alves  
Av. Pres. Kennedy Q. 9 L. 6 – Vila Verde  
76330-000, Jaraguá/GO - Brasil

**KENNEDY WANDERSON ROSA SOUSA  
VINICIUS DOMINGOS ALVES**

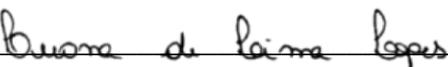
**ANÁLISE COMPARATIVA DE PRODUTIVIDADE E CUSTOS  
DAS ALVENARIAS: EM SOLO-CIMENTO, BLOCOS  
CERÂMICOS E ESTRUTURAL EM HABITAÇÃO POPULAR.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**



**IGOR CÉZAR SILVA BRAGA, Mestre em Mecânica das Estruturas (UFG)  
(ORIENTADOR)**



**LUANA DE LIMA LOPES, Mestra em Engenharia Agrícola (UEG)  
(EXAMINADOR INTERNO)**



**JÉSSICA NAYARA DIAS, Mestra em Integridade de Materiais da Engenharia (UNB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: GOIANÉSIA/GO, 25 de maio de 2021.**

*Dedico este trabalho:  
aos nossos pais e irmãos, em nome da força e  
orgulho demonstrado durante a confecção do  
mesmo e todo o trajeto dentro do curso.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, por ter dado a nós forças nos momentos difíceis e por ter nos guiados pelos caminhos certos nesta fase das nossas vidas.

Agradecemos ainda aos nossos pais, Valdemar Gomes de Sousa e Alenir Aparecida Rosa Gomes, Elias Alves Silva (*in Memoriam*) e Joelma Cristina Alves Silva por serem mais do que nossos pais, nossos grandes amigos. Por terem sempre nos apoiados nas decisões, muitas vezes difíceis, que tivemos de enfrentar até aqui. Por acreditarem na nossa capacidade e, principalmente, por sempre confiarem em nós.

Agradecemos ao professor mestre Igor Cezar Silva Braga por, além de orientador, ter realmente participado deste trabalho, demonstrando dedicação e empenho, os quais foram essenciais para a conclusão do mesmo.

Agradecemos também aos nossos amigos, que fizeram desta etapa da nossa vida uma etapa gostosa e inesquecível.

*“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui, nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitoriosa”.*  
***Albert Einstein***

## RESUMO

Nos últimos anos houve um significativo crescimento nos investimentos na construção civil, muitos empreendimentos surgiram e ainda há muitos a serem construídos. Com isso, muitas empresas, na busca pelo maior rendimento possível de seus investimentos, se deparam com a escolha do sistema construtivo ideal para seus projetos. Desse modo, constata-se a necessidade de inovação nos sistemas construtivos, analisando o melhor sistema executivo em custo e benefício, pois estes, são as principais características para a realização de habitações voltadas para a população de baixa renda, de forma que a execução se torne mais barata e com um prazo de execução menor. Deste modo, o objetivo principal deste trabalho é apresentar um estudo comparativo de produtividade e custos entre a Alvenaria de vedação executada com blocos do tipo solo-cimento, blocos cerâmicos e blocos estruturais, desenvolvendo um estudo avaliativo entre os três tipos de blocos, a fim de se verificar qual tipo de bloco oferece melhor custo benefício para a obra, tendo como base de análise a elaboração de um projeto arquitetônico de uma habitação unifamiliar no *software* da Autodesk Revit 2021, realizando o levantamento e quantitativos de materiais para o orçamento. O estudo se pautou em um comparativo de custos da habitação popular apresentado valores de insumos e mão de obra em cada método construtivo, reunidos em uma tabela com o objetivo de comprovar a viabilidade e financeira de um dos métodos. No estudo em questão, o método de alvenaria em blocos cerâmicos se mostra o mais vantajoso em sua utilização, chegando a se tornar cerca de 25% mais barato quando comparado com o sistema construtivo em blocos estruturais, e 36% em relação ao bloco de solo-cimento.

**Palavras-chave:** Sistemas construtivos; execução; viabilidade-custo.

## ABSTRACT

In recent years there has been a significant growth in investments in civil construction, many projects have emerged and there are still many to be built. With this, many companies, in the search for the highest possible return on their investments, are faced with the choice of the ideal construction system for their projects. Thus, there is a need for innovation in construction systems, analyzing the best executive system in terms of cost and benefit, as these are the main characteristics for the realization of housing aimed at the low-income population, so that the execution takes place. make it cheaper and with a shorter lead time. In this way, the main objective of this work is to present a comparative study of productivity and costs between sealing masonry executed with soil-cement blocks, ceramic blocks and structural blocks, developing an evaluative study between the three types of blocks, in order to to verify which type of block offers the best cost-benefit for the work, based on the analysis of the elaboration of an architectural project of a single-family dwelling in the Autodesk Revit 2021 software, carrying out the survey and quantitative of materials for the budget. The study was based on a comparison of costs of popular housing, presenting values of inputs and labor in each construction method, gathered in a table with the objective of proving the viability and financial of one of the methods. In the study in question, the masonry method in ceramic blocks proves to be the most advantageous in its use, getting to become about 25% cheaper when compared to the building system in structural blocks, and 36% in relation to the soil block. -cement.

**Keywords:** Construction systems, execution, feasibility-cost.

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 2.1 (a)</b> – Blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal.....	07
<b>Figura 2.1 (b)</b> – Blocos cerâmicos de vedação com furos na certical.....	07
<b>Figura 2.2</b> – Assentamento de blocos cerâmicos de vedação.....	09
<b>Figura 2.3 (a)</b> – Prensa Hidráulica. ....	12
<b>Figura 2.3 (b)</b> – Prensa Manual.....	12
<b>Figura 2.4</b> – Assentamento de Blocos solo-cimento vazado.....	13
<b>Figura 2.5</b> – Vibroprensa para blocos de concreto.....	18
<b>Figura 2.6</b> – Dimensões do bloco simples de concreto. ....	18
<b>Figura 2.7</b> – Execução de alvenaria em blocos de concreto vazado .....	19

**LISTA DE TABELAS**

<b>Quadro 2.1</b> – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação. ....	07
<b>Quadro 2.2</b> – Dimensões de fabricação de blocos de concreto.....	17
<b>Tabela 4.1</b> – Quantitativo de blocos em solo-cimento para execução de habitação popular de 64,66 m <sup>2</sup> .....	25
<b>Tabela 4.2</b> – Quantitativo de blocos cerâmicos para execução de habitação popular de 64,66 m <sup>2</sup> .....	25
<b>Tabela 4.3</b> – Quantitativo de blocos de concreto estrutural para execução de habitação popular de 64,66 m <sup>2</sup> .....	25
<b>Tabela 4.4</b> – Revestimento para sistemas construtivos .....	26
<b>Tabela 4.5</b> – Espessura de camada de aplicação dos revestimentos.....	26
<b>Tabela 4.6</b> – Custo do revestimento .....	26
<b>Tabela 4.7</b> – Mão de obra em solo-cimento .....	27
<b>Tabela 4.8</b> – Mão de obra blocos cerâmicos .....	27
<b>Tabela 4.9</b> – Mão de obra blocos concreto estrutural.....	27

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABC – Associação Brasileira de Cerâmica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento do Estado da Bahia

CEF – Caixa Econômica Federal

FACEG – Faculdade Evangélica de Goianésia

GOINFRA – Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

MCAA – Mason Contractors Association of America

NBR – Norma Técnica Brasileira

PAC – Programa de Aceleração de Crescimento

PCVM – Programa Casa Verde e Amarela

PIB – Produto Interno Bruto

PIL – Programa de Investimento em Logística

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

SINAPI – Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil

**LISTA DE SÍMBOLOS**

m<sup>2</sup> - Metros quadrados

mm – milímetros

m – metro linear

cm – centímetros

R\$ - Reais

% - Por cento

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>i</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Objetivo Geral .....	2
1.2.2 Objetivos Específicos .....	2
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS EM TIJOLOS.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. CLARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS. ....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Blocos Cerâmicos .....	6
2.2.2. Bloco solo-cimento.....	11
2.2.3. Bloco estrutural.....	16
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>4.5 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO .....</b>	<b>27</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil no país vem crescendo a cada ano, sendo assim o setor mais empregador no país com cerca de 6% do pessoal ocupado segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI). Devido aos grandes investimentos do Governo Federal o setor participa com 15,5% do PIB (Produto Interno Bruto) e possui um significativo papel social no combate ao déficit habitacional.

Acredita-se, que a construção de residências continua desempenhando um papel de extrema importância à população, pois a sociedade vem crescendo de maneira contínua e acelerada. Diante de tal realidade, cresce também o dever do Estado de garantir o direito de moradia a todos. Os investimentos no setor da construção civil envolvem riscos financeiros e recursos de montantes significativos. A fim de fundamentar decisões sobre investimentos nesse setor, é recomendável a realização de análise prévia através de critérios de viabilidade econômica (HOCHHEIM N., 2001).

Com o crescimento da indústria brasileira da construção civil, e seu desenvolvimento em sistemas de construção, os processos e suas técnicas de execução evoluíram como forma de trazer agilidade e evitar ao máximo o desperdício de material e mão de obra. A industrialização do processo construtivo impõe as empresas a adquirir novas tecnologias para verem-se vivas no mercado (TAIGY, 1991).

Métodos construtivos que facilitam o processo de execução são buscados por vários anos dentro do mercado da construção civil, várias empresas e laboratórios de pesquisas elaboram modelos com objetivo de conquistar o mercado, mas a maioria das vezes apresentam custos maiores comparados aos métodos construtivos convencionais (FLORES, 2001).

Os diversos tipos de blocos para alvenaria são métodos que visam facilitar e dar qualidade na dinâmica de edificar, além de começar a ser aplicada no país, a conquista do mercado da construção civil vem sendo conquistado por este método por obter baixo custo e trazer várias vantagens aqueles que utilizam (KALIL, 2007).

Há muitas coisas a se considerar ao escolher o método de construção e o tipo de bloco a ser usado na construção. O preço é apenas um dos elementos importantes a lembrar, o isolamento acústico e térmico oferecido, a mão de obra na construção, o material e a carga suportada. O interesse em realizar um estudo comparativo entre blocos cerâmicos, blocos estruturais e blocos de solo-cimento para o sistema surgiu da necessidade crescente de aprimoramento das técnicas aplicadas na construção civil. Com base nisso, este trabalho busca

apresentar um resultado comparativo dos aspectos econômicos e construtivos entre os blocos para o levantamento de alvenaria de vedação em um imóvel residencial.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A construção civil tem relevante papel no processo de crescimento do país. O Programa de Aceleração de Crescimento (PAC) e o de Investimento em Logística (PIL), assim como obras do Programa Casa Verde e Amarela (PCVA), têm estimulado a cadeia produtiva da indústria da construção civil, pela geração de empregos e renda para milhares de trabalhadores, além de ganhos significativos em escala para o comércio e a indústria nacional.

Para todo processo industrial a qualidade e o tempo de execução de cada etapa influenciam diretamente nas etapas subsequentes, com isso o conhecimento das principais vantagens e desvantagens do sistema é essencial para a escolha do método construtivo que satisfaça as necessidades.

Tendo em vista essa necessidade de popularização de sistemas construtivos racionalizados, que possibilitem a execução rápida e econômica dos empreendimentos, é a eficácia desses sistemas nos quesitos técnicos e econômico, no intuito de promover a consolidação dos mesmos perante os agentes construtores.

Diante do exposto, buscou-se analisar os sistemas construtivos de alvenaria em blocos: solo-cimento, cerâmicos e estruturais; possibilitando conhecer as características executivas, custos e quantidade de mão de obra, seguindo de base profissionais liberais e construtoras que buscam maior eficiência no setor

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo comparativo da viabilidade técnica e econômica dos sistemas construtivos de alvenaria em blocos solo-cimento, blocos cerâmicos e blocos estruturais aplicado em habitação popular.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as etapas de execução dos sistemas construtivos de alvenarias utilizando blocos de solo-cimento, blocos cerâmicos e blocos estruturais;
- Apresentar vantagens e desvantagens de prazos e custos dos três métodos executivos;
- Apresentar o orçamento de uma habitação popular nos métodos citados;

- Comparar o custo por m<sup>2</sup> de uma habitação popular nos métodos construtivos citados, apresentando o sistema construtivo mais viável para a concepção de uma habitação popular.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS EM TIJOLOS

A matéria-prima empregada na fabricação das cerâmicas e tijolos primitivos consistia basicamente, na mistura de argila com características adequadas e água (SANTIAGO, 2001). A argila é constituída por um conjunto de minerais, composto, sobretudo de silicatos e aluminatos hidratados, cuja plástica, passível de moldagem quando misturada à água e de secagem e endurecimento, quando exposta ao calor. Na história da humanidade, esse é um acontecimento primordial, embora pesquisadores tenham buscado fixar no tempo a invenção da cerâmica, este momento preciso da história humana ainda não foi datado (COSTA, 2000).

Santiago (2001) observa que, quando o homem deixa de habitar as cavernas e desenvolve mecanismos para prover abrigo, utiliza somente recursos disponíveis na natureza, inicialmente apropriados tais quais encontrados, sendo posteriormente manipulados e transformados conforme novas necessidades, especialmente a partir do momento em que o homem se torna sedentário. Surgem, a partir de então, os artefatos em pedra polida e, em seguida, a cerâmica.

Nesse cenário, encontram-se os primeiros tijolos elaborados pelas antigas povoações para promover abrigo e muros de proteção. Assim, desde a pré-história, o homem utiliza o tijolo para erguer paredes e materializar a arquitetura. Estas primeiras estruturas de adobe tinham como obstáculo um bom encaixe, tendo em vista sua forma irregular, portanto, a primeira grande evolução no desenvolvimento dos tijolos consiste na utilização de moldes para sua fabricação, viabilizando formas mais homogêneas, possibilitando assim a evolução do sistema construtivo (CAMPBELL E PRICE, 2005).

Para solucionar esse problema de incompatibilidade dos blocos um processo industrialização e de organização foi estabelecido para que estes materiais se tornassem mais padronizado podendo ser completamente integrado em todo país (CAMACHO, 2001).

Esse sistema é um princípio muito importante a ser definido em uma obra, é a partir dele que serão determinados e desenvolvidos os projetos complementares de uma obra, como exemplo o projeto estrutural, o projeto arquitetônico e o orçamentário. os sistemas construtivos de blocos de alvenaria de vedação e considerado um dos mais usados, tanto para casa, como para apartamentos (NASCIMENTO, 2004).

Apesar da predominância do processo convencional, as dificuldades econômicas, associadas a uma série de outros fatores, vem motivando o desenvolvimento de técnicas gerenciais e construtivas, visando à redução do custo das habitações, sem prejuízos do seu nível

de qualidade. A maneira encontrada pelas empresas para promover tais mudanças tem sido a aplicação da racionalização ao processo convencional, que consiste em substituir o empirismo das práticas convencionais por técnicas fundamentadas na ciência aplicada (TAIGY, 1991).

Segundo Lyle (1993), o ser humano contava com apenas um ou dois materiais para construir. O homem contemporâneo é o único no decorrer da história, que conta com uma vasta gama de materiais para construção. Isto torna difícil a escolha dos mesmos. Os profissionais selecionam os materiais que utilizarão baseados na satisfação de propósitos construtivos e estéticos, perseguindo critérios de desempenho tais como: conforto térmico, acústico, luminotécnico, textura e cores dos materiais (CIB, 1982).

O setor da construção civil é um dos setores da economia que mais gera impactos ambientais, sendo grande consumidor de recursos minerais e energéticos (JOHN, 2000). Nenhuma atividade humana pode ser desenvolvida sem um ambiente construído, seja direta ou indiretamente. O setor da construção civil é um dos maiores da economia, o qual produz os maiores bens de consumo, analisando dimensões e proporções, sendo, portanto, o maior consumidor de recursos naturais de qualquer sociedade. Para John (2000), o consumo de recursos naturais não diz respeito apenas à matéria-prima utilizada, mas também aos resíduos gerados em toda a vida útil da edificação (como na manutenção e operação), à durabilidade das edificações (vida útil), à necessidade de manutenção, aos desperdícios gerados por um mau projeto ou ao uso de uma tecnologia inadequada.

Desempenhando um dos papéis importantes, a construção civil, no cenário industrial brasileiro, gera muitos empregos diretos e indiretos e movimentando uma grande quantidade de recursos financeiros (STACHERA, 2008).

A extração destes insumos pode acarretar esgotamento, degradação do solo e ser prejudicial à fauna e flora locais. A busca por produtos que causem o menor impacto possível sobre a natureza é um meio de reduzir os danos causados. Porém, identificar produtos com viabilidade econômica e ambiental não é uma tarefa considerada fácil (LIPPIAT, 1988).

Atualmente, no Brasil, o sistema construtivo em alvenaria tem experimentado um grande impulso. Devido à crescente demanda do setor da construção civil, a concorrência tem feito com que um número crescente de empresas passe a se preocupar mais com os custos, acelerando as pesquisas e utilização de novos materiais (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

## 2.2. CLARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS.

Sendo um dos materiais mais tradicionais usados na construção civil, o tijolo, hoje graças às novas tecnologias de construção, pode ser encontrado em diversos tipos para as mais

diversas modalidades de paredes. Inicialmente podemos dividir os tijolos em três grupos, isto se considerarmos a aplicabilidade deles, são eles: Estruturais (usado na estrutura ou sustentação da parede); Fechamento (usado apenas para fechamento da parede, mas a estrutura da casa fica apoiada em colunas de concreto); Decorativos (usados em locais estratégicos para iluminação, ventilação ou meramente estética). Quanto ao tipo de material em que eles são construídos, há várias diferenças e tipos (SILVA, D. H. et al., 2017).

### **2.2.1 Blocos Cerâmicos**

A NBR 15270-1 - Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos de alvenaria. Parte 1: Requisitos - (ABNT, 2005) define o bloco cerâmico como um elemento da alvenaria. A qualidade dos blocos cerâmicos está diretamente relacionada à fabricação e ao processo de fabricação e queima.

O bloco de cerâmica pode ser usado em diferentes tipos de gabinetes. A alvenaria construída com este tipo de sistema de construção é o método de produção mais antigo e difundido. Também chamados de tijolos, no processo de fabricação a combustão ocorre em alta temperatura e sua conformação é obtida por extrusão (BARBOSA et al., 2011).

Em relação à escolha da matéria-prima, Matheus (2002) observa que os critérios tradicionais se restringiam à avaliação da pureza e plasticidade da argila, descrevendo a terra ideal para produção de tijolos crus, não podendo conter barro arenoso, com pedras ou areias grossas.

Segundo a NBR 15270-1 (ABNT, 2005) a normatização constitui um elemento importante para avaliar a qualidade dos produtos produzidos. A partir das normas, os produtos e processos desenvolvidos pelas empresas devem atender as exigências de modo a não prejudicar as necessidades do cliente final.

Quanto à sua classificação, os blocos cerâmicos podem ser classificados em: blocos cerâmicos estruturais de paredes vazadas; blocos cerâmicos estruturais com paredes maciças; bloco cerâmico estrutural perfurado (RIZZATTI et al., 2011).

#### **2.2.1.1 Métodos e etapas de produção**

A ABC - Associação Brasileira de Cerâmica (2016) apresenta os processos de fabricação do bloco cerâmico compreendendo as etapas de preparação da matéria-prima e da massa, formação das peças, tratamento térmico e acabamento.

Segundo Bauer (1994), o processo de produção de materiais utilizados na construção civil composto por cerâmica vermelha passa por uma série de fases, sofrendo variações muito pequenas de um tipo para outro, este processo produtivo

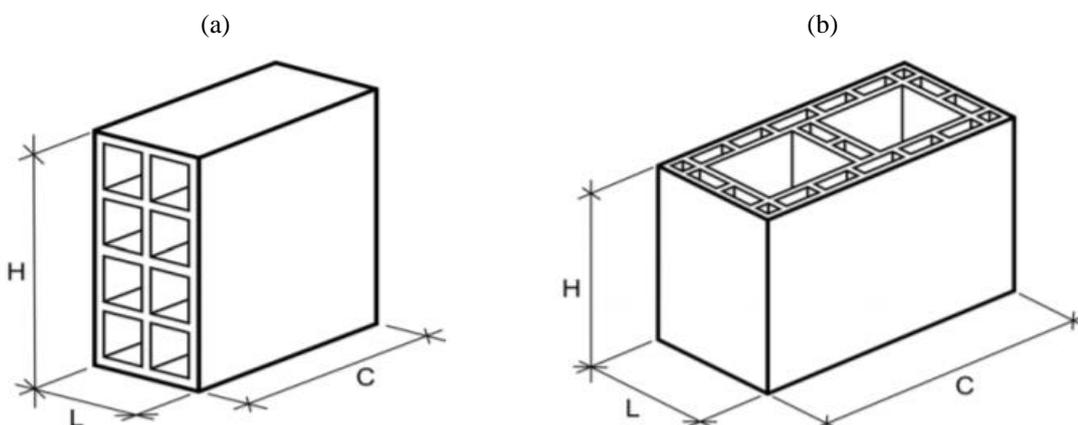
Grande parte das matérias-primas utilizadas na indústria cerâmica tradicional é natural, encontrando-se em depósitos espalhados na crosta terrestre. Após a mineração, os materiais devem ser beneficiados, isto é, desagregados ou moídos, classificados de acordo com a granulometria e muitas vezes também purificadas. As peças dos materiais cerâmicos geralmente são fabricadas a partir da composição de duas ou mais matérias-primas, além de aditivos e água ou outro meio. Mesmo no caso da cerâmica vermelha, para a qual se utiliza apenas argila como matéria-prima, dois ou mais tipos de argila com características diferentes entram em sua composição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, 2016).

Existem diversos processos para dar forma às peças cerâmicas, e a seleção de um deles depende fundamentalmente de fatores econômicos, da geometria e das características do produto. Os métodos mais utilizados compreendem: colagem, prensagem, extrusão e torneamento. O processo de tratamento térmico é de fundamental importância para obtenção dos produtos cerâmicos, pois dele dependem o desenvolvimento das propriedades finais do material, compreendendo as etapas de secagem e queima (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, 2016).

A NBR 15270-1 (ABNT, 2005), regulamenta os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos que devem ser analisados e exigidos pelas lojas de material de construção, canteiros de obra, entre outros, no ato do recebimento dos blocos cerâmicos.

Nas construções das alvenarias de vedação e alvenarias estruturais, podem ser encontrados em diferentes formas e tamanhos, regulamentados pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005), apresentado na Figura 2.1(a) e (b), ilustração dos blocos de vedação e no Quadro 2.1 as dimensões de fabricação dos blocos cerâmicos.

Figura 2.1. (a) Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal (b) Bloco cerâmico de vedação com furos na vertical.



Fonte: ABNT NBR 15270-1, 2005.

Quadro 2.1. Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação.

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

Fonte: Adapt. ABNT NBR 15270-1, 2005.

### 2.2.1.2 Método e aplicação

Na construção de uma casa em alvenaria de vedação, tijolos cerâmicos são muito usados devido a sua cultura de utilização e de elevada oferta, que exercem a função de dividir os ambientes, não tendo função estrutural, sendo necessário vigas e pilares criando uma estrutura de sustentação (IBDA, 2015).

Concluída a estrutura de concreto armado de uma obra, segundo Bauer (1994), inicia-se a execução de sua alvenaria. Em obras de menor porte, as paredes são assentadas diretamente a partir das fundações, sobre um radier, baldrame ou sobre a parte superior das vigas (cintas) de concreto armado que amarram as sapatas de fundação. Para execução das alvenarias deve-se dispor do projeto arquitetônico completo, visto que, principalmente, nas plantas baixa e de corte é onde são encontradas as dimensões que devem ser obedecidas quando da confecção das alvenarias.

Escolhido o tipo de assentamento, são assentados os tijolos de canto, para poderem servir de apoio a uma linha a ser esticada entre eles, com pregos fixados na argamassa das juntas para servir de guia para a colocação dos tijolos da primeira fiada, que devem ficar perfeitamente

alinhados. É então completada a primeira fiada de alvenaria, verificando-se o nivelamento (horizontalidade) com um nível de bolha, apoiado na régua de pedreiro, procedendo-se dessa forma para todos os cantos, cruzamentos e extremidades (BAUER, 1994).

(BAUER, 1994) ainda apresenta os principais detalhes a se observar quando da execução das alvenarias: as juntas da argamassa de assentamento devem ser de 1,0 a 1,5 cm; sobre as aberturas de portas e janelas deverão ser colocadas vergas, que são pequenas vigas de madeira ou de concreto, para resistir aos esforços da alvenaria sobre as aberturas; no caso das construções com estrutura independente de concreto armado, ao se levantar a parede, é necessário deixar um espaço entre a última fiada de tijolos e a viga.

Depois de executada a alvenaria como mostra a Figura 2.2, as paredes são chapiscadas (5 mm), depois emboçadas (15 mm) com argamassa de cimento, cal e areia, trabalho este extremamente artesanal, pois, o prumo da parede depende muito da habilidade do operário e garante uma maior economia e menor desperdício da obra e por fim as paredes em alvenaria recebem uma camada de reboco (5 mm). Já em relação as instalações elétricas e hidrossanitárias, são embutidas na parede, depois de executada a alvenaria, o operário com uma talhadeira e uma marreta, quebra a parede formando rasgos para a passagem dos eletrodutos e das tubulações (BAUER, 1994).

Figura 2.2. Assentamento de Bloco cerâmico de vedação.



Fonte: DRYPLAN, 2012.

### 2.2.2.3 Patologias

Os problemas patológicos podem se manifestar por diversos motivos, como falhas na execução da alvenaria, umidades por falta de impermeabilização, condições precárias de armazenamento entre outros.

De acordo com Mourão (2016), todos os elementos com proximidade à edificação, de forma ocasional ou permanente podem de alguma maneira colaborar para o surgimento de patologias que atingem diversos elementos na estrutura de uma construção.

Diversos fatores podem acarretar na formação de fissuras na alvenaria, os principais e mais comuns mecanismos de formação de fissuras nas paredes de alvenaria em blocos cerâmicos, são: recalque da fundação, sobrecarga de carregamentos, variações térmicas, retração, movimentação higroscópica e reações químicas. Outro fator que ocasiona a formação de fissuras é a utilização de diferentes tipos de materiais com diferentes propriedades, utilizados em conjunto (THOMAZ, 1989).

### 2.2.2.4 Vantagens

Dentre as vantagens da utilização do bloco cerâmico como sistema construtivo (BARBOSA, 2015) destaca-se:

- Redução dos custos através da diminuição do desperdício;
- Maior resistência à umidade e aos movimentos térmicos;
- Adequação e possibilidade de divisão de ambientes;
- Menor quantidade de retrabalho por eliminação dos rasgos para passagem de tubulações;
- Isolamento térmico e acústico.

### 2.2.2.5 Desvantagens

Dentre as desvantagens da utilização do bloco cerâmico como sistema construtivo (BARBOSA, 2015) destaca-se:

- Maior possibilidade de erros durante a execução;
- Cronograma mais oneroso;
- Descolamento do revestimento;
- Elevados desperdícios;
- Adoção de soluções construtivas durante a realização do serviço pelo próprio pedreiro ou pelo mestre de obras;
- Ausência de fiscalização dos serviços;

- Deficiente padronização do processo de produção e ausência de planejamento prévio à execução (LORDSLEEM, 2004).

### **2.2.2. Bloco solo-cimento**

Entende-se como bloco solo-cimento o produto endurecido, resultado da cura de uma mistura homogênea compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas através de dosagens controladas, conforme a NBR 12024 – Solo-Cimento – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos (ABNT, 1992).

O bloco em solo-cimento foi utilizado pela primeira vez em 1915 nos Estados Unidos (ABIKO, 1983) pelo engenheiro Bert Reno, que pavimentou uma rua com uma mistura de conchas marinhas, areia de praia e cimento Portland, porém, só em 1935, a *Portland Cement Association* (PCA) iniciou pesquisas e estudos sobre essa tecnologia. Desde então, o solo-cimento tem sido empregado principalmente na pavimentação. No entanto, Rocha (1996) relata que são conhecidas utilizações em camadas de fundações e base para pavimentos rígidos e flexíveis de estradas e aeroportos; valetas de drenagem; revestimentos de canais; diques; reservatórios e barragens de terra; estabilização e proteção superficial de taludes; fundações de edifícios; muros de arrimo e, atualmente, em alvenarias de blocos prensados ou painéis de parede monolíticas para construção de moradias.

No início dos anos sessenta, o solo-cimento passou a ser estudado e aplicado com maior abrangência em todo o mundo. No Brasil, segundo Mercado (1990), a partir da década de 1970 o solo-cimento tornou-se objeto de intensas pesquisas principalmente da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento do Estado da Bahia (CEPED) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

Trata-se de um processo físico-químico de estabilização, no qual ocorre a reorientação das partículas sólidas do solo com a disposição de substâncias cimentantes nos contatos intergranulares, alterando, assim, a qualidade relativa de cada uma das três fases: sólido, água e ar; que constituem o solo. O produto que resulta é um material com boa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade (MERCADO, 1990).

#### **2.2.2.1 Métodos e etapas de produção**

Para a produção do bloco de solo-cimento é necessário selecionar o solo, podendo ser utilizado diversos tipos de solo, porém o mais usual por conta de custo benefício é o arenoso. Silveira (1966), destaca que os solos arenosos e pedregulhos, com cerca de 10% a 35% da

fração silte e argila, são considerados os mais favoráveis para a estabilização com cimento. Os solos arenosos deficientes em finos são também considerados materiais de boa qualidade, havendo apenas maior dificuldade para a compactação e o acabamento.

Após a escolha do material, é necessário se certificar que o mesmo não possui nenhum tipo de resíduo orgânico como folhas e galhos, devendo estar solto sem a presença de torrões, esses fatores precisam ser analisados pois influenciará na resistência do produto, garantindo que o material fique solto e adequado para utilização de mistura (MORETT, 2003).

Além disso, é necessário passar por uma máquina trituradora de torrões, onde o solo é colocado e a máquina quebra todos os torrões presente nele, após a trituração é feito o peneiramento, que pode ser de duas maneiras: com uma peneira manual ou com uma peneira rotativa automatizada. Com essa etapa concluída, realiza-se a mistura corretamente composta por (solo, cimento e água) (MORETT, 2003).

A ABCP (1998) recomenda ainda, que a quantidade da mistura deve ser dimensionada para produção de tijolos durante 1 hora de funcionamento da prensa. Em termos de dosagem, recomenda moldar blocos com proporções, em volume de cimento e solo de 1:10, 1:12 e 1:14, a escolha do traço adequado deve ser a que apresentar menor consumo de cimento e atender aos critérios de resistência a compressão e absorção de água estabelecidos na NBR 8491 – Tijolos de solo-cimento – Requisitos (ABNT, 2012).

O solo-cimento é comprimido em uma prensa hidráulica, apresentada na Figura 03 (a) ou também em prensa manual, apresentada na Figura 03 (b), ambas são compostas por um molde que pode ser substituído.

Figura 2.3. (a) Prensa Hidráulica; (b) Prensa Manual.



Fonte: SAHARA, 2021.

Por serem prensados em um molde é permitido que a produção se mantenha um padrão, garantindo que suas dimensões não variem de um bloco para o outro, dando a sua forma perfeitamente correta. Depois da conformação, o bloco passa para o processo de cura, existindo dois procedimentos distintos:

- a) O primeiro, passa por um processo de submersão em um reservatório com água, permanecendo por poucos minutos, em seguida, o bloco é retirado do reservatório para ficar de repouso por alguns dias, para que ocorra a cura do solo-cimento;
- b) O segundo, após a conformação do bloco, este é armazenado com cuidado e organizadamente, assim passa pela etapa de cura por meio da aspersão manual que é realizada através de mangueiras, regadores e outros componentes do gênero.

Ao iniciar o processo de cura, deve-se molhar os blocos com um leve e fino chuveiro, tomando a precaução de não afetar o acabamento, após o período de cura, o bloco está pronto para transporte e uso na obra (REBOUÇAS, 2008).

Segundo a NBR 10834:2012, no item 4.2.1 e 4.2.2, tem-se as dimensões que o bloco deve possuir, com forma externa de um paralelepípedo retangular, sendo essas dimensões definidas a seguir:

- a) Comprimento do bloco (C): maior dimensão da face de assentamento;
- b) Largura do bloco (L): menor dimensão da face de assentamento;
- c) Altura do bloco (H): distância entre as faces de assentamento.
- d) As dimensões nominais que os blocos devem atender as grandezas de: comprimento de 390 mm, largura 140 mm e altura 200 mm. Entretanto, podem apresentar dimensões diferentes estabelecidas, desde que a altura (H) seja igual ou superior a sua largura (L).

#### 2.2.2.2 Métodos de aplicação

O bloco de solo-cimento foi desenvolvido para ser utilizado como alvenaria estrutural, possuindo dois furos verticais para possibilitar a passagem de elementos estruturais, eletrodutos, tubos hidráulicos e sanitário (SILVEIRA, 1996). Na construção, o assentamento é realizado pelo simples encaixe entre as peças, sem necessidade de argamassa de assentamento, assim, usando apenas cola facilitando os trabalhos de mão de obra, por ser produzido em um rigoroso padrão de geometria o bloco possui encaixes perfeitos (MORETT, 2003).

Os blocos são assentados, com juntas desencontradas, sem argamassa, no entanto requerem uma vedação de juntas, que é feita com o uso de cola a base de PVC. As instalações elétricas e hidráulicas ficam embutidas nos furos dos blocos. Dependendo do projeto, alguns

furos podem requer um grauteamento (cimento especial, adicionado de água), que dá maior resistência à fixação das estruturas. As aberturas são marcadas com a utilização de caixotes. As vergas e contra-vergas são feitas com os blocos de solo-cimento tipo canaletas, preenchidos com vergalhões e depois grauteados. A cobertura deve ser feita de maneira convencional, com o método determinado conforme especificações do projetista (RODRIGUES, 2014).

Figura 2.4. Assentamento de blocos solo-cimento vazado.



Fonte: ILHE ENGENHARIA, 2021.

#### 2.2.2.3 Patologias

Após a fabricação, para evitar problemas patológicos, alguns cuidados precisam ser tratados com atenção, como no período em que o bloco ficará de repouso para que ocorra a cura. Nesse período, a temperatura do ambiente em que ele repousa deverá ser constante para que o produto não sofra variações em seu volume, com contração e expansão que podem acarretar o surgimento de fissuras e comprometer suas características. Ademais, no mesmo período de cura, o ambiente não pode estar úmido pois podem aparecer ações de fungos (RIBEIRO, 2013).

#### 2.2.2.4 Vantagens

O solo é o componente mais utilizado para a obtenção do solo-cimento. Já o cimento entra em uma quantidade que varia de 5 a 10% do peso do solo, o suficiente para estabilizar o solo e conferir as propriedades de resistência desejadas para o compósito. Segundo ABCP (1986), as principais vantagens do solo cimento são:

- Poupança ligada à disponibilidade de terras: uso intensivo de materiais locais reduzindo os custos de transporte, importação de materiais e produção;

- Potencial social: alocação de recursos humanos locais na fabricação de blocos ou painéis monolíticos;
- Obter material com resistência à compressão simples até MPa, com pequenas quantidades de cimento;
- Alta durabilidade verificada no ensaio de desgaste de ciclo seco e úmido, em função da menor permeabilidade;
- A absorção e perda de umidade pelo material não causa variações volumétricas significativas;
- O material não se deteriora se imerso em água;
- Conforto térmico devido à não utilização de materiais condutores de calor e à boa entropia do material;
- Ecologicamente correto: redução do consumo de energia elétrica, minimizando o uso de material queimado ou o corte de árvores, evitando o lançamento de gases poluentes no meio ambiente;
- Fornecimento do revestimento, reduzindo o tempo de execução da obra.

Além dessas vantagens, segundo Taveira (1987), o solo-cimento também apresenta boas condições de conforto, comparáveis às construções de alvenarias de blocos cerâmicos, não oferecendo condições para instalações e proliferação de insetos nocivos à saúde pública, atendendo às condições mínimas de habitabilidade. O solo-cimento é um material de boa resistência e baixa absorção, resistindo ao desgaste do tempo e à umidade. A aplicação do chapisco, emboço e reboco são dispensáveis, devido ao acabamento liso das paredes monolíticas, em virtude da perfeição das faces (paredes) prensadas do material, requer apenas uma pintura com tinta à base de cimento, o que aumenta mais a sua impermeabilidade, assim como o aspecto visual, conforto e higiene.

O autor ressalta outro fator positivo é a viabilização de uma construção limpa e com menor quantidade de resíduos e entulho, uma vez que a estrutura de perfeito encaixe facilita os cálculos, reduzindo a quantidade de cortes, eliminando assim a necessidade de pregos, arames e furos na parede. A construção forma uma cadeia de vetores que permite a inserção das redes elétricas, hidráulicas e de comunicações entre os furos já existentes nos blocos.

O bloco de solo-cimento também é considerado como tijolo ecológico, já que seu processo de fabricação é considerado ecologicamente correto, uma vez que não passa pelo processo de queima em forno a lenha, evitando o desmatamento, a emissão de gases poluentes e o lançamento de resíduos tóxicos no meio ambiente (SALA, 2006).

### 2.2.2.5 Desvantagens

Como desvantagem marcante do solo-cimento tem-se a necessidade de controle tecnológico regular e de dosagem da mistura. Outra limitação do solo cimento é que na medida em que aumenta o teor de argila do solo, aumenta também o consumo de cimento. Entretanto, um pouco de argila ajuda a reação cimentícia. Requer mão de obra qualificada com conhecimento da técnica de aplicação dos blocos e apensar de funcionar perfeitamente bem em climas secos, os tijolos ecológicos aplicados em locais de clima úmidos u de maior exposição à umidade, ainda não são totalmente indicados (FRAGMAQ, 2014).

### 2.2.3. Bloco estrutural

A alvenaria estrutural é uma evolução da aplicação de cerâmica e concreto, pois sua parte estrutural está toda embutida dentro da cavidade dos tijolos diminuindo assim o tempo de execução e o uso de formas evitando problemas no decorrer da obra (IBDA, 2015).

Segundo Faria (2017), alvenaria estrutural é um processo construtivo que emprega blocos vazados na construção de paredes que em sua maioria desempenha função estrutural, substituindo as funções de uma estrutura convencional reticulada, além da função de vedação.

Blocos ou tijolos de concreto são produzidos a partir de meados do século 19, quando cimentados de melhor qualidade foram desenvolvidos. Os primeiros blocos não tinham grande aceitação, pois eram maciços e pesados. Técnicas de produção de blocos vazados foram desenvolvidas a partir de 1866, quando moldes de madeira eram utilizados. Uma razoavelmente seca mistura de areia, cimento e água era lançada em moldes de madeira, que depois eram tampados e comprimidos a mão. O molde era então, removido e os blocos eram deixados para curar ao ar livre (PARSEKIAN et al., 2013).

Apenas de sua chegada tardia, o sistema de alvenaria estrutural tornou uma alternativa eficiente e economia para a execução de edificações residenciais e industriais. Com um desenvolvimento mais devagar a princípio bem mais rápido nos últimos anos, o sistema acabou sendo bem aceito, o que se pode perceber principalmente quando se considera o número de empresas produtoras de blocos, tanto de concreto como cerâmicos, existentes na atualidade (PARSEKIAN et al., 2013).

Para Busi (2009), a utilização de alvenaria estrutural ao longo dos últimos anos aumentou em grande escala por apresentarem características como qualidade, desempenho, racionalização e velocidade na construção. Um dos fatos que possibilitou o aumento de seu uso

foi por tornar a obra mais rápida e por ser um tipo de alvenaria portante (Alvenaria que sustenta o próprio peso não sendo necessário vigas ou pilares).

A NBR 6136 (ABNT, 2014) – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos -, estabelece os requisitos para o recebimento de blocos vazados de concreto simples, destinados à alvenaria com ou sem função estrutural. A norma estabelece as dimensões reais dos blocos vazados de concreto, modulares e sub-modulares devem corresponder às dimensões constantes, apresentado no Quadro 2.2.

Quadro 2.2. Dimensões de fabricação de blocos de concreto.

Famílias de blocos											
Designação	Nominal	20	15		12,5			10			7,5
	Módulo	M - 20	M - 15		M - 12,5			M - 10			M - 7,5
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha	20 x	15 x	15 x	12,5 x	12,5 x	12,5 x	10 x	10 x	10 x	7,5 x 40
		40	40	30	40	25	37,5	40	30	30	65
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90	190
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190	390
Compr. (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	190
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-	-
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90	-
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-	40

Fonte: Adapt. ABNT NBR 6136, 2006.

### 2.2.3.1 Métodos e etapa de produção

De acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2014) – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos, os blocos devem ser fabricados e curados por processos que assegurem a obtenção de um concreto suficientemente homogêneo e compacto, de modo a atender a todas as exigências da norma. Os lotes devem ser identificados pelo fabricante segundo sua procedência e transportados e manipulados com as devidas precauções, para não terem sua qualidade prejudicada. Os blocos devem ter arestas vivas e não devem apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento.

Os materiais com os quais os blocos de concreto são fabricados, são basicamente cimento Portland, agregados e água. Em algumas fábricas muitas das fases do processo de

industrialização são bastante automatizadas. O processo envolve a moldagem de concreto em moldes com as dimensões pré-estabelecidas, compactação, vibração, cura e armazenagem (ABNT NBR 6136, 2014). A Figura 2.5 apresenta a máquina de vibroprensa geralmente empregada nesse processo.

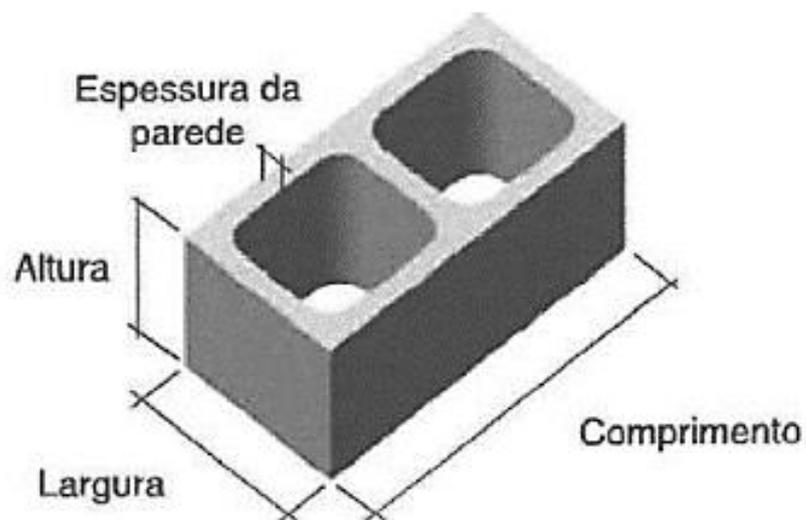
Figura 2.5. Vibroprensa para blocos de concreto.



Fonte: VIBRAFORT, 2021.

A norma detalha que o bloco vazado de concreto simples, componente para a execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superiores e inferiores, deverá ter área líquida igual ou inferior a 75% da área bruta, conforme apresentado na Figura 2.6.

Figura 2.6. Dimensões do bloco simples de concreto.



Fonte: ABNT NBR 6136, 2014.

### 2.2.3.2 Métodos e aplicação

A ABCP (2011) apresenta uma metodologia de execução com um passo a passo da construção de alvenarias de blocos vazados de concreto. Para a fundação, a estrutura mais comum é a sapata corrida, visto que o sistema é autoportante e distribui o peso ao longo da parede. Para iniciar a alvenaria, deve-se, primeiro, executar a marcação da primeira fiada, é ela que vai estabelecer o layout da parede terminada. Após a execução do piso, a marcação da alvenaria se inicia pelos blocos dos cantos externos. Acompanhando o projeto, a primeira fiada deve ser finalizada para, enfim, iniciar a elevação da alvenaria.

Nos locais onde o projeto indicar, os furos ou as canaletas horizontais dos blocos devem receber ferragem e o groute como pode ver na Figura 2.7, são eles que farão o papel das vigas e pilares neste sistema construtivo. A ferragem é colocada solta, verticalmente nos furos e horizontalmente nas canaletas dos blocos. O groute deve ser lançado nos furos dos blocos no máximo a cada 6 fiadas, este é executado com cimento, areia, pedrisco e água. A mistura deve apresentar coesão e ter fluidez suficiente para preencher todos os furos dos blocos. A retração não deve ser tal que possa ocorrer separação entre o groute e as paredes internas dos blocos (ABCP, 2011).

Figura 2.7. Execução de alvenaria em bloco de concreto vazado.



Fonte: PEREIRA, 2016.

### 2.2.3.3 Patologias

Muitas são as possíveis causas das patologias encontradas nas edificações. Mas de modo geral, podemos atribuí-las a falhas de projeto, de execução ou de falta de manutenção.

Conforme Lima (2012), para a detecção de uma manifestação patológica e (ou) sugestão de uma solução de manutenção; dividem-se as etapas de construção de um edifício desde o planejamento até a sua utilização. Podendo apresentar patologias das fundações por recalque diferencial por falta de homogeneidade do solo; patologias nas juntas de assentamento podendo ser causadas por problemas nos materiais utilizados na composição da argamassa; patologias devido à sobrecarga em aberturas causadas pela concentração de tensões devido a abertura do vão (OLIVEIRA, 2016).

#### 2.2.3.4 Vantagens

Dentre as vantagens da utilização da alvenaria estrutural como sistema construtivo pode-se citar:

- Economia de fôrmas: Quando existem, as fôrmas se limitam às necessárias para a concretagem das lajes. São, portanto, fôrmas lisas, baratas e de grande reaproveitamento (ROMALHO E CORRÊA, 2003).
- Redução de diversidade de mão-de-obra especializada: necessita-se de mão-de-obra especializada somente para a execução da alvenaria, diferentemente do que ocorre nas estruturas de concreto armado e aço (CAMACHO, 2006).
- Redução significativa nos revestimentos: por se utilizar blocos de qualidade controlada e pelo controle maior na execução, a redução dos revestimentos é muito significativa. Usualmente o revestimento interno é feito com uma camada de gesso aplicada diretamente sobre a superfície dos blocos. No caso dos azulejos, eles também podem ser colocados diretamente sobre os blocos (RAMALHO E CORRÊA, 2003).
- Redução nos desperdícios de material de mão-de-obra: o fato de as paredes não admitirem intervenções posteriores significativas, como rasgos ou aberturas para colocação de instalações elétricas, é uma importante causa da eliminação de desperdícios. Assim, o que poderia ser encarada como uma desvantagem, na verdade implica a virtual eliminação da possibilidade de improvisações, que deixa significativamente o preço da construção mais elevado (RAMALHO E CORRÊA, 2003).
- Flexibilidade no ritmo de execução de obra: se as lajes forem pré-moldadas, o ritmo da obra estará desvinculado do tempo de cura que deve ser respeitado no caso das peças de concreto armado (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

### 2.2.3.5 Desvantagens

Dentre as limitações da utilização da alvenaria estrutural como sistema construtivo pode-se citar:

- Índices elevados de esbeltez do edifício: requerem muita armadura, o que torna a aplicação do sistema antieconômica (MAZIONE, 2007).
- Tamanho dos vãos: grandes vãos geram um aumento da carga nas paredes, necessitando blocos de resistência muito elevada (MAZIONE, 2007).
- Balanços excessivos: irá requerer muita armadura para se combater esforços de flexão (MAZIONE, 2007).
- Altura econômica do edifício: considera-se economicamente viável a aplicação do sistema de alvenaria estrutural em edificações com altura até 15 pavimentos; a partir daí, é sempre recomendável efetuar estudos comparativos com a estrutura convencional de concreto armado (MAZIONE, 2007).
- Dificuldade de se adaptar arquitetura para um novo uso: fazendo as paredes da estrutura, obviamente não existe a possibilidade de adaptações significativas no arranjo arquitetônico. Em algumas situações isso se torna um problema bastante sério. Estudos realizados demonstram que ao longo de sua vida útil uma edificação tende a sofrer mudanças para se adaptar a novas necessidades de seus usuários. No caso da alvenaria isso não só é inconveniente como tecnicamente impossível na grande maioria dos casos (RAMALHO E CORRÊA, 2003).
- Interferência entre projetos de arquitetura/estruturas/instalações: a interferência entre projetos é muito grande quando se trata de uma obra em alvenaria estrutural. A manutenção do módulo afeta de forma direta o projeto arquitetônico e a impossibilidade de se furar paredes sem um controle cuidadoso desses furos condiciona de forma marcante os projetos de instalações elétricas e hidráulicas (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

## 2.3. HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL (HIS)

Segundo Fernandes (2003), a habitação desempenha três funções diversas: social, ambiental e econômica. Como função social, tem de abrigar a família e é um dos fatores do seu desenvolvimento. Segundo Abiko (1995), a habitação passa a ser o espaço ocupado antes e após as jornadas de trabalho, acomodando as tarefas primárias de alimentação, descanso, atividades

fisiológicas e convívio social. Assim, entende-se que a habitação deve atender os princípios básicos de habitabilidade, segurança e salubridade.

O problema da habitação popular no Brasil ao longo dos anos muitas vezes não foi tratado ressaltando o aspecto da desigualdade social, mas privilegiando os aspectos econômicos da produção e apenas atendendo aos interesses políticos. Segundo Vasconcelos e Cândido (1996), as estimativas do déficit habitacional são bastante diferentes de acordo com a metodologia empregada, estando geralmente em torno de 5 a 13 milhões de moradias. Na prática, isso representa algo entre 20 e 52 milhões de pessoas no país que não teria habitação adequada.

Contudo, esse problema não é recente. Historicamente, a falta de alternativas habitacionais, gerada por fatores com o intenso processo de urbanização, baixa renda das famílias, apropriação especulativa de terra urbanizada e inadequação das políticas de habitação, levou um contingente significativo da população a viver em assentamentos precários. A falta habitacional acumulado ao longo de décadas e a demanda habitacional futura, representam um desafio de cerca de 31 milhões de novos atendimentos habitacionais até 2023 (GOUVEIA, 2013).

Ter uma moradia digna, além de ser o sonho de milhões de pessoas, é direito previsto na Declaração Universal dos Direitos Humanos, bem como na Constituição brasileira. Portanto, a moradia não é apenas uma necessidade básica do ser humano, mas também um direito, sendo o local de conforto, segurança e abrigo, indispensável para a sobrevivência e bem-estar de qualquer ser (BORGES, 2011).

Entretanto, grande parte da população brasileira não tem acesso à habitação própria. Fato comprovado mediante pesquisa feita pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD), a qual mostra o déficit habitacional brasileiro é de 5.244.525 domicílios, enquanto o déficit habitacional do Estado de Goiás é de 161.290 domicílios, equivalente a 3% do déficit nacional (IBGE/PNAD, 2012).

Visando solucionar os problemas habitacionais, surgem programas habitacionais para financiamento de Habitações de Interesse Social. Segundo BORGES (2011), recentemente no Brasil, têm sido realizados empreendimentos habitacionais de interesse social (HIS) por meio de programas integrados, envolvendo assistência social e obras de infraestrutura em áreas urbanas degradadas.

A primeira iniciativa de criação de uma política habitacional de abrangência nacional com objetivos e metas definidos, fontes de recursos permanentes e mecanismos próprios de financiamento ocorreu em 1964, com a edição da lei nº 4.380/64. Esta lei instituiu o Sistema

Financeiro de Habitação –SFH, o Banco Nacional da Habitação – BNH e a correção monetária nos contratos imobiliários de interesse social, dentre outras medidas (FARAH, 1998).

Com o intuito de minimizar o déficit habitacional brasileiro, o Governo Federal lançou em 2009 o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), com a meta de construir um milhão de habitações, priorizando famílias com renda de até três salários mínimos, mas que também abrange famílias com renda de até dez salários mínimos. Tal programa é viável devido a uma ampla parceria entre a União, os Estados, os Municípios, Empreendedores e Movimentos Sociais (CEF, 2014).

Surgindo como uma iniciativa do Governo Federal para facilitar o acesso da população à moradia, o Programa Casa Verde e Amarela (PCVM), lançado em agosto de 2020, sob a coordenação do Ministério do Desenvolvimento Regional, o programa reúne ações habitacionais federais para aplicar o estoque de morarias e atender às demandas do brasileiro (CEF, 2020).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados procedimentos metodológicos, composto por uma revisão bibliográfica. Onde foram buscando dados e estudos a respeito dos sistemas construtivos com bloco cerâmico, bloco de concreto estrutural e bloco solo-cimento, a fim de se verificar qual tipo de bloco oferecia melhor custo-benefício para a obra.

Para a realização do trabalho foi elaborado o projeto arquitetônico no *software* Autodesk Revit 2021, contendo detalhes, como: dimensões de alvenaria, espessura de chapisco, reboco, argamassa, cerâmica de piso e parede, pintura, altura livre e total. Este projeto de arquitetura da habitação, que é encontrado no Apêndice B, sendo elaborado pelos autores com objetividade de realizar as alterações em seu sistema construtivo de alvenaria.

A habitação possui sala de tv, cozinha, dois quartos, dois banheiros e área de serviço, totalizando assim uma área construída de 64,66 m<sup>2</sup>.

Para a execução dessa edificação, considerando uma taxa de perda de 10% para recortes e quebras do transporte desse insumo. Como parâmetro de comparação, este trabalho utilizou apenas as etapas de vedação.

A realização do estudo da construção das paredes em alvenaria desta residência realizou-se através de três métodos com as respectivas dimensões dos blocos apresentadas abaixo:

- Utilização de blocos em solo-cimento (12x 6 x 25 cm);
- Utilização de blocos cerâmicos (9 x 19 x 29 cm);
- Utilização de blocos estruturais (9 x 19 x 39 cm).

Para a realização do levantamento de quantitativos de materiais para o orçamento, foi feito o cálculo manual em conferência com a lista de materiais apresentadas pelo *software* de modelagem Autodesk Revit 2021, considerando a área total em metros quadrados das paredes das edificações, de modo que esse valor permita determinar em média a quantidade de tijolos necessários em cada um dos casos abordados neste trabalho. Com objetivo de facilitar a mensuração dos valores de insumos e mão de obra, optou-se pelas composições para cada sistema, utilizando o caderno técnico de composições para alvenarias diversas da SINAPI (03-2021) - CAIXA (Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil) cujos dados são atualizados em todos os estados. Utilizou-se os dados disponíveis para o Estado de Goiás.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados é uma condição indispensável à compreensão da influência do sistema construtivo investigadas pelos parâmetros de custo e produtividade voltadas para a construção de habitações populares, e neste estudo em específico, a utilização de blocos cerâmicos, blocos em solo-cimento e blocos de concreto estrutural nas mesmas condições. Com a soma de toda em metro linear de paredes, pode-se chegar ao valor de 60,60 metros, considerando as paredes externas com 4,00 metros de altura e as demais confrontando com o pé direito de 3,00 metros, temos um valor total em metros quadrados de 242,40 m<sup>2</sup> de área de alvenaria.

### 4.1. CÁLCULO DE CUSTOS E PRODUTIVIDADE DOS COMPONENTES CONSTRUTIVOS

Os critérios deste comparativo, considerando a elaboração das tabelas dos quantitativos e os insumos e mão-de-obra. Souza (1998) considera que a produtividade seja a eficiência em se transformar entradas em saídas num processo produtivo. O estudo da produtividade, no processo de produção de obras de construção civil, poderia ser feito sob diferentes abordagens. Assim é que, em função do tipo sistema escolhido, pode-se estudar a produtividade com pontos de vista, no estudo da produtividade no uso dos materiais e equipamentos; analisando financeiramente; e analisando o esforço da sociedade na aceitabilidade do processo.

Na etapa a seguir, as Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 apresentam-se os valores do levantamento de blocos para a habitação em estudo nos blocos em solo-cimento, blocos cerâmicos e blocos de estrutural, respectivamente.

**Tabela 4.1** – Quantitativo de blocos em solo-cimento para execução de habitação popular de 64,66 m<sup>2</sup>.

Largura	Altura	Comprimento	Quant. m <sup>2</sup>	Total
0,12 m	0,6 m	0,25 m	242,40	14.619

Fonte: Autores, 2021.

**Tabela 4.2** – Quantitativo de blocos cerâmicos para execução de habitação popular de 64,66 m<sup>2</sup>.

Largura	Altura	Comprimento	Quant. m <sup>2</sup>	Total
0,09 m	0,19 m	0,29 m	242,40	4.439

Fonte: Autores, 2021.

**Tabela 4.3** – Quantitativo de blocos de concreto estrutural para execução de habitação popular de 64,66 m<sup>2</sup>.

Largura	Altura	Comprimento	Quant. m <sup>2</sup>	Total
0,09	0,19	0,39	242,40	3.333

Fonte: Autores, 2021.

Com base nos resultados dos quantitativos de blocos para a habitação popular acima, o bloco que cobre maior área com menores quantidades é o bloco de concreto estrutural com dimensões de 9 x19 x39 cm. Entretanto, um dos pontos que se deve considerar quando e feito a análise entre os sistemas de vedação, são os revestimentos para cada método, a Tabela 4.4 apresenta os revestimentos considerados para cada sistema, a Tabela 4.5 relaciona a espessura da camada de aplicação para cada revestimento e a Tabela 4.6 o valor por m<sup>2</sup> de cada revestimento.

**Tabela 4.4** – Revestimento para os sistemas construtivos.

<b>Sistema Construtivo</b>	<b>Revestimento</b>
Bloco em Solo-Cimento	Revestimento com gesso
Bloco Cerâmico	Revestimento com chapisco, Emboço e Reboco
Bloco de Concreto Estrutural	Revestimento com chapisco, Emboço e Reboco

Fonte: Autores, 2021.

**Tabela 4.5** – Espessura da camada de aplicação dos revestimentos

<b>Revestimento</b>	<b>Espessura da camada (mm)</b>
Gesso	1,5
Chapisco	5
Emboço	15
Reboco	5

Fonte: Autores, 2021.

**Tabela 4.6** – Custo do revestimento

<b>Revestimento</b>	<b>Valor (m<sup>2</sup>)</b>
Gesso	R\$ 0,63
Chapisco	R\$ 0,52
Emboço	R\$ 5,31
Reboco	R\$ 4,52

Fonte: Autores, 2021.

Os blocos solo-cimento, por si só, não necessitam de revestimentos. Já no uso de blocos cerâmicos e de concreto, tem-se gastos adicionais com camadas de revestimento como pode ser visto na Tabela 4.7.

**Tabela 4.7** – Revestimento para os sistemas construtivos.

<b>Sistema Construtivo</b>	<b>Revestimento</b>
Bloco em Solo-Cimento	R\$ 0,63
Bloco Cerâmico	R\$ 10,35
Bloco de Concreto Estrutural	R\$ 10,35

Fonte: Autores, 2021.

## 4.2. CUSTOS COM MÃO-DE-OBRA

Com o custo produtivo de cada sistema, foram elaboradas a partir dos dados anteriormente mencionados, referindo-se ao consumo e preço dos insumos necessários para as etapas de vedação de 1 m<sup>2</sup> de alvenaria com blocos, o custo de mão de obra necessária nessas condições são diferente devido o bloco de solo-cimento necessita de uma mão de obra mais especializada segundo pesquisa realizada pelo site (HABITISSIMO, 2017) o valor em média por dia de trabalho de um profissional neste tipo de matérias pode variar de R\$320,00 a R\$350,00 reais o dia. Enquanto segundo a tabela da (SINAPI, 2021) na edição de março aponta o valor do pedreiro com sendo de R\$ 116,64, e do servente e de R\$ 74,24 o valor pago por dia.

Considerando que as principais prioridades competitivas existentes hoje no mercado da construção civil são: custo, qualidade, desempenho na entrega, flexibilidade e serviços. Cada uma dessas prioridades tem os seus respectivos desdobramentos, pois as suas definições são genéricas e abrangentes. Porém, em virtude de apresentar uma maior quantidade de insumos por metro quadrado, o sistema de blocos em solo-cimento, apresenta um maior custo de mão de obra, chegando a quase 27 % maior em relação aos métodos construtivos em blocos cerâmicos e blocos estruturais, características do setor de construção de edificações, é necessária uma adequação destes conceitos.

(ALEXANDRE E ALVES, 2009) Fala que três métodos são vantajosos dependendo dos critérios e parâmetros estabelecidos em relação ao projeto que se queira executar, porém se for utilizado o método construtivo do tipo blocos solo-cimento para construção de uma unidade habitacional unifamiliar se terá um custo financeiro maior com a aquisição de insumos e contratação de mão de obra, para um custo total inferior aos demais métodos construtivos comparados, assim com relação ao metro quadrado de área construída.

## 4.5 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO

Mesmo o mercado oferecendo opções de tijolos e blocos feitos com diferentes matérias-primas e diversos tamanhos, pode-se dividi-los em duas categorias – Estruturais ou de vedação – eles são, em sua grande maioria, responsáveis pela qualidade da construção e pelos gastos gerados na obra. Por isso, faz-se necessário a avaliação da relação entre o custo e o benefício. De um lado considera-se o preço e o rendimento do material, e do outro lado, a sua qualidade.

Quanto ao custo do material, o preço unitário do tijolo de solo-cimento é de R\$ 0,80 e o milheiro em torno de R\$ 750,00 o preço unitário de blocos cerâmicos é de R\$ 1,10, e o milheiro em torno de R\$ 1100,00, o preço unitário do bloco de concreto custa por volta R\$ 1,98 e o milheiro em torno de R\$ 1980,00, o que significa que o uso dos blocos de solo-cimento

nesta obra ou em obras voltadas para finalidade residenciais não gera uma economia em comparação ao emprego dos blocos cerâmicos e blocos de concreto.

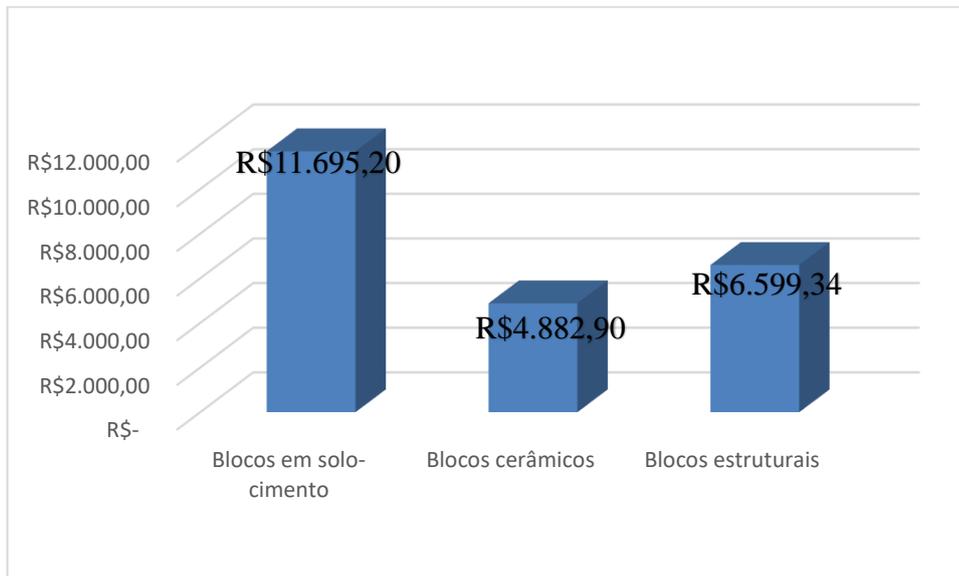
Os blocos de solo-cimento, mesmo tendo o custo reduzido em comparação aos outros blocos na etapa de revestimento, têm precisão dimensional, levam menos tempo para serem assentados, resultando em menores gastos com correções de prumo. Mesmo analisando apenas a etapa de vedação, percebe-se que não a vantagem econômica do sistema construído com blocos de solo-cimento em relação aos outros dois métodos. O bloco de solo-cimento ainda ser analisado de outro ponto de vista, a alvenaria convencional em blocos cerâmicos utiliza o sistema de vigas e pilares para sua estruturação, além do aço e do concreto que são necessários em maior quantidade, é necessária a construção de formas e a dobra das barras de aço, o que requer um maior número de funcionários e/ou maior tempo de execução. Construção com blocos de solo-cimento não necessita deste tipo de execução por ser portante.

No que se refere às alvenarias de solo-cimento e de blocos de concreto, suas modulações permitem que a produção seja muito mais rápida em relação à convencional. O fato de que pilares e vigas correspondem ao preenchimento dos próprios blocos com o groute e ferragens, significa uma economia de tempo e dinheiro.

Penteado e Marinho (2011), realizaram um estudo mais aprofundado sobre o tema, relacionando o comparativo de custos dos sistemas de construção em solo-cimento, blocos cerâmicos e blocos estruturais, nas etapas: estruturas/vedação, revestimento interno, revestimento externo.

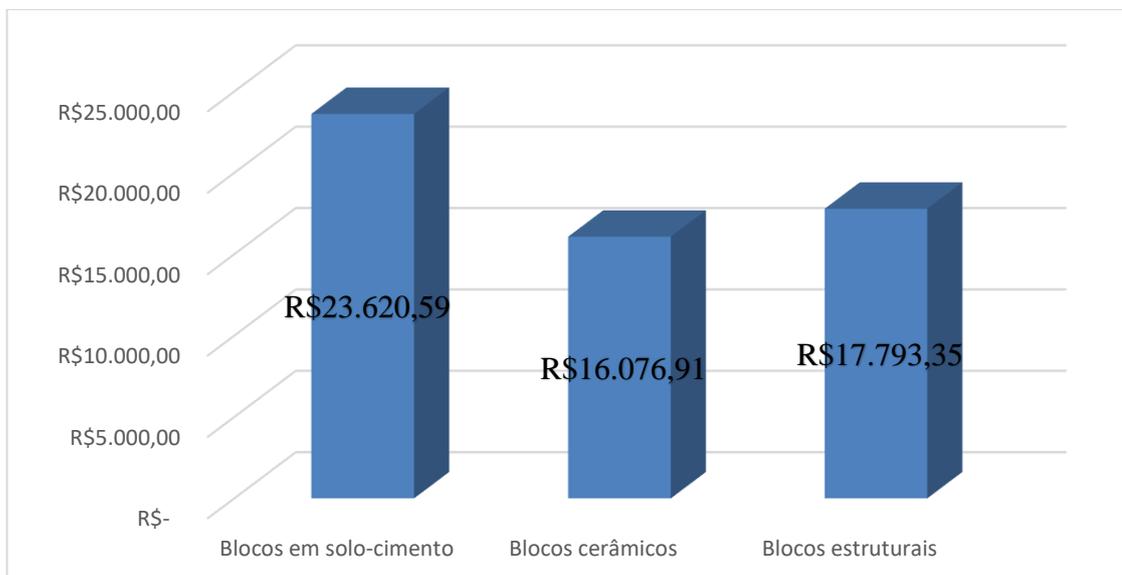
Entretanto, neste trabalho, analisou-se apenas a etapa de vedação para uma edificação, apresentando resultados em concordância com Penteado e Marinho (2011), podendo-se fortificar que vedação do sistema de blocos cerâmicos é o método que não consome menos material, ficando atrás apenas para o método em blocos de concreto estrutural, mas em relação ao custo-benefício, se mostra o melhor método. Para melhor representar, os Gráficos 4.1 e 4.2 apresentam um comparativo de custos dos métodos de construção para o sistema de vedação, em blocos de solo-cimento, blocos cerâmicos e blocos estruturais. Com isso, pode-se perceber uma viabilidade para a utilização dos blocos cerâmicos nesse estudo, pois se caracterizam com uma redução de custo em comparação ao sistema menos viável (blocos solo-cimento) em cerca de 36%. Quando se comparado a método de vedação em blocos cerâmicos ao bloco de concreto estrutural, a quantidade de blocos cerâmicos seria de quase 25% a mais quando comparado com os blocos de concreto estrutural. Se analisarmos a mão de obra, os dois sistemas possuem os mesmos valores para pedreiro e servente, o que não viabiliza o método de blocos estruturais para esse estudo é o fato de ser caracterizado apenas para vedação.

Gráfico 4.1 – Comparativo de Custos com Blocos



Fonte: Autores, 2021.

Gráfico 4.2 – Comparativo de Custo Final por Sistema



Fonte: Autores, 2021.

## 5 CONCLUSÕES

Com a elaboração desse estudo comparativo pode-se aprimorar os conhecimentos em relação a blocos de solo-cimento, blocos cerâmicos e aos blocos de concreto estruturais, bem como seus métodos de execução, e assim analisar a viabilidade da utilização de ambos na construção civil visando o conforto, economia e rapidez nas construções de residências.

O bloco de solo-cimento, por ser um produto de pouco conhecimento, é um material difícil de ser encontrado em obras, o que no mercado existe pouca mão de obra com qualificação para trabalhar com este material, o que acaba gerando um pouco de receio e preconceito da população em relação ao mesmo e assim elevando o seu custo. Já os blocos cerâmicos e os blocos de concreto convencionais são encontrados na maioria das obras realizadas na região, o que faz com que se encontre o bloco em praticamente todas as lojas de materiais de construção.

Após a análise comparativa dos três sistemas construtivos através do estudo de custo, pode-se afirmar que o sistema construtivo em blocos de solo-cimento ainda não é viável para a construção de habitações, tendo em vista que apresentou os valores de insumos e de mão de obra cerca de 29,50% maior, quando comparado ao sistema de alvenaria convencional em blocos cerâmicos e em blocos de concreto estrutural. Da etapa construtiva estudada – vedação, a maior diferença da construção com blocos de solo-cimento em comparação aos outros sistemas aqui estudados, considera-se o melhor custo do insumo. Isto se deve ao fato de o sistema com blocos de solo-cimento produzir uma alvenaria uniforme, pois trata-se de um sistema modular, necessitando apenas de aplicação de gesso direto sobre os blocos nas áreas secas, dispensando uso excessivo de material.

O fácil acesso e a utilização de blocos cerâmicos e a inserção intensiva dos blocos de concreto estrutural na sociedade é enorme, podendo dizer que os métodos de construção destes já sejam difundidos na cultura popular brasileira, principalmente, pelo método de vedação em alvenaria de bloco cerâmica apresentar 25% mais barato em relação aos sistemas de blocos estruturais.

Esta não popularização do uso do bloco de solo-cimento torna esse tipo de construção com o valor mais elevado, devido não ter sua fabricação e padronização para uma fabricação em larga escala e outras localidades do país, com estes processos o valor e a utilização do bloco de solo-cimento sofreria um aumento na construção.

Com este estudo pode-se mostrar que é possível sim, dar continuidade ao desenvolvimento do setor da construção civil. De modo geral, constatou-se a não-viabilidade

da aplicação do bloco de solo-cimento quando comparado ao bloco cerâmico convencional e ao bloco de concreto estrutural para sistema de vedação. Sugere-se a continuidade deste tema em trabalhos futuros, analisando todas as etapas dos sistemas construtivos de uma edificação: fundação, estrutura e vedação, o qual poderá obter resultados com precisão para os blocos que exercem uma função mecânica de resistir a esforços, servindo de referência para implementação de outros métodos construtivos para a construção de habitações, possibilitando um trabalho especificamente preciso quando relacionado a custos de edificações unifamiliares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, A. K. **Introdução à gestão habitacional**. Texto técnico, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1995.

ABIKO, A. K. **Solo-cimento: tijolos, blocos e paredes monolíticas**. In: Construção, São Paulo. 1983.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 5ª Edição, Rio de Janeiro, 935f. 1994.

BORGES, F. M. **Sistema Construtivo de Habitação com parede de concreto**. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-GO, 98p. 2011.

BUSI, T. P. **Análise comparativa de edifícios em alvenaria estrutura de blocos cerâmicos: geometria em planta baixa mais recomendada**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CEF. **Programa Minha Casa Minha Vida – Recursos FAR**. Brasília, 2014. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/PageNotFound.aspx?requestUrl=https://www.caixa.gov.br/poder-publico/programas-uniao/habitacao/minha-casa-minha-vida/Paginas/default.aspx/ind>>. Acesso em 01 de abril de 2021.

CAMACHO, J. S. **Contribuição ao estudo de modelos físicos reduzidos de alvenaria estrutural cerâmica**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 157f. 1995.

CAMPBELL, J. W. P.; PRICE, W. **História Universal do tijolo**. Portugal: Editora Caleidoscópio, 2005.

CIB. **Working With the performance approach in building**. Rotterdam, Netherlands: CIB, 1982. 30P. Report Publication 64.

CONCIANI, W. **Geotechnical use of a mine tomography**. In: FISRT INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNSATURATED SOIL/UNSAT. Esole Nationale des Ponts et Chaussées. Paris, França p. 447-552. 2002.

COSTA, L. V. **25 Séculos de cerâmica**. Lisboa: Editorial Estampa, 2000.

FARAH, M. F. S. **Diagnóstico tecnológico da indústria da construção civil: caracterização geral do setor**. Tecnologia de edificações, v. 5, n. 119, 9.1-6, 1998.

FARIA, M. S. **Materiais componentes (Aula 05)**. Notas de Aula. Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

FERNANDES, M. **Agenda habitat para Municípios**. IBAM, Rio de Janeiro, 224p. 2003.

FLORES, R. R. V. **Estudo Comparativo da Produtividade entre a mão de obra terceirizada e a mão de obra fixa**: um estudo de caso numa empresa na indústria da construção civil. Projeto de Graduação, UEFS, Feira de Santana – BA, 2010.

FRAGMAQ – INDÚSTRIA E COMERCIO DE MÁQUINAS. **Vantagens e desvantagens do tijolo ecológico**. Disponível em: <Vantagens e desvantagens do tijolo ecológico | Fragmaq>. Acesso em: 29 de março de 2021;

GOUVEIA, H. L. V. **Indicadores de desempenho em habitações de interesse social no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) Universidade de Brasília – Faculdade de Tecnologia, Brasília-DF, 176 p. 2013.

HOCHHEIM, N. **Planejamento econômico e financeiro**. Florianópolis: UFSC, 174p. 2003.

IBDA- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA. **Tipos de sistemas construtivos para casas**. Disponível em: <Alvenaria estrutural de blocos de concreto | Fórum da Construção (forumdaconstrucao.com.br)>. Acesso em: 16 de maio de 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Estimativas do deficit habitacional brasileiro (PNAD 2007-2012)**. Brasília, 2013. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota\\_tecnica/131125\\_notatecnicadi](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/131125_notatecnicadi)>. Acesso em 01 de abril de 2021.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Docência em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 102f. 2000.

KALLIL, S. M. B. **Alvenaria Estrutural**. PUCRS, 2007. Disponível em: <[http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos\\_Especiais\\_Estruturas\\_de\\_Madeira/Alvenaria.pdf](http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf)>. Aceso em 13 mar. 2021.

LIPPIATT, B. **BEES 1.0 – Building for environmental and economics sustainability**: technical manual and user guide. Gaithersborough, USA: U. S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 84f. 1998.

LOORDSLEEM, A. C. **Execução e inspeção da alvenaria racionalizada**. O nome da Rosa, 3.ed. São Paulo, 104 p. 2004.

MANZIONE, L. **Projetos e Execução de Alvenaria Estrutural**. Editora Nome da Rosa, 2007.

MATHEUS, J. M. **Técnicas tradicionais de construção de Alvenarias**: a literatura técnica de 1750 a 1900 e o seu contributo para a conservação dos edifícios históricos. Lisboa: Livros Horizontes, 2002.

MCAA – MASON CONTRACTORS ASSOCIATION OF AMERICA. **História da Maçonaria**. Disponível em :< <https://www.masoncontractors.org/history/>>. Acesso em 30 de março de 2021.

MENEZES, L. C. M. **Gestão de projetos**. São Paulo: Atlas, 2003.

MERCADO, M. C. **Solo-cimento: alguns aspectos referentes à sua produção e utilização em estudo de caso.** Dissertação (Mestrado) – FAU USP, São Paulo. 1990.

MISURELLI H.; MASSUDA C. **Como construir parede de concreto.** Revista Técnica, e. 147, p. 74-80, 2009.

MORETT, H. T. **A importância da Inserção dos Sistemas Construtivos de Solo-cimento no Processo de industrialização da Construção.** UFRJ, 90f. 2003.

NASCIMENTO, L. O. **Alvenarias.** Instituto Brasileiro de Siderurgia Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2ª edição, 52f. 2004.

PARSEKIAN et al., **Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural**, 2ª Edição revista, Editora Edufscar, São Carlos, 2013.

PEREIRA, C. **Alvenaria Estrutural: vantagens e desvantagens.** Escola Engenharia, 2016. Disponível em <<https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 01 de abril de 2021.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S.; **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**, São Paulo: Pini, 174f. 2003.

REBOUÇAS, P. H. B. **Alvenaria de blocos de terra comprimida: avaliação da tecnologia focada na gestão de processos.** Monografia (Especialização) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 93f. 2008.

RIBEIRO, L. R. C. **Processo de Produção e Viabilidade do Tijolo Modular de Solo-Cimento na Construção civil no Estado do RN.** TCC (Graduação) – Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 48f. 2013.

RIZZATTI, E.; ROMAN, H. R.; MOHAMAD, G.; NAKANISKI, E. Y. **Análise numérica da influência da geometria dos blocos cerâmicos em paredes estruturais.** Engenharia Estudo e Pesquisa, v. 11, n.1, p. 27-35, 2011.

ROCHA, A. F. **Estudo experimental sobre misturas de solo-cimento para a região de Campo Novo do Parecis, MT.** Dissertação de Mestrado. EESC USP, São Carlos. 103 f. 1996.

RODRIGUES, R. L. **Bloco Solo-Cimento: estudo e análise da normatização.** TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 52f. 2014.

SALA, L. G., **Proposta de Habitação Sustentável para Estudantes Universitário.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 86f. 2006.

SANTIAGO, C. C. **Estudo dos materiais de construção de Vitruvius até o século XVII: uma visão crítico-interpretativa à luz da ciência contemporânea.** Tese (Doutorado), Universidade de Évora, Évora, Portugal, 2021.

SILVA, D. H. et al. **Tijolos, normas técnicas e aplicação em alvenaria.** Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas. Alagoas, v. 4. P. 207-216, 2017.

SILVEIRA, A. **Estabilização de solos com cimento** – síntese de notas de aula. EESC – USP. Publicação 128, p.1-44, 1966.

STACHERA, T. **Avaliação de emissões de co2 na construção civil**: um estudo de caso da habitação de interesse social no paraná. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produ o, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_sto\\_090\\_554\\_12351.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_090_554_12351.pdf)>. Acesso em 13 mar. 2021.

TAIGY, A. C. **Perfil das Inova es Tecnológicas na constru o civil sub-setor edifica es em João Pessoa**. Disserta o de Mestrado. João Pessoa, UFPB, 1991.

TAVEIRA, E. S. N. **Construir, morar, habitar**: o solo-cimento no campo e na cidade. São Paulo. 120f. 1987.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, preven o e recupera o**. Editora: Pini, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: IPT,1989.

VASCONCELOS, J. R.; CÂNDIDO, J. O. **O problema habitacional no Brasil**: déficit, financiamento e perspectivas. Texto para Discussão n  410, Instituto de Pesquisa Econ mica Aplicada, Brasília-DF, 1996.

# APÊNDICES

**APÊNDICE A** – Maquete 3D da edificação residencial unifamiliar (AUTORES, 2021).



**APÊNDICE B** – Planta baixa da Arquitetônica e tipologia da edificação (AUTORES, 2021).